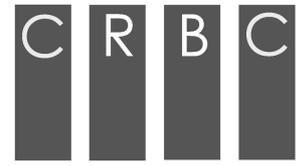




UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



departament  
Conservació  
Restauració  
Bens  
Culturals

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Dpto. de Conservación y Restauración de Bienes  
Culturales

Intervención de carácter conservativo de un conjunto de  
huesos fósiles de un saurópodo titanosaurio.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Conservación y Restauración de Bienes  
Culturales

AUTOR/A: Silvestre Lezcano, Isabel

Tutor/a: Carrascosa Moliner, María Begoña

Cotutor/a: Company Rodríguez, Julio

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

# INTERVENCIÓN DE CARÁCTER CONSERVATIVO DE UN CONJUNTO DE RESTOS FÓSILES DE UN SAURÓPODO TITANOSAURIO

AUTORA: ISABEL SILVESTRE LEZCANO

TUTORA: DRA. BEGOÑA CARRASCOSA MOLINER

COTUTOR: DR. JULIO COMPANYY RODRÍGUEZ



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Conservación  
y Restauración  
de Bienes  
Culturales  
Master  
Universitario  
UPV







## RESUMEN

---

Los restos paleontológicos tienen una gran relevancia a nivel científico e incluso cultural, ya que son evidencias de la vida en épocas pasadas que ayudan a comprender cómo era el mundo en aquellos tiempos remotos. Es por ello que la intervención conservativa de dichos restos fósiles es fundamental para garantizar su perdurabilidad en el tiempo, facilitando su estudio y garantizando su conservación durante su posterior almacenaje, estudio o exhibición. En este Trabajo Final de Máster se documenta el proceso de intervención conservativa llevado a cabo sobre un conjunto de restos fósiles de un espécimen de saurópodo titanosaurio de finales del Cretácico. Este trabajo aborda, por tanto, las diferentes fases de la intervención del espécimen, desde su liberación del sistema de extracción *in situ*, pasando por su limpieza y consolidación, hasta el montaje de los fragmentos que lo permitan. Asimismo, se llevará a cabo un estudio sobre los diferentes estucos sintéticos para la reintegración volumétrica, con el fin de elaborar un mortero de reintegración que cumpla con los requisitos de idoneidad para este conjunto de fósiles.

Palabras clave: conservación y restauración, hueso fósil, dinosaurio saurópodo, estucos de reintegración.

## RESUM

---

Les restes paleontològiques tenen una gran rellevància a nivell científic i, fins i tot, cultural, ja que es tracten d'evidències de la vida en èpoques passades que ajuden a comprendre com era el món en aquells temps remots. És per això que la intervenció conservativa d'aquestes restes fòssils és fonamental per garantir la seua perdurabilitat en el temps, facilitant el seu estudi i garantint la conservació durant el seu posterior emmagatzematge, estudi o exhibició. En aquest Treball Final de Màster es documenta el procés d'intervenció dut a terme sobre un espècimen de sauròpode titanosaur de finals del Cretaci. Aquest treball aborda, per tant, les diferents fases de la intervenció de l'espècimen, des del seu alliberament del sistema d'extracció *in situ*, passant per la neteja y consolidació, fins el muntatge dels fragments que ho permeten. Així mateix, es durà a terme un estudi sobre els diferents estucs sintètics per a la reintegració volumètrica, per tal d'elaborar un morter de reintegració que complisca els requisits d'idoneïtat per a aquest conjunt de fòssils.

Paraules clau: conservació i restauració, ós fòssil, dinosaure sauròpode, estucs de reintegració.

## ABSTRACT

---

Paleontological remains have an extensive scientific and cultural relevance, because they are the evidence of life during past eras and they help us to understand how the world was at those remote times. Therefore, the conservative intervention on the fossil remains is essential to ensure their durability and to make possible their study, and it's also a way of guaranteeing their preservation during posterior storage, studies or exhibitions. This Master's Degree Final Project documents the processes of conservative intervention applied on a set of fossil remains belonging to a specimen of sauropod titanosaur from the Late Cretaceous. Consequently, this work addresses the different phases of the specimen's intervention, from the removal of the extraction system used *in situ*, continuing with the cleaning and consolidation, to the mounting of the fragments as long as possible. Furthermore, looking deeper into the last phase, a study of the different synthetic stuccos for volumetric reintegration will be performed, in order to develop a reintegration mortar which fulfills the requirement of suitability for this set of fossils.

Keywords: conservation and restoration, fossile bones, sauropod dinosaur, reintegration stuccos.



## **AGRADECIMIENTOS**

---

Una vez concluida la redacción de este Trabajo Final de Máster, me gustaría dar las gracias a todas las personas que me han ayudado durante este proceso.

En primer lugar, quisiera dar las gracias a mis tutores, por su paciencia y consejos durante el transcurso del trabajo. A Begoña Carrascosa, por su gran ayuda y buena disposición, y a Julio Company, por darme la oportunidad de trabajar con el conjunto en el Departamento.

Y ante todo, agradecer a mis padres, mi hermana, pareja y amigos por todo el apoyo que me han brindado durante el camino.

*“You did it. The crazy son of a bitch, you did it.”*

*Ian Malcolm, Jurassic Park (1993)*



## ÍNDICE

---

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. OBJETIVOS.....	9
3. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Documentación previa y estudio bibliográfico.....	10
3.2. Proceso de intervención.....	10
3.3. Documentación del proceso y elaboración del informe.....	11
4. EL MATERIAL FÓSIL Y LA FOSILIZACIÓN.....	12
4.1. ¿Qué es un fósil? .....	12
a) Clasificación de los huesos y su composición.....	12
4.2. Tafonomía: procesos de fosilización.....	13
a) El proceso de fosilización.....	14
5. ANÁLISIS DE LOS RESTOS ÓSEOS: EL DINOSAURIO SAURÓPODO <i>LIRAINOSAURUS</i> .....	16
5.1. ¿Qué es un dinosaurio? .....	16
a) Los linajes de los dinosaurios.....	16
5.2. <i>Lirainosaurus</i> .....	17
5.3. Contexto geológico y geográfico: los yacimientos de Chera.....	18
a) Procedencia del conjunto de especímenes.....	19
6. CASO DE ESTUDIO: CONJUNTO DE FÓSILES DE <i>LIRAINOSAURUS SP.</i> .....	22
6.1. El conjunto.....	22
6.2. Factores de alteración.....	24
6.3. Estado de conservación.....	24
a) Concreciones terrosas y matriz de tierra.....	27
b) Craqueladuras y fisuras.....	27
c) Abrasión.....	28
d) Deformaciones y aplastamiento.....	29
e) Lagunas y faltantes.....	30
7. CRITERIOS Y PLAN DE INTERVENCIÓN.....	31
7.1. Criterios de intervención y el Patrimonio Paleontológico.....	31
a) Valor cultural y valor científico.....	31
b) Conservación y Restauración: criterios de intervención.....	31
c) Objetivos de Desarrollo Sostenible y el Patrimonio Cultural.....	32
7.2. Plan de intervención.....	32
a) Análisis y pruebas previas.....	32



b)	Limpieza.....	33
c)	Consolidación. ....	33
d)	Montaje y reintegración. ....	33
e)	Almacenamiento y conservación preventiva.....	33
8.	PROCESO DE INTERVENCIÓN.....	34
8.1.	Pruebas y análisis previos.....	34
a)	Pruebas de solubilidad con disolventes.....	34
b)	Pruebas de solubilidad con ácido fórmico.....	34
8.2.	Limpieza.....	35
a)	Fíbula.....	35
b)	Tibia.....	37
c)	Huesos del tarso y fragmentos sin identificar.....	39
8.3.	Tratamientos de consolidación.....	40
8.4.	Montaje.....	42
a)	Pre-montaje.....	42
b)	Adhesión de fragmentos.....	43
8.5.	Reintegración volumétrica y cromática.....	44
a)	Materiales empleados en reintegración volumétrica.....	44
b)	Análisis de materiales.....	45
c)	Preparación de las muestras.....	46
d)	Resultados.....	48
e)	Aplicación del mortero.....	51
8.6.	Fotografías finales.....	53
8.7.	Almacenamiento y conservación preventiva.....	57
a)	Embalaje y almacenamiento.....	57
b)	Etiquetado y fichas técnicas.....	59
c)	Directrices ambientales para la conservación preventiva.....	60
9.	CONCLUSIONES.....	61
	BIBLIOGRAFÍA.....	62
	PÁGINAS WEB CONSULTADAS.....	64
	ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....	65
	ANEXOS.....	68
	Anexo 1: Relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.....	68
	Anexo 2: Fichas técnicas.....	69





## 1. INTRODUCCIÓN.

---

Cuando se habla del patrimonio paleontológico, lo primero en lo que se suele pensar es en la excavación, el yacimiento y el descubrimiento de espectaculares restos de especies que habitaron la Tierra en épocas pasadas. Ha llegado a ser una temática recurrente en la cultura popular, apareciendo en gran cantidad de libros, series y películas, aunque no siempre de la manera más rigurosa. Sin embargo, pese a su popularidad, pocas veces se piensa en el camino que recorren dichos especímenes desde el momento de su descubrimiento hasta su musealización o almacenamiento.

El patrimonio paleontológico comprende todos aquellos yacimientos y restos, directos o indirectos, de organismos y su actividad biológica, que se han conservado en el registro geológico y a los cuales se les asigna un valor científico, didáctico o cultural<sup>1</sup>. Dado que estos restos forman parte del patrimonio geológico y natural, el patrimonio paleontológico combina, de esta forma, un valor científico, por el cual se convierten en objetos con un gran potencial de transmisión de la cultura científica, así como un valor estético, por lo que deberán presentarse de forma comprensible y clara frente al público<sup>2</sup>.

Comprender la importancia de estos restos fósiles va ligado, de forma intrínseca, a la necesidad de garantizar su perdurabilidad en el tiempo. Es por ello que se incide tanto en la buena preparación de los restos fósiles y en la búsqueda de nuevas soluciones para preservarlas de forma segura, puesto que una mala actuación sobre los mismos podría llegar a afectarlos de tal forma que perdieran ese valor como objeto de estudio para la investigación, así como podría dejar de ser un objeto de interés para el gran público.

El campo de la Conservación y Restauración de Bienes Culturales ha ido arraigando poco a poco en disciplinas como la Paleontología, aunque no siempre con demasiado éxito. Es habitual que, al observar alguna pieza intervenida en el pasado, se encuentren procedimientos que a día de hoy serían impensables, intervenciones que, si bien en algunos casos pueden dañar el resto fósil, en la mayoría de los casos han permitido que estos perduren hasta nuestros días, pasando estas intervenciones a formar parte de la historia del ejemplar.

A día de hoy la mentalidad es muy diferente, cada vez hay más sensibilidad hacia la integridad de las piezas y el respeto a su valor, por lo que con los años se han estado introduciendo nuevas prácticas, procedimientos y materiales que tienen el fin de lograr resultados cada vez más adecuados y que estén mejor adaptados a las condiciones de cada espécimen, siendo este uno de los objetivos principales del presente Trabajo Final de Máster.

---

<sup>1</sup> CARCAVILLA, L. DÍAZ-MARTÍNEZ, E.; GARCÍA-CORTÉS, Á.; (2013) *Los fósiles son elementos geológicos y el patrimonio paleontológico es un tipo de patrimonio natural*.

<sup>2</sup> BAEZA CHICO, E.; MENÉNDEZ, S.; RODRIGO, A. (2009) *La reintegración en materiales paleontológicos. Criterios utilizados, justificación y propuestas de intervención en el Museo Geominero*. En: La Restauración del Siglo XXI. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2009, pp. 216.



## 2. OBJETIVOS.

---

Este Trabajo Final de Máster tiene como objetivo principal la intervención conservativa de un conjunto de elementos fósiles pertenecientes a un ejemplar de saurópodo titanosaurio del género *Lirainosaurus* sp. Para ello, se llevarán a cabo una serie de tareas de conservación y restauración sobre el espécimen, con el fin de garantizar su perdurabilidad.

Por tanto, teniendo en cuenta este objetivo principal, se puede dividir el proyecto en una serie de objetivos particulares, más específicos y concretos, dedicados a cada una de las tareas llevadas a cabo durante todo el desarrollo del trabajo.

- Estudiar el conjunto de restos óseos y sus características, analizando el contexto histórico y geológico del espécimen, así como su hallazgo y extracción.
- Evaluar el estado de conservación en el que se encuentra el conjunto.
- Proponer un plan de intervención restaurativa acorde a las necesidades y características del espécimen en base a los resultados obtenidos durante su evaluación.
- Intervenir el objeto fósil, siguiendo los criterios básicos de conservación y restauración, así como los criterios adecuados al patrimonio paleontológico.
- Cooperar con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, en concreto el objetivo con la meta “11.4: Redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el Patrimonio cultural y natural del mundo”, dentro de las metas que plantea el objetivo 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”<sup>3</sup>.
- Llevar a cabo un estudio sobre los diferentes estucos de reintegración volumétrica con el fin de encontrar el más acorde a las características del espécimen.
- Plantear un sistema de conservación preventiva que sirva como apoyo para la preservación del espécimen.

---

<sup>3</sup> CENTRO INTERNACIONAL DE ESTUDIOS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS BIENES CULTURALES: *ODS 11.4: Proteger el patrimonio cultural y natural del mundo.*



### 3. METODOLOGÍA.

---

Para la elaboración de este proyecto, se planteó una metodología de trabajo en la que se aplicaron los conocimientos adquiridos tanto en el Grado de Conservación y Restauración de Bienes Culturales como en el Máster, así como en el curso “La conservación y restauración de materiales fósiles”, impartido en el año 2017 en la Universitat Politècnica de València. Todo este aprendizaje resultó en una serie de competencias a nivel teórico, base fundamental para cualquier trabajo de este tipo, y además facilitó la tarea más práctica del proyecto, puesto que ya había experiencia a la hora de manejar el conjunto y entender su situación.

Gracias a los conocimientos adquiridos durante la formación, se pudo plantear una metodología para este proyecto, que estuvo cimentada sobre dos pilares fundamentales: una parte teórica, dedicada al estudio del conjunto de los restos fósiles, y una parte práctica, en la que se desarrolló la intervención sobre los mismos.

#### 3.1. Documentación previa y estudio bibliográfico.

Esta parte del proyecto se fundamenta sobre la búsqueda y estudio bibliográfico de todo el contexto que rodea al conjunto de restos fósiles: el espécimen de dinosaurio al que pertenecen los restos, la localización del yacimiento paleontológico, el estado en que se encontró, la geología del lugar, etc., además de toda aquella información referente a los materiales paleontológicos, el patrimonio paleontológico y su intervención en el campo de la Conservación y Restauración. Para llevar a cabo esta investigación, se revisarán y consultarán numerosos recursos publicados al respecto: tesis, artículos, libros o revistas especializadas, entre otros, así como recursos online o la información proporcionada por quienes trabajaron con la pieza de primera mano durante su extracción. Por tanto, la parte teórica del proyecto se compuso de la siguiente manera:

- Búsqueda y selección de bibliografía relacionada.
- Análisis de la información obtenida.
- Aplicación sobre este proyecto y comparativa del espécimen.

Del mismo modo, se puede aplicar esta metodología como parte del estudio de los materiales de reintegración volumétrica en materiales paleontológicos, haciendo una comparativa entre los diferentes trabajos y estudios publicados hasta la fecha, con tal de encontrar un estuco acorde a las necesidades del conjunto.

#### 3.2. Proceso de intervención.

Esta segunda parte del proyecto constituye todo procedimiento que implique la manipulación directa del conjunto. El proceso de intervención siempre puede dividirse en dos secciones, una primera fase en la que se lleva a cabo un estudio previo del conjunto, lo que dará información clave sobre las patologías y su estado y será fundamental a la hora de plantear los tratamientos, y una segunda fase que consistirá en la intervención restaurativa del conjunto. De este modo, la primera fase del proceso de intervención se compone de:

- Análisis organoléptico del conjunto.
- Pruebas, análisis y catas.
- Análisis de resultados y evaluación del estado de conservación.



Una vez finalizado este estudio previo, dará comienzo el proceso de intervención sobre el conjunto. Esta fase tendrá en cuenta tanto la información obtenida durante la fase de documentación como durante los análisis previos:

- Tratamientos de limpieza.
- Tratamientos de consolidación.
- Montaje de los fragmentos.
- Preparación de morteros de reintegración.
- Protección final y plan de conservación preventiva.

### **3.3. Documentación del proceso y elaboración del informe.**

Una parte fundamental de todo proyecto de Conservación y Restauración es la documentación del mismo. Mantener un buen sistema de documentación es una pieza clave en este tipo de proyectos, ya que estos documentos aportarán todo tipo de información sobre lo ocurrido durante el desarrollo de la intervención, y servirán como punto de referencia a la hora de elaborar el informe final. De esta forma, el proceso de documentación de este proyecto se elaboró de la siguiente manera:

- Documentación fotográfica del conjunto, antes, durante y al final de la intervención.
- Documentación fotográfica de los procedimientos llevados a cabo durante la intervención.
- Descripción de cada uno de los procedimientos llevados a cabo: comportamiento del conjunto, los materiales empleados, resultados, etc.

De este modo, toda la información que se obtuvo durante la parte práctica del proyecto, junto con el estudio previo realizado sobre el conjunto de restos, el ejemplar al que pertenece y los procesos de fosilización, serán lo que dará lugar al informe final o la memoria del trabajo. Para la elaboración de este informe, fue necesario dividir el trabajo en una serie de tareas.

- Recopilación de la información obtenida, dividida según la fase del proyecto a la que pertenecía.
- Selección de los datos más relevantes para la realización del informe.
- Elaboración de un informe detallado sobre cada una de las fases del proyecto.
- Elaboración de diagramas y mapas de daños que complementen a la documentación fotográfica, con el fin de que sirvan como apoyo al texto de este trabajo.



## 4. EL MATERIAL FÓSIL Y LA FOSILIZACIÓN.

### 4.1. ¿Qué es un fósil?

El término “fósil” proviene de la palabra latina “*fossilis*”, “que se obtiene cavando”, que a su vez proviene del verbo “*fodere*”, cuyo significado es “excavar”<sup>4</sup>. Un fósil es, en un sentido más amplio, la evidencia de cualquier tipo de actividad biológica ocurrida en épocas pasadas, obtenido a través del registro geológico. Tradicionalmente, el término ha servido para referirse a los vestigios de dichos organismos, como pueden ser los huesos, las conchas, coprolitos o incluso huevos, pero actualmente abarca cualquier tipo de vestigio o evidencia de su paso por la Tierra, como son sus huellas o improntas. Por tanto, el hallazgo de un fósil no siempre va suponer una prueba de la muerte de un organismo, sino que se trata de una muestra de su existencia<sup>5</sup>.

La fosilización es un proceso que involucra una serie de cambios físicos y biológicos mediante los cuales los componentes de un organismo van siendo reemplazados por minerales, y pasa a estar preservado en la litosfera como fósil<sup>6</sup>. Estos restos se encuentran en el medio natural, insertados en el interior de rocas sedimentarias, y pueden tratarse tanto de restos de vertebrados como de invertebrados, así como de otro tipo de organismos, como plantas. Pese a que popularmente el término parece referirse a todo aquel resto hallado en rocas o sedimentos, también es posible encontrar estos restos en otros elementos, como son el ámbar o el hielo<sup>7</sup>.

Dado que el objeto de estudio de este proyecto se trata de un conjunto de restos óseos, será necesario comprender el tipo de material con el que se va a trabajar, es decir, saber en qué consiste la composición de los huesos y entender cómo se desarrollan los cambios producidos en su estructura durante el proceso de fosilización.

#### a) Clasificación de los huesos y su composición.

Conocer la estructura, composición y funcionamiento de los huesos es una herramienta fundamental a la hora de tratar con restos fósiles de vertebrados, puesto que cada clase de hueso o de tejido óseo se comportará de diferente manera durante el proceso de fosilización, debido a su composición y estructura, lo que afectará de manera directa a la conservación del espécimen.

Los huesos son los elementos principales que conforman el esqueleto de los animales vertebrados. Se trata de estructuras cuya misión es sostener y mover el cuerpo, además de ofrecer protección para los órganos internos y proporcionar los elementos químicos necesarios para el metabolismo, dado que se trata de un sistema vascularizado.

Cada hueso está compuesto en promedio, de un 70% de minerales fosfáticos (60% hidroxiapatito y 10% de otros minerales), un 18% de proteínas tales como el colágeno, entre un 10% y un 20% de agua y un 3% de otras sustancias orgánicas<sup>8</sup>. No obstante, la composición de cada hueso variará en función de su tipología y la edad del individuo.

<sup>4</sup> REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. *Fósil*.

<sup>5</sup> FERNANDEZ-LOPEZ, S.R. (1999). *Tafonomía y fosilización*. En: Tratado de Paleontología, tomo I (Ed. B. MELÉNDEZ, 1998). Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, p. 52.

<sup>6</sup> SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO. *Los fósiles*.

<sup>7</sup> VICENS, E. OMS, O. (2001). *Los fósiles: qué son y para qué sirven*. En: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, vol. 9, nº2, p 111.

<sup>8</sup> MERELO, A. (2017) *Intervención de piezas fósiles en el Museo de Ciencias Naturales de Valencia. Embalaje y exposición*. Universitat Politècnica de València, p. 12.



La estructura de los huesos se compone por dos tipos de tejidos diferentes. Por un lado, el hueso compacto o tejido cortical, que es la parte externa y más dura del hueso. Este tejido conforma, entre otras, la diáfisis de los huesos largos, compuesta de pequeños conductos y osteonas, por los que pasan los vasos sanguíneos y los nervios. Por otro lado, el tejido trabecular o hueso esponjoso se trata de una estructura esponjosa albergada en el interior de los huesos, que constituye el interior de las epífisis y que contiene la médula ósea<sup>9</sup>.

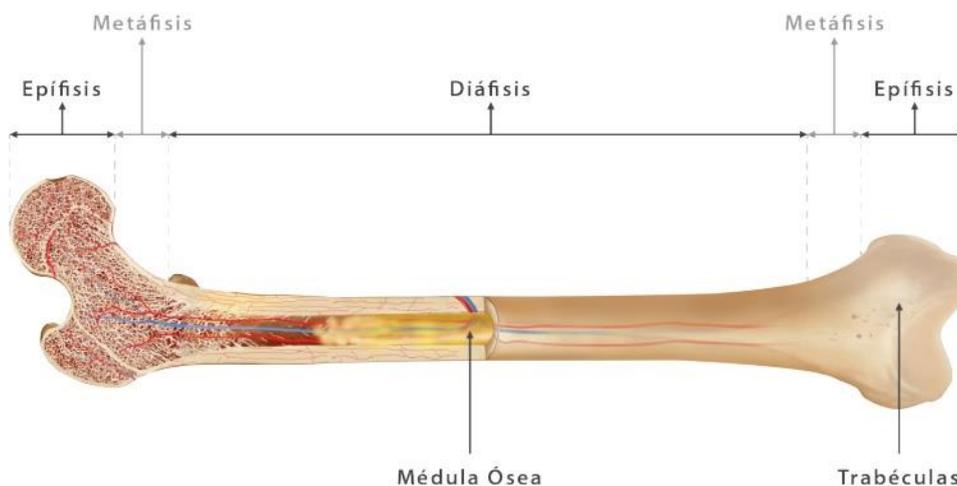


Figura 1 Corte transversal y partes de un hueso (Universidad de Guanajuato, contenidos didácticos digitales, Licenciatura en Enfermería y Obstetricia)

#### 4.2. Tafonomía: procesos de fosilización.

Una vez enterrados, los restos se verán expuestos a una serie de cambios en su estructura a lo largo de los años, convirtiéndose, por tanto, en elementos completamente diferentes, con una composición diferente a la que tenían en un inicio. Así como existen diversas ramas dentro de la paleontología encargadas de estudiar los diferentes aspectos que rodean a una entidad fósil, como los ecosistemas o el comportamiento de los organismos, la rama de la paleontología encargada de estudiar los cambios y procesos que sufrirán los restos de dichos organismos durante su fosilización es la tafonomía.

El término “tafonomía” fue propuesto por primera vez en 1940 por el paleontólogo ruso Efremov. La palabra procede de dos palabras griegas: “τάφος” (*taphos*), que significa enterramiento, y “νόμος” (*nomos*), que significa ley. La tafonomía, por tanto, es la rama de la paleontología que se encarga del estudio de los procesos de fosilización y la formación de yacimientos de fósiles<sup>10</sup>. La tafonomía no sólo analiza los procesos de enterramiento, sino que también se encarga de estudiar y describir los cambios y modificaciones que sufre cada entidad fósil, desde que ocurre la muerte hasta la creación de las diferentes evidencias, como es el caso de las huellas o los coprolitos.

Para que los huesos de un vertebrado fosilicen, serán determinantes una serie de factores, como son el ambiente geológico en el que se encuentran, como la clase de organismo o la propia composición de los restos. Por otro lado, también influirá la rapidez del proceso de enterramiento, ya que de ello dependerá cuán protegidos estarán los restos<sup>11</sup>. A más tiempo permanezcan a la intemperie, más

<sup>9</sup> GODEFROIT, P.; LEDUC, T. (2008). *La conservation des ossements fossiles: le cas des Iguanodons de Bernissart*. CeROArt. Conservation, exposition, Restauration d'Objets d'Art. CeROArt asbl, p. 3.

<sup>10</sup> EFREMOV, I. *Taphonomy: new branch of paleontology* (1940). En: *Pan-American Geologist* (1940), vol. 74, p. 85.

<sup>11</sup> PALEONTOLOGICAL RESEARCH INSTITUTION. *The process of fossilization*.



expuestos estarán a los daños provocados por las inclemencias climáticas o a los provocados por otros organismos.

**a) El proceso de fosilización.**

Los estudios tafonómicos distinguen entre dos fases a la hora de analizar el proceso de fosilización: la fase bioestratinómica, que engloba aquellos cambios que sufre cada resto orgánico desde su producción hasta su enterramiento, y la fosildiagénesis, que trata los cambios físicos y químicos que sufre dicha entidad una vez enterrada<sup>12</sup>.



Figura 2 Clasificación de los procesos diagenéticos. (Morales, J. Tafosfera: el registro de las relaciones biológicas)

La primera fase, conocida como fase bioestratinómica, es una etapa que depende de los procesos ocurridos en la biosfera, llegando a extenderse incluso a los primeros momentos del enterramiento<sup>13</sup>. Durante esta fase, los restos óseos se verán expuestos al ataque de organismos y microorganismos que se encargarán de ir descomponiéndolos poco a poco, así como a los diferentes agentes meteorológicos, que además de ocasionar sus propios daños favorecerán dichas interacciones. Durante este proceso, los restos óseos podrán sufrir abrasiones, cortes, fisuras y agrietamientos, entre otros<sup>14</sup>. Además, los restos óseos se verán sometidos a un proceso de enterramiento, algo que esencial para garantizar su buena conservación, puesto que de esta manera dejarán de estar tan expuestos a los factores biológicos y ambientales que los podrían deteriorar con tanta facilidad o, incluso, podrían llegar a destruirlos.

Una vez enterrados los restos orgánicos, se iniciarán los procesos diagenéticos. Los procesos que se producen durante esta etapa provocarán que el fósil sufra una serie de cambios en su estructura y composición química. Es durante el proceso diagenético cuando ocurrirá la mayor parte de la descomposición y sustitución de los compuestos orgánicos que forman el hueso. Estos compuestos se verán sometidos a una serie de cambios hasta que, eventualmente, acabarán siendo sustituidos por minerales. En la tabla que se muestra a continuación es posible ver un breve resumen de los procesos clave que ocurren durante la fase fosildiagenética.

<sup>12</sup> DE RENZI, M.; MARTINELL, J. (1975) *Bioestratigrafía, tafonomía y paleoecología*. En: Acta Geológica Hispánica, nº 2, p. 82.

<sup>13</sup> MORALES, J. (2006) *Tafosfera: el registro de las relaciones biológicas*. En: Estudios Geológicos, vol. 62, nº1., p. 40.

<sup>14</sup> DÍAZ-CORTÉS, A., LÓPEZ-POLÍN, L., DEL VALLE BLANCO, H., CÁCERES CUELLO DE ORO, I. (2021). *La naturaleza del hueso y su fosilización. La Tafonomía para el estudio del estado de conservación del hueso arqueológico y paleontológico*. En: Ge-Conservación, 20(1), 51-63.



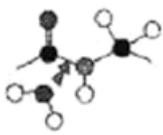
Diagénesis temprana			Diagénesis tardía
			
ph 8-10	ph 8-10	ph 8-10	ph 8-10
Actividad microbiana	Gelatinización del colágeno	Microfracturación	Procesos abióticos
Precipitación de pirita			Precipitación de pirita
		Recristalización del apatito -> francolita	Precipitación de hidróxidos metálicos y transformación en óxidos (hematites, goethita, pirolusita)
			Precipitación de carbonatos (calcita), sílice (cuarzo, ópalo), sulfatos (yeso, barita)
Deformación por presión litostática (con o sin fracturación)			
Relleno de cavidades por la entrada del sedimento.			

Figura 3 Clasificación de las diferentes fases de la fosildiagénesis. (Julio Company)

Durante las primeras fases de la fosildiagénesis, tendrán lugar una serie de procesos que favorecerán la descomposición del hueso. Por un lado, los compuestos orgánicos se degradarán. El colágeno comenzará a degradarse y perderse, lo que supondrá un aumento en la porosidad, dando lugar a la producción de cavidades que, más tarde, se rellenarán de sedimento o de minerales, como la pirita<sup>15</sup>.

Por otro lado, el colágeno también comenzará a absorber parte de la humedad ambiental, hidratándose y gelatinizándose y, de esta manera, aumentando su volumen. Este aumento de volumen del colágeno producirá grietas en el tejido óseo. Este hecho, junto con la aparición de cavidades óseas tras la degradación del colágeno, favorecerán el intercambio de sustancias minerales entre el hueso y el sustrato, sustituyendo parcialmente el calcio o el apatito del hueso por otros iones, que se encuentran presentes en el agua y el ambiente en el que está el hueso. Finalmente, se producirá una recristalización del hidroxiapatito, que se transformará en carbonato-fluoroapatito o francolita<sup>16</sup>.

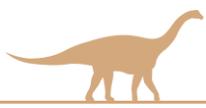
Cuando el hueso alcanza una segunda fase en la diagénesis, la mayor parte de los restos orgánicos se habrán descompuesto y desaparecido. Ciertos iones metálicos precipitarán en forma de hidróxidos, que formarán costras en torno al hueso y rellenarán cavidades junto con carbonatos como la calcita, el sílice o los sulfatos<sup>17</sup>.

Al igual que ocurría durante la fase bioestratinómica, durante la fase fosildiagenética también es posible que se produzcan una serie de daños, tales como fracturaciones, aplastamientos y deformaciones debidas al enterramiento y al relleno de las cavidades del hueso. Algo a tener en cuenta es que los restos fosilizados pueden no permanecer en el mismo lugar en que se produjeron, sino que pueden sufrir un continuo proceso de enterramiento y desenterramiento que, por tanto, continuaría su alteración.

<sup>15</sup> GODEFROIT, P.J.; LEDUC, T. (2008). *La conservation des ossements fossiles: le cas des Iguanodons de Bernissart*. CeROArt. Conservation, exposition, Restauration d'Objets d'Art. CeROArt asbl, p. 5.

<sup>16</sup> HEDGES, R.E.M. (2002) *Bone diagenesis: an overview of processes*. En: *Archaeometry*, vol 44, issue 3. Pp 322-323.

<sup>17</sup> FERNANDEZ-LOPEZ, S.R. (1999). *Tafonomía y fosilización*. En: *Tratado de Paleontología*, tomo I (Ed. B. MELÉNDEZ, 1998). Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid: 51-107, p 73.



## 5. ANÁLISIS DE LOS RESTOS ÓSEOS: EL DINOSAURIO SAURÓPODO *LIRAINOSAURUS*.

### 5.1. ¿Qué es un dinosaurio?

La palabra “dinosaurio” proviene de los términos griegos “*deinos*”, que significa “terrible”, y “*sauros*”, que significa “lagarto”. El término, propuesto por primera vez en 1842 por el anatomista Richard Owen, surgió como un intento de describir los restos fosilizados de tres animales extintos encontrados en la época: *Iguanodon*, *Megalosaurus* y *Hylaeosaurus*.

Estos “lagartos terribles”, que estaban siendo encontrados en diversos lugares de Inglaterra, eran similares a los reptiles actuales, aunque contaban una serie de características que los diferenciaban de dicho grupo. La diferencia más destacada era la posición elevada del cuerpo sobre las extremidades, dotándoles de una mayor capacidad de movimiento dado que no reptaban<sup>18</sup>.

Los dinosaurios habitaron la Tierra durante la era Mesozoica, etapa geológica que comenzó hace 251 millones de años y terminó hace 65 millones de años, llegando a tener una duración aproximada de unos 186 millones de años. Dentro del Mesozoico es posible diferenciar tres etapas diferentes: el Triásico (~251 m.a – ~201 m.a.); el Jurásico (~201 m.a – ~145 m.a.); y el Cretácico (~145 m.a. – ~66 m.a.). Esta etapa geológica, caracterizada por la gran diversidad de especies que habitaron durante la misma, terminó de forma abrupta debido a un evento ocurrido durante el período Cretácico: la caída de un asteroide de unos 10 km de diámetro en la península del Yucatán, cuyo impacto y las consecuencias que traería consigo provocarían una de las mayores extinciones en masa sufrida en la historia del planeta. No obstante, pese a que este evento se llevaría consigo a más de la mitad de especies del planeta, animales como tortugas, cocodrilos, y algunas especies de mamíferos lograron sobrevivir, así como las aves<sup>19</sup>.

#### a) Los linajes de los dinosaurios.

A día de hoy es posible agrupar a los dinosaurios en dos linajes diferentes, cada uno de ellos caracterizado esencialmente por la forma de su cadera. Por un lado, el grupo de los saurisquios presentaban una cadera provista de un pubis orientado hacia delante, mientras que el pubis del grupo de los ornitisquios estaba orientado hacia atrás<sup>20</sup>.

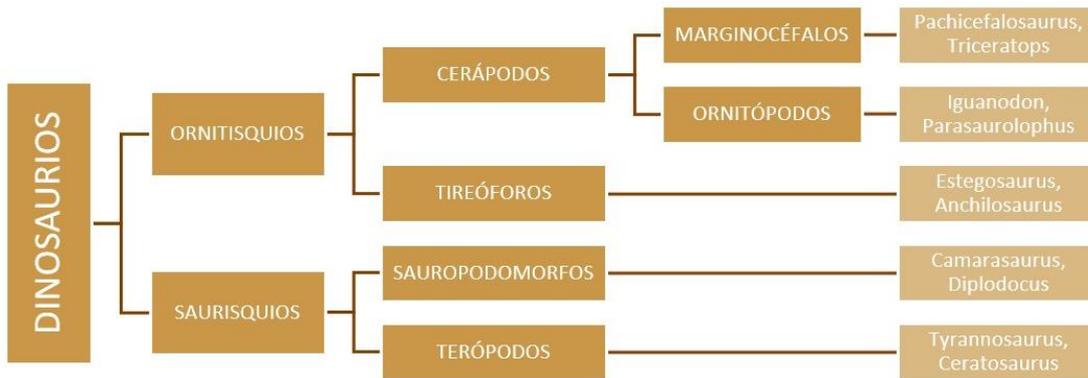


Figura 4. Árbol de los linajes de los dinosaurios. (Modificado de: BRUSATTE, S. *The rise and fall of the dinosaurs. A new history of a lost world*)

<sup>18</sup> Encyclopedia Britannica. Dinosaur.

<sup>19</sup> BRUSATTE, S. (2018). *The rise and fall of the dinosaurs. A new history of a lost world*. Gale, USA, p. 465-467.

<sup>20</sup> GASCÓ, F. (2021). *Esto no estaba en mi libro de Historia de los dinosaurios*. Guadalmazán, p. 27-29.



El grupo de los ornitiscuios abarca al linaje de los ornitópodos, herbívoros con un pico similar al de los patos, como es el caso del *Iguanodon* o el *Parasaurolophus*; el de los dinosaurios acorazados, dotados de placas o púas como el *Stegosaurus*; y el de los dinosaurios dotados de un cráneo reforzado o acorazado, como los *Pachicephalosaurus*. Por otro lado, dentro del grupo de los saurisquios se encuentran dos ramas bien diferenciadas: el linaje de los terópodos, constituido principalmente por dinosaurios carnívoros como el *Velociraptor*, y el de los saurópodos<sup>21</sup>.

Los dinosaurios saurópodos se encuentran entre los linajes más diversos y extendidos de los diferentes grupos de dinosaurios. Llegaron a estar distribuidos de forma global, vivieron en nuestro planeta durante toda la era Mesozoica, desde el Triásico hasta finales del Cretácico<sup>22</sup>. Se trata de animales herbívoros, cuadrúpedos que contaban con largas colas y cuellos, además de un cráneo pequeño. Dentro del grupo de los saurópodos, un linaje particularmente exitoso fue el de los titanosaurios, también distribuidos globalmente, llegando a conocerse más de 60 especies diferentes<sup>23</sup> dentro del mismo género al que pertenecen los restos objeto de este trabajo. Es precisamente en este grupo, el de los saurópodos titanosaurios, en el que se adscribe el espécimen que ocupa este trabajo: *Lirainosaurus*.

## 5.2. *Lirainosaurus*.

*Lirainosaurus* fue descrito por primera vez por Sanz y colaboradores en 1999, a raíz del descubrimiento de numerosos restos fósiles procedentes del yacimiento Campano-Maastrichense de Laño (Región Vasco-Cantábrica)<sup>24</sup>. A día de hoy, tan sólo se han encontrado restos de dicho género en Francia y España<sup>25</sup>, siendo, de hecho, una de las pocas especies de saurópodos titanosaurios halladas en la península ibérica junto con el *Lohuecotitan pandafilandi*, proveniente del yacimiento Campano-Maastrichense de Lo Hueco, en Cuenca<sup>26</sup>. En lo que respecta a los hallazgos de la Península, se han encontrado restos en las provincias de Valencia y Guadalajara, y, hasta la fecha, dichos restos son considerados pertenecientes a la única especie de *Lirainosaurus* conocida hasta la fecha.

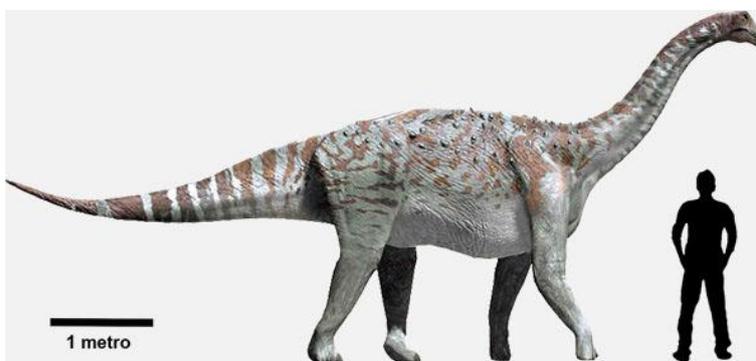


Figura 5 Reconstrucción y dimensiones de *Lirainosaurus*, en comparación a un humano adulto. (Universidad de Valencia. *Lirainosaurus Astibiae*. Ilustración de Óscar Sanisidro)

<sup>21</sup> GASCÓ, F. (2021). *Esto no estaba en mi libro de Historia de los dinosaurios*. Guadalmazán p. 27-29

<sup>22</sup> WILSON, J. A. (2002). *Sauropod dinosaur phylogeny: critique and cladistic analysis*. The Linnean Society of London, Zoological Journal of the Linnean Society, 136, p. 217.

<sup>23</sup> DÍEZ, V. (2013). *Revisión del dinosaurio saurópodo lirainosaurus astibiae (titanosauria) del Cretácico superior de la península Ibérica. Comparación con otros titanosaurios del suroeste de Europa. Hipótesis filogenética y paleobiogeográfica*. Universidad del País Vasco, p. 9.

<sup>24</sup> COMPANY, J., PEREDA, X.; RUÍZ-OMEÑACA, J.I. (2009) *Nuevos restos fósiles del dinosaurio Lirainosaurus (Sauropoda, Titanosauria) en el Cretácico Superior (Campaniano-Maastrichtiano) de la Península Ibérica*. Revista de la Asociación Paleontológica Argentina, 46 (2), p. 392.

<sup>25</sup> GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY – *Lirainosaurus*.

<sup>26</sup> ORTEGA, F. J.; ESCASO, F.; MARCOS, F.; MOCHO, P.D.; NARVÁEZ, I.; PÉREZ-GARCÍA, A. (2021). *De la Serranía a la Alcarria. Ecosistemas de dinosaurios del Cretácico Superior de la formación Villalba de la Sierra (Cuenca y Guadalajara)* En *Isurus*, nº13, p. 80.



Se trata de un dinosaurio saurópodo titanosaurio de pequeño o medio tamaño, de aproximadamente unos 8 a 10 metros de largo y una masa aproximada de 1,5 toneladas, lo que le hace ser uno de los saurópodos más pequeños descubiertos hasta la fecha<sup>27</sup>. Fue precisamente su aspecto grácil lo que le otorgó el nombre, puesto que *Lirinosaurus* proviene de un adjetivo eusquérico, “*lirain*”, que significa “esbelto” o “ligero”<sup>28</sup>.

### 5.3. Contexto geológico y geográfico: los yacimientos de Chera.

Los restos fósiles descritos en esta memoria provienen de uno de los yacimientos paleontológicos próximos al municipio de Chera, localidad que se encuentra integrada en la comarca de Requena-Utiel, a unos 60 km de la ciudad de Valencia. Fue en el año 1986 cuando se describió por primera vez la presencia de restos fósiles de dinosaurio en las zonas circundantes a la localidad<sup>29</sup>. Durante los años posteriores, se dieron diversos hallazgos casuales por la zona gracias a los nuevos itinerarios del Parque Geológico de Chera. Estos nuevos descubrimientos dieron paso a una actuación más formal sobre la zona, centrándose de forma más concreta en el barranco La Castellana y en el barranco de la Hoz (fig. 6 y 7).

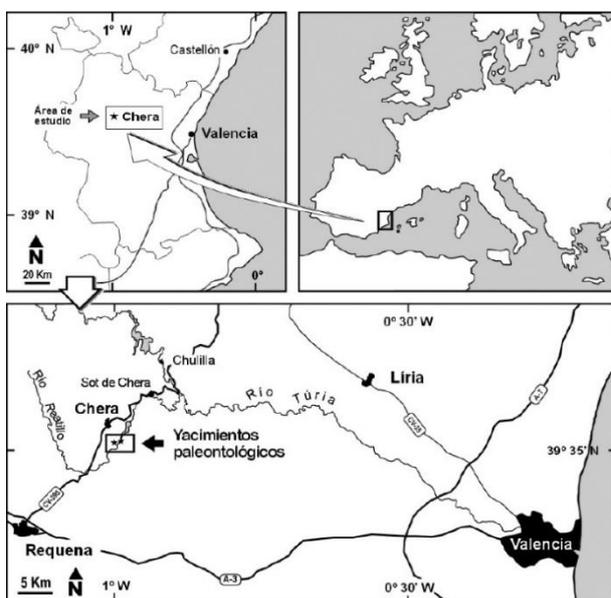


Figura 6 Localización de los yacimientos paleontológicos de Chera. (Julio Company, 2009)

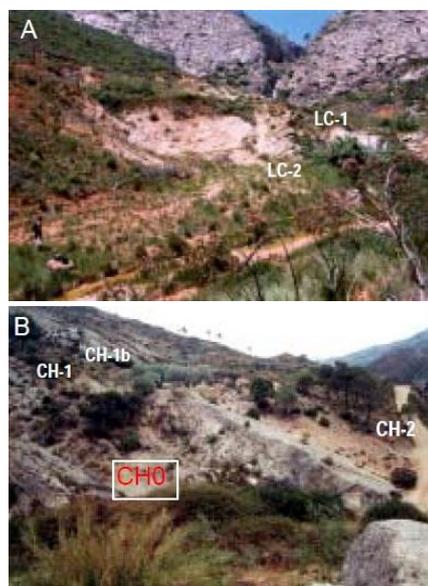


Figura 7 Yacimientos paleontológicos del barranco de La Castellana (A) y La Hoz (B). (Julio Company, 2005)

En lo que respecta a las características geológicas de los yacimientos de Chera, los informes de las prospecciones mencionaban el hallazgo de diversos depósitos datados en el Cretácico Superior. La formación se trata de una unidad geológica constituida por calizas y margas, dispuestas de forma alterna, tratándose de sedimentos característicos de un medio lacustre o palustre, localizados en un entorno litoral que ha sido expuesto a numerosos ciclos de inundaciones y desecaciones.

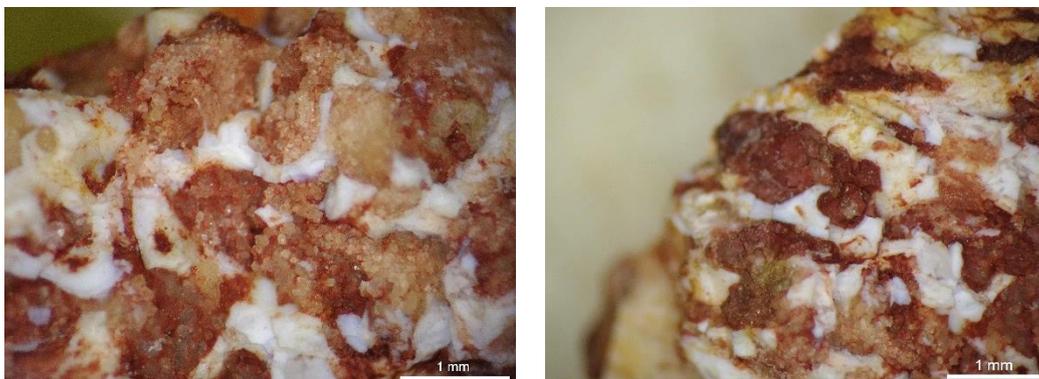
<sup>27</sup> COMPANY, J. (2011) *Bone histology of the titanosaur Lirinosaurus astibiae (Dinosauria: Sauropoda) from the Latest Cretaceous of Spain*. En: Science of Nature, nº 98, p. 67.

<sup>28</sup> SANZ, J.L.; POWELL, J.E.; LE LOEUFF, J.; MARTÍNEZ, R.; PEREDA SUBERBIOLA, X. (1999). *Sauropod remains from the Upper Cretaceous of Laño (North-central Spain). Titanosaur phylogenetic relationships*. Estudios del Museo de Ciencias Naturales de Álava 14 (Número Especial 1), p. 237.

<sup>29</sup> COMPANY, J. (2005) *Vertebrados continentales del Cretácico superior (Campaniense-Maastrichtiense) de Valencia*. [Tesis no publicada] Universidad de Valencia, p. 11-12



El barranco de la Castellana estaba constituido por afloramientos de niveles de margas intercaladas entre calizas lacustres, mientras que el barranco de La Hoz está constituido por calizas nudosas y limos carbonatados<sup>30</sup>.



*Figura 8 Imágenes tomadas mediante microscopio electrónico de un fragmento de hueso. Cavidades óseas rellenas por la marga y la caliza.*

A lo largo de los años, las diferentes campañas y prospecciones en la zona han dado como resultado el hallazgo de una gran variedad de microfauna y microflora, restos de peces, anfibios o restos de dinosaurios, como ornitópodos, terópodos y anquilosaurios, además de, por supuesto, saurópodos titanosaurios<sup>31</sup>.

#### **a) Procedencia del conjunto de especímenes.**

Los restos fósiles objeto de estudio de este proyecto proceden del barranco de la Castellana, uno de los dos emplazamientos paleontológicos circundantes a la localidad de Chera.



*Figura 9 Fotografías del Barranco de la Castellana. Carbonatos palustres y fotografía panorámica del barranco a la derecha (Julio Company, 2009)*

Tal y como se señala en los informes de las prospecciones, durante las diferentes campañas de excavación llevadas a cabo entre los años 2000 y 2008 se recuperaron una serie de restos fósiles de saurópodos titanosaurios. Dichos hallazgos incluían abundantes vértebras dorsales y caudales, así como diversos huesos pertenecientes a las extremidades. La localización y características de los restos indicaban

<sup>30</sup> COMPANY, J.; PEREDA, X.; RUÍZ-OMEÑACA, J.I. (2009) *Nuevos restos fósiles del dinosaurio Lirainosaurus (Sauropoda, Titanosauria) en el Cretácico Superior (Campaniano-Maastrichtiano) de la Península Ibérica*. En: Revista de la Asociación Paleontológica Argentina, 46 (2), p. 392-393.

<sup>31</sup> COMPANY, J. (2005) *Vertebrados continentales del Cretácico superior (Campaniense-Maastrichtiense) de Valencia*. [Tesis no publicada] Universidad de Valencia.



que estos podrían haber pertenecido hasta a 3 individuos diferentes, mientras que la disposición de algunos de ellos señalaba que algunas agrupaciones pertenecían a un mismo individuo<sup>32</sup>.

En lo que respecta al estado de los restos fósiles en el momento de su hallazgo, por lo general presentaban poca evidencia de meteorización, descartando de esa manera la posibilidad de que hubieran sufrido una exposición prolongada o un transporte excesivo por las corrientes. Algunos de los elementos presentaban fracturas de bordes afilados, algo que sugiere que fueron pisoteados previamente al enterramiento<sup>33</sup>.

Los restos fósiles cuya preparación constituye el tema principal del presente Trabajo de Fin de Máster fueron hallados en 2008 de forma casual, durante una salida de campo con alumnos de la asignatura *Ampliación de Geología*, de la titulación *Ingeniero Geólogo* impartida en la Universidad Politécnica de Valencia. Los restos, aflorantes en el terreno debido a los procesos de erosión natural, presentaban los primeros signos de alteración por exposición subaérea, por lo que se decidió cubrirlos y comenzar una intervención de urgencia para extraerlos y evitar el empeoramiento de su deterioro.



Figura 10 Estado del conjunto en el momento de su hallazgo (Julio Company)

En consecuencia, se regresó al yacimiento y, tras una inspección de superficie y la retirada de parte de la matriz arcillosa que los cubría, se pudo constatar que el hallazgo estaba compuesto por un conjunto de elementos apendiculares de un dinosaurio saurópodo afín al *Lirainosaurus*, cuyos restos ya habían sido documentados en la zona<sup>34</sup>. En concreto, en el lugar del hallazgo era posible apreciar la presencia de una tibia y una fíbula asociadas, junto con un número variable de elementos metapodiales en clara asociación anatómica. Además, en torno al conjunto principal de elementos de *Lirainosaurus*, se apreciaba la presencia de otros fragmentos óseos no identificables, que serían recuperados del yacimiento junto con el resto de hallazgos.

---

<sup>32</sup> COMPANY, J.; PEREDA, X.; RUÍZ-OMEÑACA, J.I. (2009) *Nuevos restos fósiles del dinosaurio Lirainosaurus (Sauropoda, Titanosauria) en el Cretácico Superior (Campaniano-Maastrichtiano) de la Península Ibérica*. En: Revista de la Asociación Paleontológica Argentina, 46 (2), p. 393.

<sup>33</sup> *Idem*.

<sup>34</sup> COMPANY, J. (2011) *Bone histology of the titanosaur Lirainosaurus astibiae (Dinosauria: Sauropoda) from the Latest Cretaceous of Spain*. En: The Science of Nature nº 98, p. 67.



Figura 11 Tibia y fíbulas asociadas junto al resto de huesos del yacimiento (Julio Company)

Dado el estado en el que se encontraban los restos óseos, se les aplicó un tratamiento consolidativo previo *in situ*, consistiendo en algunos casos en la aplicación de una camisa o *jacket*<sup>35</sup>, compuesto por varias capas de gasa adheridas con el adhesivo Paraloid B72. En cuanto a una de las piezas de mayor tamaño, se decidió que debía ser trasladada junto con la matriz en la que estaba enterrada, por lo que, además de la fina capa de gasas, también se le aplicó una capa gruesa escayola untada sobre tiras de papel, lo que aseguraría la resistencia y protección de los huesos.



Figura 12 Aplicación de las gasas y el tratamiento de consolidación *in situ* (Julio Company)

Una vez se aseguró la integridad del conjunto de fósiles, estos fueron extraídos del yacimiento y, más tarde, trasladados al Departamento de Ingeniería del Terreno, donde fueron almacenados en uno de los laboratorios hasta el comienzo de este proyecto.

Una vez los restos fósiles sean preparados y estudiados, se solicitará la designación de una institución depositaria al Servicio de Patrimonio Cultural de la Consellería de Educación, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana.

<sup>35</sup> CARBOT, G. (2005) *Vertebrados fósiles: del campo hasta la sala de exhibición*. En: Ciencia y tecnología en la frontera, vol. 2, nº 3, p 62



## 6. CASO DE ESTUDIO: CONJUNTO DE FÓSILES DE *LIRAINOSAURUS SP.*

### 6.1. El conjunto.

En el momento en que se recogió el material óseo para poder comenzar la intervención, este se encontraba prácticamente en el mismo estado en el que llegó al Departamento de Ingeniería del Terreno desde su descubrimiento. Los restos se encontraban almacenados en una de las estanterías móviles ubicada en uno de los laboratorios del Departamento de Ingeniería del Terreno.

Durante estos años, los ejemplares se almacenaron en un contenedor de poliestireno expandido, y los diversos huesos que conforman este conjunto fósil estaban divididos en diferentes paquetes hechos a partir de envolturas de papel libre de ácido, papel de aluminio, gasas o el propio sistema de extracción.

Como se puede apreciar en la imagen (fig. 13), destacaban especialmente dos paquetes más grandes, en los que se encontrarían las dos piezas principales del conjunto. Una de ellas, la fíbula, era fácilmente reconocible dado que estaba cubierta por una fina capa de gasa, mientras que la otra pieza apenas lo fue hasta que se consiguió retirar la protección de yeso y la gruesa capa de matriz. En cuanto al resto de paquetes y fragmentos más pequeños, algunos de ellos eran reconocibles, aunque otros se trataban de fragmentos que, por hallarse desubicados, no se pudieron reconocer hasta la fase de pre-montaje.

Este conjunto estaba formado por un total de 40 elementos: 2 huesos largos, identificados como una tibia y una fíbula derechas, un hueso identificado como el calcáneo, 4 huesos pertenecientes al tarso y al menos 33 fragmentos de hueso sin identificar. Las dimensiones de dichos elementos oscilan desde el mayor de ellos, con 50 cm de longitud, al menor de los fragmentos, de 0,5 cm.



Figura 13 Conjunto de fósiles y fragmentos de roca almacenados en el contenedor.

En su mayoría, el conjunto de restos óseos pertenecía a un espécimen del dinosaurio *Lirainosaurus*, saurópodo titanosaurio que vivió sobre la Tierra a finales del Cretácico. Dichos huesos formaban parte del esqueleto apendicular del animal, es decir, se trata de huesos que pertenecieron a alguna de sus extremidades. Dado que no fue posible identificar los huesos utilizando otros hallazgos del mismo



espécimen, se emplearon diversos artículos y estudios sobre otros saurópodos titanosaurios<sup>3637</sup>. De esta forma, los dos huesos más grandes del conjunto se pudieron identificar como la fíbula y la tibia, mientras que los huesos más pequeños se tratan de huesos metatarsales. Además, había algunos fragmentos sueltos no identificables, encontrados entre los paquetes más pequeños o en la sección de marga.

Para poder identificar fácilmente los huesos del conjunto sobre el esqueleto del animal, se creó un diorama utilizando un modelo de esqueleto de saurópodo, al mismo tiempo que se tomaba referencia de un esqueleto de *Saltasaurus*, dinosaurio saurópodo titanosáurido coetáneo al *Lirainosaurus* y proveniente de Sudamérica. En la imagen (fig. 15 y 16) se pueden observar las diferentes ubicaciones resaltadas a color, junto con una fotografía del hueso correspondiente.

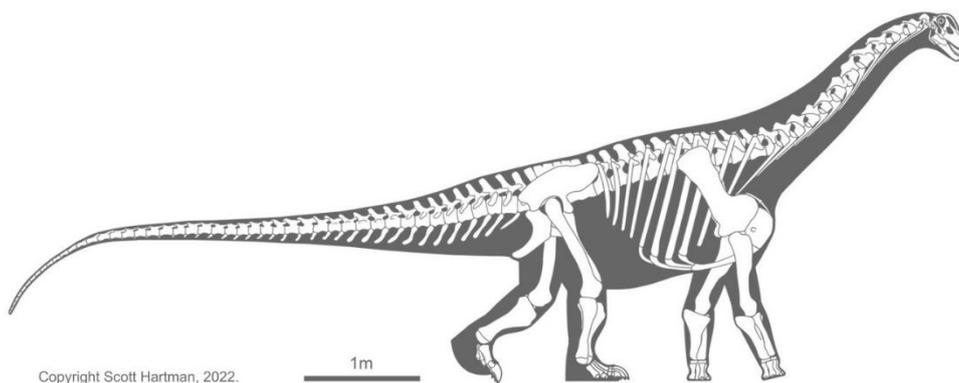


Figura 14 Esqueleto de *Saltasaurus* como referencia (Dr. Scott Hartman, 2022)



Figura 15 Ubicación de los huesos con respecto a la pata de un saurópodo (Wordpress: *The bones of sauropod skeleton*, 2007)

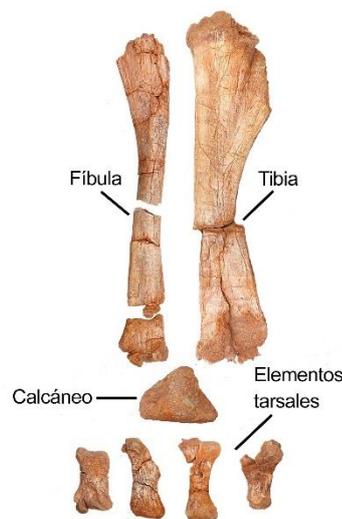


Figura 16 Fíbula, tibia, calcáneo y elementos tarsales pertenecientes al conjunto.

<sup>36</sup> GONZÁLEZ, B., LAMANNA, M., ORTIZ, L. et al. (2016). *A gigantic new dinosaur from Argentina and the evolution of the sauropod hind foot*. En: *Sci Rep* n°6, 19165, p.5.

<sup>37</sup> D'EMIC, M.; WILLIAMSON, T.; WILSON, J. (2011). *A Sauropod dinosaur pes from the Latest Cretaceous of North America and the validity of *Alamosaurus sanjuanensis* (Sauropoda, Titanosauria)*. En: *Journal of vertebrate paleontology*, n° 31(5), pp. 1073-1074.



## 6.2. Factores de alteración.

Cuando se trabaja con materiales provenientes de una excavación, es importante conocer el contexto en el que se ha encontrado el objeto, así como aquellos agentes o factores que han podido intervenir en su alteración, puesto que de esta forma resultará más fácil la elaboración de un diagnóstico apropiado y, por lo tanto, desarrollar un plan de intervención acorde a los daños sufridos.

Como se ha comentado en puntos anteriores, el proceso de fosilización conlleva una serie de cambios físicos y químicos que alterarán por completo la estructura del hueso, por lo que podría considerarse en sí mismo un factor de alteración intrínseco, es decir, que proviene del mismo objeto. No obstante, también es importante tener en cuenta los factores extrínsecos, provenientes del ambiente en que se encuentra el fósil e implicados de igual forma en la degradación del material. Dichos factores pueden clasificarse de la siguiente manera<sup>38</sup>.

- Factores climáticos y ambientales: se trata de aquellos agentes presentes en el medio en que se encuentra el hueso, representados por las variaciones de temperatura y humedad, así como por las inclemencias meteorológicas o los elementos presentes en el ambiente.
- Factores físicos: conciernen a fuerzas físicas, como los movimientos de tierra que provocan el arrastre del material fósil o la presión del terreno sobre el mismo.
- Factores biológicos: corresponden a cualquier actuación de un organismo vivo sobre el objeto, pudiendo tratarse tanto de microorganismos, como de animales o plantas.
- Factores antrópicos: son aquellos derivados de la acción del hombre, ya sea de forma directa, como el vandalismo, o indirecta, como las actividades agrícolas.

Todos estos factores de deterioro supondrán, en mayor o menor medida, una serie de daños y patologías que se verán reflejados en el material fósil en forma de roturas, fisuras, abrasiones, pérdidas de material o incluso deformaciones, entre otras.

## 6.3. Estado de conservación.

Cuando el conjunto fue recogido del laboratorio, tan sólo era posible conocer el estado de conservación y las características de algunos de los huesos que lo conformaban, como era el caso de la fíbula o algunos de los huesos más pequeños, ya que se trataba de piezas que, al menos en gran parte, se encontraban menos protegidas o cubiertas por la capa de sustrato y que, por lo tanto, quedaban a la vista.

En el caso de la tibia, ésta se encontraba todavía incrustada en la matriz y envuelta en una gruesa capa de papel y escayola, dado que fue el método de extracción que se escogió para garantizar su integridad durante el traslado y almacenaje. Es por ello que no fue posible detallar su estado de conservación hasta que la intervención estuvo más avanzada, ya que extraer el hueso de la matriz y la escayola requirió una gran labor de limpieza previa. También este fue el caso de otros pequeños huesos que se hallaban en el interior del sistema de extracción y que salieron a la luz durante la fase de liberación de la matriz.

Una vez se pudieron analizar los huesos, se dibujaron una serie de dioramas o mapas de daños, analizando el estado de conservación de cada uno de ellos, y ubicando cada patología en el lugar correspondiente.

---

<sup>38</sup> CARRERA, F. (2018) *Conservación preventiva de yacimientos arqueológicos: ¿empezamos?*. En: Acta del VI Congreso GEIIC: ¿Y después? Control y mantenimiento del Patrimonio Cultural, una opción sostenible, p 379.

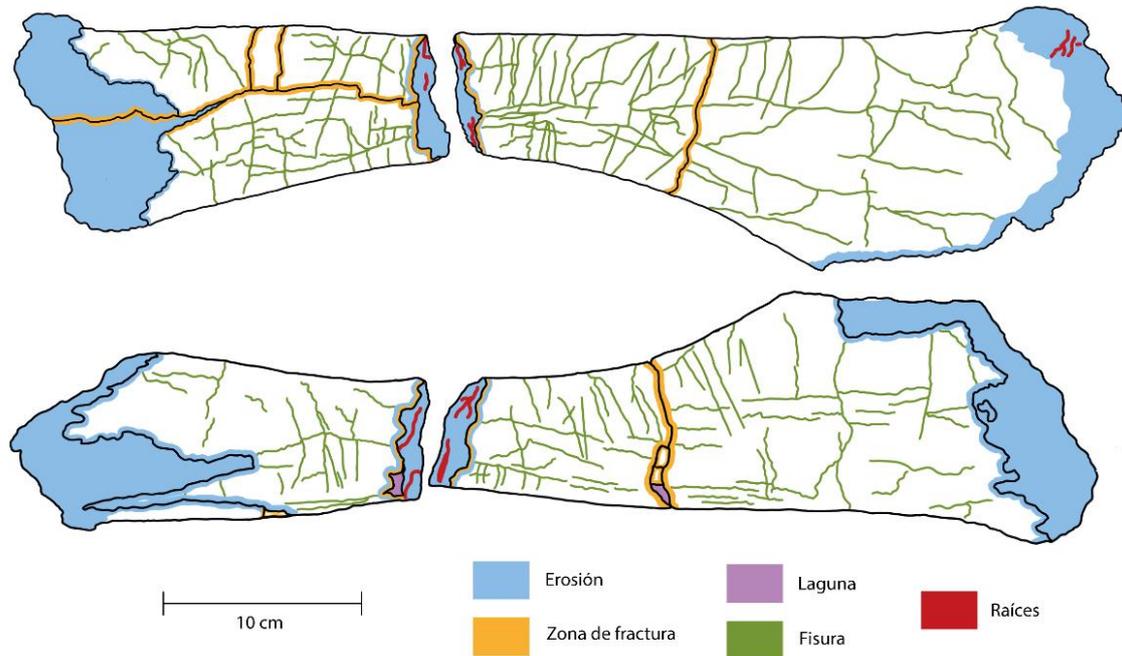


Figura 17 Diorama de daños correspondiente a la tibia.

Como se observa en la imagen, la tibia se encontraba segmentada en dos grandes fragmentos principales. Pese a ser una pieza bastante estable, presentaba fisuras por toda su superficie, y las zonas correspondientes a la epífisis se encontraban en un estado bastante delicado y erosionado. Además, era posible encontrar raíces incrustadas, especialmente en la zona de la rotura central.

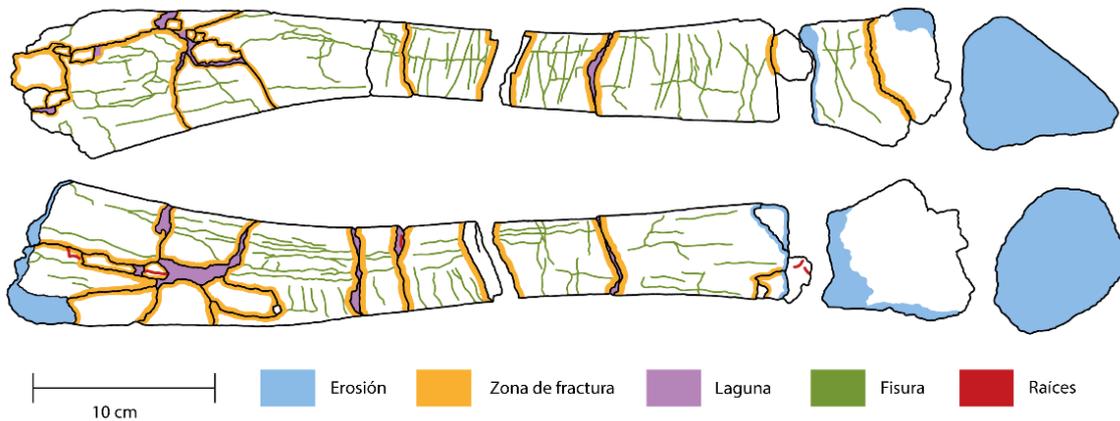


Figura 18 Diorama de daños correspondiente a la fibula y el hueso calcáneo.

En el caso de la fibula, este hueso se encontraba mucho más fragmentado que el anterior. Pese a no presentar tantas zonas de erosión, se encontraba en un estado de disgregación más avanzado, algo que se evidenciaba especialmente en uno de sus extremos, una zona con una superficie más fracturada y con lagunas. En cuanto al calcáneo, no presentaba grandes daños estructurales, pero sí erosión de gran parte de su superficie.

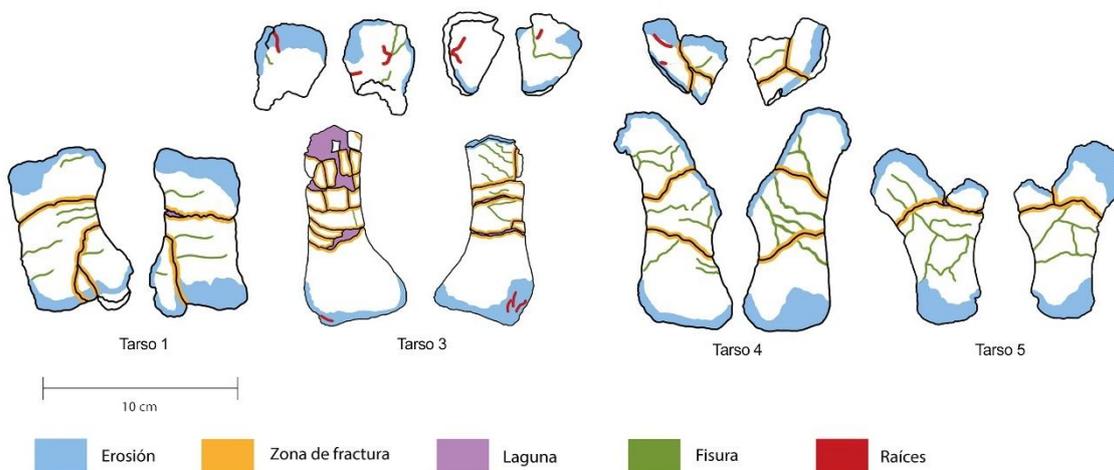


Figura 19 Diorama de daños correspondiente a los huesos del tarso.

En lo que respecta a los huesos del tarso, todos ellos se encontraban fracturados en mayor o menor medida, y presentaban erosión especialmente localizada en sus extremos. Era común también encontrar zonas de laguna, sobre todo en aquellos más largos, como los identificados como tarsos 3 y 4 (fig. 19).

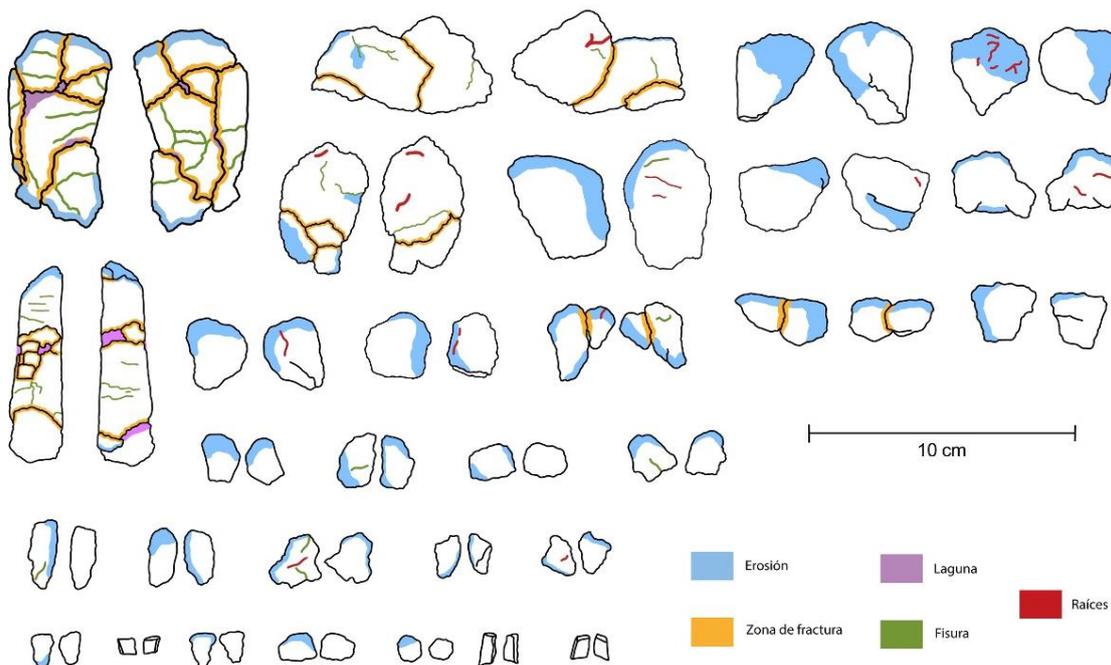


Figura 20 Diorama de daños correspondiente a los huesos descontextualizados.

Finalmente, en cuanto a los fragmentos descontextualizados, tan solo los más grandes presentaban fisuras y fracturas de mayor grado, y la mayoría de ellos se encontraban erosionados en alguno de sus lados.



### a) Concreciones terrosas y matriz de tierra.

Cada hueso estaba recubierto por una abundante capa de marga. Esta capa, por lo general, era bastante fina y no demasiado dura, por lo que dejaba a la vista la forma del hueso y era posible reconocer otras patologías, como las fisuras. No obstante, también era posible encontrar zonas en las que el sedimento era bastante más gruesos y duros y, como consecuencia, ocultaban parte del hueso.

Un caso diferente fue el de la tibia, puesto que había sido extraída en la excavación mediante el sistema de bloque, constituido por papel y escayola, por lo que todavía conservaba gran parte de la marga que lo englobaba.



Figura 21 Capa de marga cubriendo la superficie del hueso.



Figura 22 Bloque que contenía la tibia, todavía conservando la capa de yeso.

### b) Craqueladuras y fisuras.

Una patología común tanto en los huesos grandes como en los más pequeños era la red de fisuras que se encontraba de forma extendida por toda la superficie del hueso (fig. 23), lo cual ponía en grave riesgo la integridad estructural de las piezas. En la mayoría de casos se trataba de pequeñas redes de fisuras que tan sólo afectaban a la capa más externa del hueso. No obstante, pese a tratarse de fisuras leves, estas seguían suponiendo un peligro para la estructura, ya que en ocasiones llegaban a provocar el desprendimiento de pequeñas esquirlas de hueso. También era posible que estas redes de fisuras pudieran llegar hasta la parte más interna del hueso, que es más delicada, lo que llegaba a provocar la fragmentación y separación de algunos de los huesos.



Figura 23 Red de fisuras en la superficie de la fíbula.



Figura 24 Fractura de la fíbula.

Al tratarse de un material extraído de la tierra, es común encontrar pequeñas raíces dispersas entre los restos de sustrato, así como en algunas de las fracturas más evidentes. Como se ha comentado anteriormente, las raíces forman parte del grupo de factores de alteración biológicos. Una vez penetran



en el lecho de roca, estas pueden llegar hasta el hueso, provocando fisuras y roturas, como es el caso de la tibia y algunos de los huesos que estaban enterrados junto a ella. Estos se encontraban segmentados en dos o más partes, divididos por una raíz mucho más gruesa que las otras.



*Figura 25 Grieta en la tibia y otros huesos, provocada por una raíz.*

En referencia a este tipo de patologías, parece ser que algunas de las fracturas más graves que presentaban los huesos no existían en el momento en que llegaron al laboratorio, o al menos no de una forma tan evidente. Este aspecto afectaba especialmente a la tibia, que, tal y como se ha comentado, al inicio de la intervención se encontraba todavía preservada en la escayola. Una vez comenzó la intervención sobre el bloque de sustrato que contenía la tibia, pronto se hizo evidente que el hueso presentaba grandes fisuras que llegaban a dividirlo en varios fragmentos (fig. 26).

Así como algunas de las fracturas sí estaban provocadas por raíces, en este caso no se observó su presencia o la de otros elementos que pudieran provocar estas fisuras, por lo que se propuso que era probable que la patología ya existiese a menor escala antes de la extracción de los restos en forma de fisuras casi imperceptibles (fig. 27), y que estas pudieran haber empeorado por el paso del tiempo. Este hecho es algo común en los fósiles cuando sufren cambios drásticos tras su excavación. Cuando un hueso permanece enterrado, se encuentra en un ambiente húmedo y estable, situación que cambia al ser extraído, pasando a estar en un ambiente cambiante y más seco, lo que provocará contracciones en su estructura por la pérdida de humedad y, por lo tanto, roturas y fisuras como las comentadas.



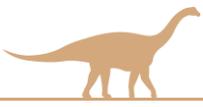
*Figura 26 Estado original de la tibia (Julio Company)*



*Figura 27 Estado actual de la tibia.*

### **c) Abrasión.**

Dadas las circunstancias del enterramiento, es habitual que los huesos fósiles sufran de desgaste y abrasión en algunas zonas. Este desgaste suele presentarse especialmente en las epífisis, es decir, los extremos de los huesos, ya que se trata de zonas con un hueso cortical mucho más delgado, lo que hace



que estas zonas sean más débiles y tengan menor resistencia ante situaciones de abrasión. Esto tiene como consecuencia que se deje al descubierto el hueso esponjoso del interior, lo que, de nuevo, pone en grave riesgo la estabilidad del hueso. Este es el caso de gran parte de los huesos que conforman el conjunto, que sufrían en mayor o menor medida de abrasión en sus extremos.



*Figura 28 Abrasión en los extremos de diferentes huesos, dejando a la vista el hueso interno.*

Además, observar el grado de abrasión de los fragmentos permite, en muchos casos, diferenciar las fracturas más antiguas de las más recientes, lo que hacía posible diferenciar los daños sufridos durante las primeras fases de su enterramiento de los que surgieron con posterioridad. Por un lado, las fracturas más antiguas presentaban bordes mucho más redondeados y suaves debido a la abrasión, mientras que las recientes, producidas durante la excavación de los restos o los cambios de humedad, presentaban bordes más definidos, limpios y rectos.



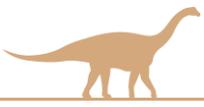
*Figura 29 Borde de fractura desgastado.*



*Figura 30 Bordos de fractura más recientes.*

#### **d) Deformaciones y aplastamiento.**

Cuando una entidad fósil se ve sometida a un proceso de enterramiento, es habitual que sufra una serie de cambios en su estructura. Debido a la humedad presente en el sustrato, los huesos serán reblandecidos y, por lo tanto, se verán más vulnerables. Esto, sumado a la presión ejercida por el peso y las capas de marga y roca que los cubren, provocarán una serie de movimientos y deformaciones en los huesos, que incluso podrían llegar a fracturarlos.



En el caso de los huesos de este conjunto, la gran mayoría sufrían de aplastamiento en mayor o menor medida. En el caso de los más pequeños sí es más evidente el deterioro provocado por estas fuerzas.



*Figura 31 Algunos de los huesos que sufrieron de deformaciones durante su enterramiento.*

#### **e) Lagunas y faltantes.**

Pese a que gran parte de los huesos del conjunto se encontraban en un estado bastante completo, todos ellos habían llegado a perder algún fragmento debido a su fragilidad, la abrasión sufrida durante el enterramiento.

Por lo general, las zonas más afectadas se encontraban en los extremos, es decir, la epífisis del hueso. No obstante, también era posible encontrar lagunas en otras zonas de los huesos, estando la mayoría de ellas junto a zonas de fractura.



*Figura 32 Faltantes en algunas zonas del hueso.*



## 7. CRITERIOS Y PLAN DE INTERVENCIÓN

### 7.1. Criterios de intervención y el Patrimonio Paleontológico.

Una vez estudiado el estado de conservación en el que se encuentra el conjunto óseo, es el momento en que se puede empezar a trazar un plan de intervención sobre el mismo. No obstante, además de tener en cuenta las condiciones en las que se encuentra el espécimen, es necesario establecer otros criterios y factores a la hora de decidir cómo actuar, como es el destino o finalidad del material. En este caso, se trata de un conjunto de fósiles que, por el momento, va a permanecer almacenado en los laboratorios del Departamento de Ingeniería del Terreno, con la finalidad de ser objeto de estudio e investigaciones, aunque existe la posibilidad de que en un futuro pudiera estar expuesto en las mismas instalaciones.

#### a) Valor cultural y valor científico.

A la hora de tratar objetos que posean algún valor histórico, cultural o científico, es necesario tomarlo como punto de partida a la hora de trazar un plan de intervención, puesto que cada caso concreto es diferente de otros y requiere sus propios criterios. Tal y como se ha comentado anteriormente, en el caso del patrimonio paleontológico prima especialmente el interés científico que poseen estas piezas, por lo que cada una de las intervenciones que se realicen sobre ellas deberán respetar este factor, es decir, obviar cualquier intervención que pudiera alterar futuros estudios o investigaciones.

Por otro lado, junto al valor científico existe un factor cultural o divulgativo, por el cual, cuando los restos fósiles se exponen, tienen como fin el de acercar esos conocimientos al público en general, que puede no estar tan familiarizado con este tipo de objetos<sup>39</sup>. De esta manera, la combinación de ambos factores implica que los criterios empleados, si bien deberán seguir siendo respetuosos con las piezas, también deberán tener como objetivo que estas puedan ser comprendidas y leídas por el público.

#### b) Conservación y Restauración: criterios de intervención.

Además de todos estos factores, específicos del patrimonio paleontológico, existen una serie de normas de actuación que se aplican de manera más extendida y habitual en todos los ámbitos de la Conservación y Restauración. Estas normas surgieron a partir de la publicación de la *Carta del Restaura*, en 1972, documento que se convirtió desde su publicación en un modelo de directrices para los restauradores a la hora de intervenir sobre el patrimonio<sup>40</sup>. Estos protocolos pueden resumirse en un único concepto: el de la mínima intervención. Este concepto está cimentado sobre el respeto al objeto, tratándolo como la pieza única que es, procurando que las intervenciones contribuyan a su preservación, procurando al mismo tiempo evitar ser dañinas o excesivas.

Junto con el concepto de la mínima intervención, existen tres puntos esenciales en los cuales se basarán todos los tratamientos y actuaciones sobre las piezas, conocidos como las “tres R”: respeto, reversibilidad y reconocimiento. En primer lugar, en las intervenciones de este carácter siempre ha de primar el respeto por el original, puesto que se trata de objetos únicos, de alto valor e interés que han de ser tratados con cuidado. Por otro lado, los procedimientos deberán tratar, en la medida de lo posible, de ser reversibles, con tal de que pudieran ser retirados en un futuro en caso de que fuera necesario, ya sea por problemas que surgieran por la propia intervención o que la pieza debiera ser intervenida de nuevo

<sup>39</sup> BAEZA CHICO, E.; MENÉNDEZ, S.; RODRIGO, A. (2009) *La reintegración en materiales paleontológicos. Criterios utilizados, justificación y propuestas de intervención en el Museo Geominero*. En: La Restauración del Siglo XXI. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2009, p. 216.

<sup>40</sup> CARRASCOSA, B. (2009) *La conservación y restauración de objetos cerámicos arqueológicos*. Editorial Tecnos, Madrid. p. 22.



en un futuro. Además, los tratamientos deberán mantener una distancia estética con respecto al original, con el fin de poder distinguirse fácilmente.

### c) **Objetivos de Desarrollo Sostenible y el Patrimonio Cultural.**

En el año 2015, durante la Asamblea General de las Naciones Unidas, se redactaron una serie de Objetivos por los cuales los líderes mundiales se marcaban una serie de metas de mejora social y protección del planeta. Estos Objetivos de Desarrollo Sostenible tenían un marco de tiempo de 15 años, y trataban áreas como la pobreza, el acceso a alimento y agua potables, o la protección del medio ambiente<sup>41</sup>.

Entre estos objetivos se encontraba el número 11: lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Este objetivo incluía una serie de metas, como lograr viviendas y servicios básicos, desarrollar sistemas de transporte seguros o reducir el impacto ambiental de las ciudades, entre otros. Además de dichas metas, este objetivo también incluía un apartado específico para el Patrimonio: redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo. Tal y como indica el propio título, se espera que se desarrollen una serie de planes y políticas que ayuden a preservar tanto el patrimonio cultural como el natural, así como lograr que se haga un buen uso de ellos, garantizando que sean un recurso eficaz y desarrollando planes de investigación y sensibilización con respecto al Patrimonio<sup>42</sup>.

Estas metas y objetivos van de la mano con aquello comentado en puntos anteriores, puesto que los protocolos de intervención sobre patrimonio cultural y paleontológico tienen como base el respeto al objeto que está siendo tratado, su protección y la difusión del mismo<sup>43</sup>.

## 7.2. Plan de intervención.

A la hora de preparar un plan de intervención sobre las piezas que ocupan este proyecto, se tuvieron en cuenta los criterios mencionados, con tal de que cada tratamiento estuviera lo mejor adaptado posible a las necesidades y características de cada pieza. Dado el estado de conservación en el que se encontraba, además del lugar en que iba a estar preservado y la finalidad del conjunto, el grueso de la intervención lo abarcarían los tratamientos de conservación mediante limpieza y consolidación. Además, dadas las características de cada hueso del conjunto, así como sus patologías o la gravedad de estas, los tratamientos de restauración aplicados se harán de manera individualizada, es decir, ajustándose a las necesidades de cada uno de los elementos.

### a) **Análisis y pruebas previas.**

En primer lugar, antes de comenzar a intervenir sobre las piezas, deberán realizarse una serie de pruebas previas, que tendrán como objetivo comprobar el estado de los restos fósiles, así como su reacción frente a la aplicación de distintos procedimientos y materiales. Este paso será fundamental para el proceso de intervención, y cimentará el enfoque de los tratamientos, puesto que estos dependerán de los resultados obtenidos durante las pruebas.

- Catas de solubilidad.
- Pruebas de limpieza mecánica con diferente instrumental.

---

<sup>41</sup> ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS: *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.

<sup>42</sup> CENTRO INTERNACIONAL DE ESTUDIOS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS BIENES CULTURALES: ODS 11.4: *Proteger el patrimonio cultural y natural del mundo*.

<sup>43</sup> Anexo 1: *Relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030*.



- Pruebas de solubilidad con ácido fórmico.

#### **b) Limpieza.**

A continuación, se planteará un tratamiento de limpieza, cuyo objetivo principal será eliminar la gruesa capa de marga que cubre, en mayor o menor medida, la superficie de cada uno de los huesos del conjunto, así como la retirada de las escayolas y vendas en las que todavía se encontraban preservados, de forma que se pueda sacar a la luz los restos óseos y que estos puedan ser reconocibles de mejor manera. El tratamiento deberá cimentarse en dos pilares fundamentales.

- Limpieza físico-mecánica: consiste en el empleo de disolventes junto con diversas herramientas de limpieza, como hisopos, cepillos de cerdas suaves o escalpelos y microtornos, con el fin de reblandecer y eliminar la capa de marga que cubre los huesos.
- Limpieza química: se trata del empleo de determinados productos químicos que reaccionarán con la matriz terrosa, haciendo más fácil su eliminación.

#### **c) Consolidación.**

Dada la fragilidad que presenta el tejido óseo, otro de los tratamientos indispensables será el de la consolidación, procedimiento que deberá llevarse a cabo en su totalidad, con el fin de asegurar la estabilidad estructural del conjunto. Este tratamiento se empleará teniendo en cuenta tanto la manipulación que sufrirá el conjunto durante todo el proceso de intervención, como el futuro que deparará a los restos, ya que deberá asegurarse su perdurabilidad en el tiempo una vez finalizado el proceso, cuando se encuentren almacenados o expuestos.

De este modo, es posible que en ocasiones sea necesario aplicar un tratamiento de pre-consolidación, cuyo objetivo será garantizar la estabilidad del conjunto durante el proceso de limpieza y su manipulación. Cuando dicho tratamiento haya finalizado, se podrá proceder a una consolidación más profunda.

Tanto la pre-consolidación como la consolidación se aplicarán de forma integral, dado el estado frágil del conjunto, y el producto se aplicará mediante goteo o impregnación, en disoluciones muy bajas que no superen el 10%.

#### **d) Montaje y reintegración.**

Una vez finalizados estos procedimientos, se valorará la adhesión de los fragmentos en aquellos huesos que lo permitan, así como la posible reintegración volumétrica y cromática de algunos faltantes, en caso de ser necesario. Este proyecto tiene, entre sus objetivos, realizar un estudio de diferentes materiales de reintegración volumétrica utilizando la propia matriz en la que se encontraban alojados los huesos, por lo que se harán diferentes pruebas para encontrar un estuco adecuado.

#### **e) Almacenamiento y conservación preventiva.**

Una vez finalizados todos los procesos de intervención, se preparará el conjunto para que pueda volver a ser almacenado, esta vez en contenedores más apropiados para las dimensiones de cada pieza.

Dado que controlar las condiciones climáticas o de humedad adecuadas en unas instalaciones destinadas a la formación académica puede resultar complicado, se tratará de que el conjunto sea resguardado de forma segura, con materiales que no alteren su estabilidad y puedan protegerlo del medio de la mejor manera posible durante su almacenamiento. Además, se aconsejarán una serie de pautas de conservación a seguir por parte del Departamento.



## 8. PROCESO DE INTERVENCIÓN.

### 8.1. Pruebas y análisis previos.

Antes de comenzar cualquier procedimiento, siempre es necesario realizar una serie de pruebas y análisis previos con tal de comprobar la resistencia del material frente a los diferentes productos y herramientas que se podrían utilizar durante las diferentes fases de la intervención. Estas pruebas tienen el fin de encontrar aquellos materiales con los que se obtendrán mejores resultados.

#### a) Pruebas de solubilidad con disolventes.

En primer lugar, se realizaron una serie de catas de solubilidad, cuyo objetivo era comprobar la efectividad de los diferentes disolventes o mezcla de ellos para hacer frente a la limpieza de los huesos. Para estas catas se emplearon los tres disolventes principales, agua, alcohol y acetona, además de dos mezclas 50-50% de agua junto con alcohol y acetona respectivamente, aplicados mediante hisopo. Para valorar cada disolvente se tuvieron en cuenta dos factores: la facilidad con la que retiraba la suciedad y el tiempo que tardaba en evaporarse.

DISOLVENTE	LIMPIEZA	EVAPORACIÓN
Agua	Elimina fácilmente la tierra	Lenta
Alcohol	Elimina la tierra con dificultad	Media
Acetona	Elimina la tierra con dificultad	Rápida
Agua y alcohol 50%	Elimina la tierra con dificultad	Media
Agua y acetona 50%	Elimina fácilmente la tierra	Media

Tabla 1 Comparativa de los resultados dados por los diferentes disolventes utilizados durante las catas.

Tal y como muestra la tabla, tanto el agua como la disolución de agua y acetona daban buenos resultados en cuanto a limpieza. No obstante, dado que ambos disolventes tenían un tiempo de evaporación algo lento, se decidió utilizar como agente de limpieza principal la acetona, acompañada de la disolución de agua y acetona en momentos puntuales. El motivo de esta decisión fue la fragilidad de la matriz del hueso, puesto que se encontraba en un estado precario y una exposición prolongada a la humedad podía poner en peligro su integridad, llegando a provocar su desintegración.

Junto con las catas de disolventes, también se hicieron varias pruebas con diversas herramientas de limpieza, como hisopos, pinceles, cepillos y el escalpelo. La dureza del hueso permitía el uso de cepillos y pinceles de cerda dura, por lo que estos, junto con los hisopos de algodón, se emplearían durante el procedimiento. El escalpelo también ofreció buenos resultados, pero se decidió que su uso sería puntual ya que, pese a tratarse de una superficie dura, se corría el riesgo de arañarla o dañarla.

#### b) Pruebas de solubilidad con ácido fórmico.

Uno de los métodos habituales en la eliminación de carbonatos presentes en la matriz es el empleo de ácidos, como por ejemplo el acético o el fórmico<sup>44</sup>. La aplicación de dichos ácidos sobre los carbonatos libera agua y dióxido de carbono, al mismo tiempo que crea una reacción exotérmica, provocando su disolución sin afectar al hueso subyacente.

<sup>44</sup> LEIGGI, P.; MAY, P. (2005) *Vertebrate paleontological techniques. Volume one*. Cambridge University Press, 2005, p. 155.



Conociendo la gran efectividad del ácido fórmico frente a los carbonatos, se decidió probar su eficacia sobre diferentes piezas. El primero era un fragmento de hueso que conservaba incrustaciones de roca, que se expuso al ácido mediante impregnación por empaco de algodón sobre las incrustaciones más duras durante un periodo de 5 minutos. Por otro lado, el segundo fragmento seleccionado fue un segmento de roca, que en este caso se sometió por inmersión en baño de ácido también durante 5 minutos. Ambas piezas se expusieron al ácido en una disolución del 8% en agua destilada.



Figura 33 Pruebas de ácido fórmico mediante empaco y baño.

Transcurrido el tiempo de aplicación que se había establecido, se neutralizaron los fragmentos mediante empaco de agua destilada en el primer caso y por baño de agua desmineralizada en el segundo. Los resultados fueron óptimos en ambos tratamientos, puesto que la matriz se deshacía fácilmente con la ayuda de un hisopo, aunque era posible encontrar zonas en las que sería necesario emplear herramientas algo más fuertes o incluso repetir el tratamiento hasta disolver las zonas de roca más compactada.

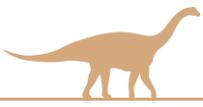
## 8.2. Limpieza.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante las catas, se empleó acetona y la mezcla de agua y acetona 50% durante la totalidad del proceso de limpieza. Ambos disolventes funcionaron de manera óptima, y permitieron la retirada de la capa de marga de la superficie. Asimismo, también se empleó ácido fórmico en momentos puntuales. Cada pieza y fragmento tratado se dejó secar por oreo como mínimo durante unas 24 horas, con el fin de garantizar su estabilidad mientras permaneciesen húmedas, ya que durante esos momentos su fragilidad es elevada. A continuación, se describen las acciones de limpieza llevadas a cabo en las diferentes piezas.

### a) Fíbula.

El procedimiento de limpieza de este hueso, que presentaba parte del sistema de extracción, se planteó en dos fases: la primera consistió en una primera limpieza de la superficie que se encontraba más al descubierto, con el fin de dar una mejor visibilidad del hueso, mientras que la segunda se centró en la retirada de la venda adherida con Paraloid B72, y una segunda limpieza, esta vez más completa, dedicada a la totalidad de la superficie.

La limpieza de la superficie del hueso no presentaba ningún tipo de dificultad, puesto que la matriz se podía eliminar fácilmente y los disolventes empleados ofrecían buenos resultados. A medida que se retiraba la marga, se fue consolidando la pieza poco a poco con una disolución de Paraloid B72 al 2-5% en acetona, con tal de garantizar su estabilidad durante el manejo, puesto que los fragmentos solían



desprenderse dada la gran cantidad de microfisuras que había por toda la superficie. Una vez quedó el hueso al descubierto, no se tardó en pasar a la segunda parte del proceso.

Dado que el hueso se encontraba seccionado en varios fragmentos y que su propio peso hacía que se fracturase más todavía, se decidió comenzar a eliminar el refuerzo de la extracción cortando la venda de escayola con ayuda del escalpelo, unos alicates y unas tijeras. De esta forma, se dividió la escayola en dos y se procedió a la retirada de los fragmentos óseos con ayuda de acetona y agua, reblandeciendo de paso la venda y facilitando la eliminación de esta sin causar daños a la superficie del hueso.



*Figura 34 Separación de la venda de escayola de uno de los fragmentos del hueso.*

Pese a que el empleo de la acetona y la disolución de agua tenía un buen efecto sobre la capa de marga, en alguna ocasión fue necesaria la aplicación de pequeños empacos de ácido fórmico al 8% en agua destilada con tal de disolver aquellas zonas de marga más compactadas, asegurando posteriormente la eliminación del ácido mediante neutralización con agua destilada.



*Figura 35 Empaco de ácido fórmico.*

Una vez terminado el proceso de limpieza, se apartaron los fragmentos de la fíbula y se guardaron provisionalmente mientras se continuaba la intervención con el resto del conjunto óseo.

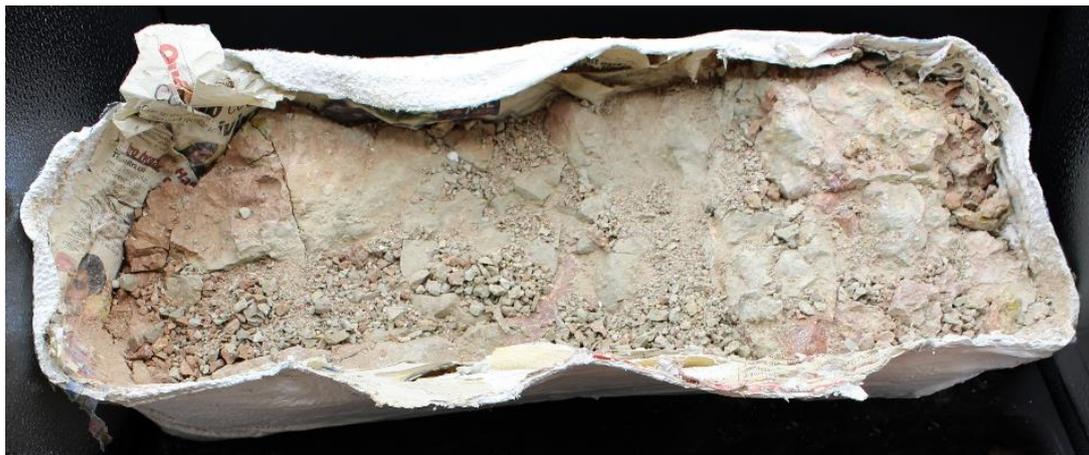


*Figura 36 Aspecto final de la fíbula tras la limpieza.*



## b) Tibia.

Para la limpieza de esta parte del conjunto se planteó un procedimiento similar al de la fíbula, pese a que en esta ocasión fue bastante más laborioso debido a la gran cantidad de matriz que contenía el bloque, así como a la densidad y la dureza de la capa de yeso. Al igual que se realizó con la fíbula, el proceso de limpieza se planteó en dos fases, una primera parte que constituiría la retirada de la marga en superficie y la limpieza de la cara visible del hueso, lo que lo dejaría a la vista, seguida de una segunda parte, que consistiría en la extracción del mismo del bloque de yeso además de una limpieza más completa.



*Figura 37 Bloque de sustrato en el que se encontraba incrustado el hueso.*

En primer lugar, dado que el hueso se encontraba totalmente insertado en el bloque de marga y yeso, fue necesario retirar toda la tierra con tal de sacarlo a la luz y tener una buena visibilidad del mismo. Este proceso se conoce como microexcavación<sup>45</sup>, y consiste en la retirada poco a poco de las capas de matriz que envuelven el objeto, en este caso el hueso, que fue extraído en bloque de la excavación original en el yacimiento. Al mismo tiempo, se iba rompiendo y retirando el sistema de extracción consistente en una gruesa capa de yeso y papel de periódico, mediante el empleo de una Dremel y unos alicates.

Este proceso debe realizarse del mismo modo en que se haría en una excavación a gran escala, de manera cuidadosa y delicada, puesto que junto con la marga que se va retirando del bloque, es habitual encontrar nuevos fósiles o fragmentos de los mismos, así como otros restos de interés, como son la malacofauna o pequeños restos de vegetación. Por este mismo motivo, según se iba extrayendo el sustrato, este se trató como una parte más del conjunto, por lo que iba siendo apartado y preservado para ser objeto de futuros análisis y estudios. Además, la marga sería empleada para los tratamientos de reintegración volumétrica, por lo que su conservación era esencial.

Poco a poco, este proceso comenzó a dejar a la vista la superficie del hueso y, tal y como se ha comentado, resultó ser uno de esos casos en los que la microexcavación dio lugar al descubrimiento de nuevos huesos y fragmentos de los mismos, que se encontraban enterrados junto a la tibia en la matriz. Para facilitar el reconocimiento de los huesos que conformaban el conjunto del bloque, se diseñó un sencillo diorama por colores, que destacaría cada uno de los huesos para hacer la visualización de los mismos mucho más sencilla.

---

<sup>45</sup> CARRASCOSA, B. (2009) *La conservación y restauración de objetos cerámicos arqueológicos*. Editorial Tecnos, Madrid, p 195.



Figura 38 Disposición de los nuevos huesos según fueron hallados en el bloque de escayola.

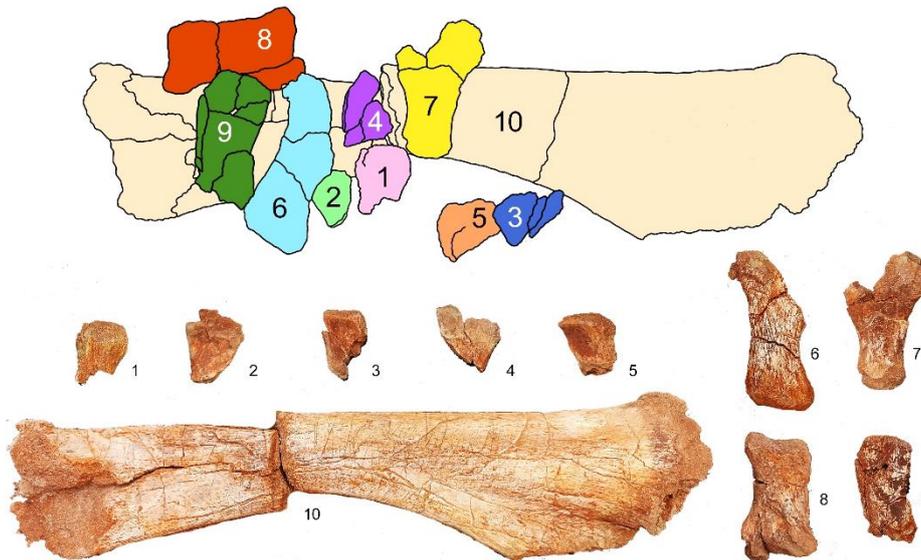


Figura 39 Diagrama de ubicación de los huesos descubiertos y su identificación.

Los huesos y fragmentos recién hallados en el bloque fueron retirados cuidadosamente uno a uno con el fin de poder seguir interviniendo la tibia, que tras la excavación al fin se encontraba más expuesta y el acceso a ella era más sencillo.



Figura 40 Tibia al descubierto tras la retirada de marga, los huesos encontrados y gran parte del bloque de yeso.



De este modo, el proceso continuó con la segunda parte, que consistía en la separación del hueso de la gruesa capa de yeso. Una vez se consiguió retirar, el hueso quedó exento de ella, mucho más a la vista y estando unido únicamente por una última capa, que consistía en una venda de escayola y una hoja de periódico adheridas a la superficie.

Para la retirada de dicha capa, se volteó el hueso y se fue levantando la venda poco a poco, humedeciendo la zona con agua y cetona. Para facilitar la tarea, dicha venda se cortó por la mitad en la zona en la que se dividía el hueso, al igual que se realizó anteriormente en el tratamiento con la fíbula.



Figura 41 Zona de corte de la venda adherida.



Figura 42 Cobertura de periódico y venda adheridos sobre la superficie del hueso ya separado.

Una vez retirada la capa final, fue posible proceder con la limpieza final del hueso, ya de una forma más completa e integral. Pese a que la eliminación de la capa de periódico y escayola permitió completar la limpieza final del hueso, también supuso la retirada de la sujeción de los fragmentos. Como consecuencia, una de las partes, que ya se encontraba previamente fragmentada, terminó separándose, quedando dividida en dos segmentos.



Figura 43 Limpieza con hisopo.

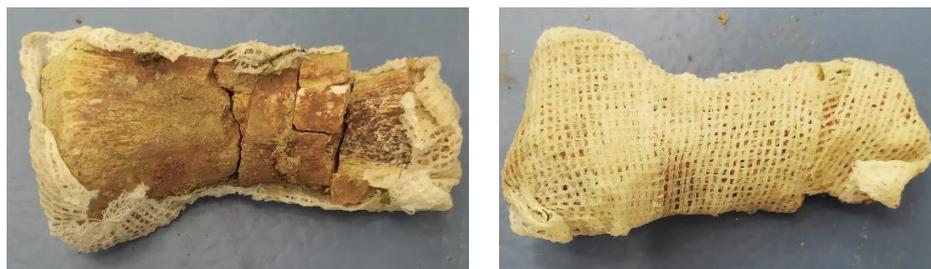


Figura 44 Fragmentación del hueso tras la retirada de la venda.

### c) Huesos del tarso y fragmentos sin identificar.

La limpieza de los huesos más pequeños se pudo desarrollar de la misma forma que se hizo con los huesos más grandes, empezando siempre por una limpieza mecánica con ayuda de acetona y la mezcla de acetona y agua, y, además, empleando puntualmente pequeños empacos de ácido fórmico al 8%. Destacando, además, que la limpieza de estos pequeños huesos también fue acompañada de un tratamiento pre-consolidativo.

Los huesos carecían de protección, a excepción de uno de ellos, que se encontraba preservado en un pequeño envoltorio de venda de escayola. Esta se retiró de igual manera que las vendas de los anteriores huesos, utilizando acetona para reblandecer y eliminar el adhesivo y dejando a la vista el hueso para completar su limpieza.



*Figura 45 Hueso cubierto por la venda adherida con Paraloid B72.*

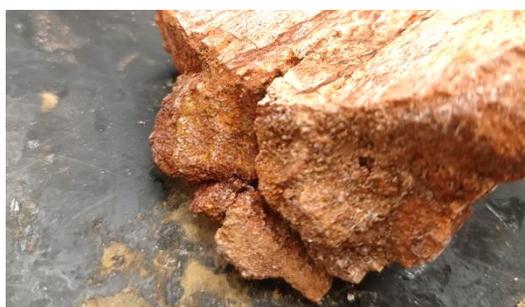
### 8.3. Tratamientos de consolidación.

Como se ha comentado brevemente en el apartado del plan de intervención, fue necesario que una parte de la consolidación del conjunto tuviera lugar al mismo tiempo que la limpieza, dado que la manipulación a la que iban a estar sometidos los huesos podría suponer un riesgo para su estabilidad. Esta pre-consolidación tendría como objetivo reforzar la materia ósea, que ya de por sí estaba muy debilitada, hasta que finalizase el proceso de limpieza, momento en que se pudiera proceder con una consolidación más completa.

A la hora de seleccionar un buen consolidante, es necesario buscar un producto que cumpla una serie de requisitos, como que proporcione una distribución homogénea, no suponga un efecto nocivo para la pieza o el restaurador o que no dificulte las tareas de limpieza y posibilite cierta reversibilidad<sup>46</sup>. Siguiendo estos parámetros, el consolidante seleccionado para el tratamiento del conjunto fue la resina acrílica Paraloid B72 en gránulos disuelta en acetona, ya que se trata de un producto de fácil preparación y buena reversibilidad, y cuenta con una buena capacidad de penetración si se prepara a menor proporción.

Durante la pre-consolidación realizada en la fase de limpieza se empleó una concentración de entre el 2 y el 5%, mientras que para la consolidación final se aumentó la concentración de forma gradual hasta el 10%. El tratamiento se aplicó de la misma forma en cada elemento del conjunto, aplicando el consolidante mediante impregnación a pincel y, en algunos casos, humectando previamente la zona con acetona para facilitar una mejor penetración del producto en el hueso.

Como se ha comentado, algunas de las piezas fueron sometidas a una pre-consolidación durante el tratamiento de limpieza, como sucedió en el caso de la fibula. Una vez finalizados dichos tratamientos, esta fue la primera pieza, empleando un porcentaje mayor de consolidante, pasando de un 2% a un 10%, y aplicándolo mediante impregnación. Se incidió especialmente en aquellas zonas más delicadas, como son las epífisis o las zonas cercanas a las fracturas.



*Figura 46 Consolidación de la epífisis de la fibula.*

<sup>46</sup> CARRASCOSA, B. (2009) La conservación y restauración de objetos cerámicos arqueológicos. Editorial Tecnos, Madrid, p. 117.



En segundo lugar, comenzó la intervención sobre la tibia. Del mismo modo que se hizo con la fíbula, se le aplicó un tratamiento pre consolidativo durante la limpieza. No obstante, en cierto momento se observó un cambio en los resultados de la limpieza, pues las nuevas zonas tratadas comenzaron a evidenciar un pasmado, circunstancia que coincidió con la apertura de una nueva botella de acetona. Este problema se logró subsanar descartando dicho producto y tratando los pasmados mediante hisopo humectado en acetona, esta vez proveniente de una nueva botella.



*Figura 47 Zonas afectadas por el pasmado, antes y después del empleo del nuevo producto.*

Una vez solucionado el incidente, se continuó con la limpieza y eliminación de la escayola hasta que fue posible voltear el hueso para eliminar la venda de escayola y dejarlo al descubierto. Fue en ese momento cuando, tras la limpieza, se continuó consolidando la cara del hueso que había estado cubierta.



*Figura 48 Consolidación de diferentes zonas de la tibia.*

Finalmente, se consolidaron el resto de huesos y fragmentos más pequeños, que en este caso no todos habían pasado por el proceso de pre-consolidación. El procedimiento fue el mismo que en los anteriores huesos empleando Paraloid B72 al 10% en acetona y aplicándolo mediante impregnación con pincel.



*Figura 49 Consolidación de uno de los huesos del tarso.*



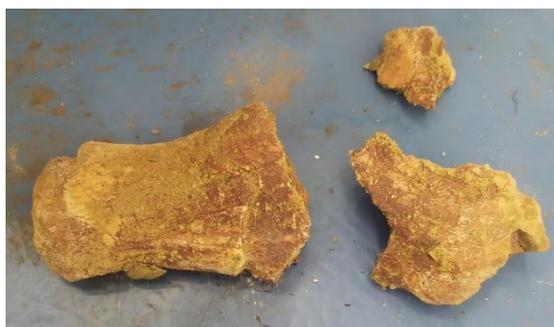
## 8.4. Montaje.

### a) Pre-montaje.

Antes de comenzar con el montaje y la adhesión de los fragmentos, sería necesario localizar el lugar al que correspondería cada uno, además de establecer el orden en que deberían ser adheridos, en caso necesario. Para ello, la reconstrucción de los fragmentos comenzaría con un pre-montaje, que tiene como objetivo analizar la forma de cada fragmento para vislumbrar de forma clara su ubicación y relación con otros fragmentos<sup>47</sup>.

El proceso de pre-montaje comenzó con la observación de los fragmentos, prestando atención a su forma y a los bordes de fractura de los mismos. A continuación, se estableció la relación entre aquellos que encajaban, utilizando como sistema de pre-montaje la adhesión de cintas celulósicas, con tal de tener una idea establecida del lugar al que pertenecía cada fragmento.

En primer lugar, se seleccionaron aquellos fragmentos que, por su ubicación con respecto a otros, se sabía con certeza que pertenecían al mismo hueso. Este fue el caso, por ejemplo, de la tibia y la fíbula, así como de algunos de los huesos tarsales hallados en el bloque de marga, ya que eran fácilmente reconocibles y podían asociarse rápidamente entre sí.



*Figura 50 Hueso tarsal fragmentado hallado en el bloque de marga.*

Una vez establecida la relación de esos huesos, se compararon con aquellos fragmentos del conjunto que habían sido preservados en alguno de los otros envoltorios, con tal de buscar alguna coincidencia más. Para lograrlo, se iba observando y comparando la forma de cada fragmento, con el objetivo de usar la forma del hueso como guía. Además, también se prestó atención a las zonas de fractura, ya que, aunque en muchos casos sufrían de abrasión, servían como guía. De esta forma, se pudo establecer la relación de dos de los pequeños fragmentos conservados en el bloque de marga con el fragmento de hueso tarsal número 3, previamente conservado en una venda de escayola.



*Figura 51 Fragmentos correspondientes a un hueso del tarso.*

---

<sup>47</sup> CARRASCOSA, B. (2009) La conservación y restauración de objetos cerámicos arqueológicos. Editorial Tecnos, Madrid, p. 126.



### b) Adhesión de fragmentos.

Una vez se tuvo clara la ubicación de cada fragmento, se dio paso a la adhesión de los mismos. Para ello, se empleó la resina acrílica Paraloid B72 disuelta al 50% en acetona. Además, como forma de asegurar la fijación de los fragmentos durante su adhesión, se añadieron pequeños refuerzos de cinta celulésica que los sujetaban, y se introdujo cada hueso en una caja de arena para mantenerlo en la posición deseada con presión continua durante su secado.



*Figura 52 Hueso tarsal 3 con refuerzo de cinta celulésica, apoyado sobre la cama de arena.*



*Figura 53 Fotos finales de los huesos y fragmentos adheridos.*



## 8.5. Reintegración volumétrica y cromática.

La reintegración volumétrica es el tratamiento por el cual se devuelve el volumen a las lagunas que presenta una pieza, pudiendo favorecer su estabilidad estructural, así como su comprensión. Esta volumetría se genera mediante la aplicación de una masilla o mortero en aquellos lugares en los que hay una pérdida de material, como lagunas o grietas, con el fin de aportar una mayor estabilidad estructural a las piezas<sup>48</sup>. Además de restablecer esta estabilidad a los objetos, también se trata de un procedimiento que tiene como objetivo facilitar la legibilidad de los mismos, algo que puede resultar útil en caso de que vayan a ser expuestos.

### a) Materiales empleados en reintegración volumétrica.

Cuando se habla de reintegración volumétrica suele abordarse como un procedimiento delicado, puesto que a lo largo de los años ha sido una parte de la intervención que no siempre se ha adaptado de forma adecuada a las necesidades de cada pieza paleontológica, debido a la inexistencia de una metodología específica, empleando criterios y materiales derivados del campo de la Arqueología. Estos criterios desafiaban, en muchas ocasiones, los principios básicos de la Conservación y Restauración, desde el empleo de materiales dañinos, poco apropiados para las características del material fósil, hasta prácticas llevadas a cabo sin cuidado o preparación<sup>49</sup>.

Entre las masillas de relleno que se han empleado tradicionalmente en la reintegración de materiales fósiles se encuentran aquellas preparadas a base de escayola, Polyfilla, cera o lacre, masilla de vidrieros o morteros de PVA, entre otros. Como consecuencia, las prácticas anteriormente mencionadas junto con el empleo de dichos materiales han dado lugar a una gran cantidad de problemáticas en cuanto a reversibilidad y daños estructurales en los fósiles, desde movimientos de contracción, sales, o roturas, además de aquellos problemas derivados de la baja calidad de los materiales, como pérdida de cohesión, pulverulencia o cambios de volumen, agrietamientos y amarilleamientos<sup>50</sup>.

Es por ello que existe la necesidad de buscar nuevas alternativas para este tipo de tratamientos, ampliando las posibilidades en masillas que se adapten a las necesidades de las piezas fósiles, empleando materiales lo menos nocivos posibles, de fácil reversibilidad y que mantengan una coherencia estética con el original, de respeto y reconocimiento<sup>51</sup>. Actualmente, han surgido numerosos estudios al respecto, evaluando diferentes tipos de productos destinados a la reintegración volumétrica, y que realizan los propios restauradores.

Los morteros sintéticos preparados en la actualidad se adaptan mejor a las necesidades de los fósiles, pues se caracterizan por ser estucos menos duros que el material original, por lo que no producen fisuras, además de ser completamente reversibles y no ser higroscópicos. Estos morteros se preparan con una base de resina y una adición de diversas cargas. También es posible emplear morteros menos reversibles con la aplicación de un estrato intermedio que separe el original de la intervención. Entre estos morteros se encuentran aquellos preparados con resinas epoxídicas, como son los fabricados por el propio restaurador o las masillas ya comercializadas, como el Araldit Madera.

---

<sup>48</sup> MARCOS, F. (2019) *La conservación de material paleontológico: la colección de Lo Hueco*. Universidad Nacional de Educación a Distancia, p. 78.

<sup>49</sup> BAEZA CHICO, E.; MENÉNDEZ, S.; RODRIGO, A. (2009) *La reintegración en materiales paleontológicos. Criterios utilizados, justificación y propuestas de intervención en el Museo Geominero*. En: *La Restauración del Siglo XXI*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2009, p. 209-213.

<sup>50</sup> MARTÍNEZ, T.; CARRASCOSA, B. (2015) *Estudio del comportamiento físico-mecánico en seis masillas de relleno y sellado para la reintegración formal en material fósil*. Universitat Politècnica de València, pp. 43-45.

<sup>51</sup> ANDREW, K. (2009) *Gap fills for geological specimens – or making gap fills with Paraloid*. En: *NatSCA News*, 16, pp 42-43.



## b) Análisis de materiales.

Antes de comenzar con la reintegración volumétrica siempre es necesario hacer una serie de ensayos en los que se probará la idoneidad de diferentes materiales, con tal de encontrar el más adecuado para la intervención. Para ello, se seleccionarán una serie de materiales, como resinas, áridos o cargas que, por sus características, se espera que den buenos resultados durante la experimentación. En este caso, como conglomerante de los morteros se seleccionaron dos tipos de resina, la resina acrílica Paraloid B72 y la resina vinílica Mowithal B60HH, ambos materiales altamente empleados en la materia como consolidantes o parte de una masilla de relleno<sup>52</sup>.

- Paraloid B72: se trata de una resina acrílica a base de etil-metacrilato. Es un material empleado con frecuencia en restauración arqueológica y paleontológica como consolidante, así como a modo de resina conglomerante en la preparación de masillas. Se trata de un producto con óptima dureza, que no presenta amarilleamiento y es altamente reversible<sup>53</sup>. Esta resina es soluble en disolventes como cetonas, ésteres, hidrocarburos aromáticos y clorurados<sup>54</sup>.
- Mowithal B60HH: se trata de un polímero de vinibutiral, una resina vinílica también muy demandada en restauración arqueológica. De igual modo, se trata de un material con buena resistencia y una alta reversibilidad empleando alcohol y acetona, así como un buen comportamiento en cuanto a amarilleamiento<sup>55</sup>.

Por otro lado, para la carga de la masilla se pueden utilizar diversos tipos de áridos, pero en este caso se decidió emplear la propia matriz terrosa en la que fue hallado el conjunto de restos óseos. Dadas las características del terreno, la matriz presentaba diferentes tonalidades, lo que podía dar lugar a la preparación de masillas de diferente color, por lo que se decidió que se separaría en dos tonos para la preparación de las distintas probetas.

Finalmente, se consideró además el empleo de microesferas de vidrio. Compuestas principalmente por silicio, se trata de unas esferas con aspecto de polvo blanco, de un tamaño entre 0-50  $\mu\text{m}$ . Las microesferas se han empleado como parte de los morteros de relleno en restauración de cerámica y vidrio, y su función es la de reducir la absorción de humedad, mejorar la trabajabilidad y aligerar la masilla<sup>56</sup>.



Figura 54 Aspecto de las microesferas de vidrio bajo el microscopio.

<sup>52</sup> MARTÍNEZ, T.; CARRASCOSA, B. (2015) *Estudio del comportamiento físico-mecánico en seis masillas de relleno y sellado para la reintegración formal en material fósil*. Universitat Politècnica de València, p. 56.

<sup>53</sup> ANDREW, K. (2009) *Gap fills for geological specimens – or making gap fills with Paraloid*. En: NatSCA News, 16, p. 43.

<sup>54</sup> CTS ESPAÑA: *Paraloid B72*.

<sup>55</sup> CTS ESPAÑA: *Mowithal B60HH*.

<sup>56</sup> BEXOUX, V (2008) *Utilisation des mousses et des pâtes syntactiques pour combler les lacunes des poteries archéologiques*. En: CeROArt (en línea) 2, 2008.



### c) Preparación de las muestras.

En primer lugar, se debía seleccionar y preparar el árido. Como se ha comentado, la matriz presentaba diferentes coloraciones y tonalidades, por lo que era posible encontrar fragmentos de tierra de color grisáceo o verde y otros con una tonalidad más rojiza. Ya que la intención del proyecto era emplear la matriz del conjunto, se dividió la matriz según su coloración, pulverizándola por separado.



*Figura 55 Separación de la marga según su color.*

Para el molido de la marga, se empleó un mortero cerámico manual, en el que se iban introduciendo y moliendo poco a poco los fragmentos. Una vez estaban lo suficientemente triturados, se cernían en un tamiz de 0'04 mm, dejando en la parte inferior un árido muy fino que se guardó en recipientes separados por color. Al seleccionar una granulometría tan fina para el árido, se obtendría un mortero más homogéneo y menos granuloso.



*Figura 56 Molido de la matriz fósil mediante mortero.*



*Figura 57 Tamizado de la matriz fósil pulverizada.*



Figura 58 Margas pulverizadas.

Una vez preparados los componentes para la elaboración de las masillas, se establecieron las cantidades que compondrían cada una de ellas<sup>57</sup>. En este caso, se prepararían dos tipos de probetas diferentes, unas aplicadas en forma de láminas finas y otras con algo más de volumetría, de tal manera que se aprecien las características de cada mortero. De esta forma, las proporciones de cada probeta fueron las siguientes:

- Láminas finas.
  - o 1 g de Paraloid B72 (25% en acetona), 2 g de matriz y 2 g de microesferas de vidrio.
  - o 0'8 g de Mowithal B60HH (25% en etanol), 1'6 g de matriz y 1'6 g de microesferas de vidrio.
- Probetas con volumen.
  - o 2 g de Paraloid B72 (25% en acetona), 4 g de matriz y 4 g de microesferas de vidrio.
  - o 1'6 g de Mowithal B60HH (25% en etanol), 3'2 g de matriz y 3'2 g de microesferas de vidrio.

Para las pesadas de las diferentes cargas se empleó una balanza de precisión Mettler PC440, modelo Delta Range, y se prepararon los 4 tipos de cargas que conformarían las distintas probetas. En primer lugar, se mezclaban las cargas secas, y, a continuación, se añadían poco a poco a la resina correspondiente, amasando la mezcla y procurando no dejar grumos o burbujas de aire, hasta lograr una pasta homogénea.



Figura 59 Mezcla del árido y las micro esferas de vidrio.



Figura 60 Amasado del árido junto con la resina.

<sup>57</sup> MARTÍNEZ, T.; CARRASCOSA, B. (2015) *Estudio del comportamiento físico-mecánico en seis masillas de relleno y sellado para la reintegración formal en material fósil*. En: EMERGE 2016 Jornadas de Investigación Emergente en Conservación y Restauración de Patrimonio, p. 96.



Una vez preparada cada masilla, se aplicaba en la forma correspondiente: una por espatulado sobre un azulejo, de manera que la masilla no superase un grosor de unos 2 mm, y la otra aplicada por molde, obteniendo esta vez probetas de unos 5 mm de grosor. De esta forma se comprueba el comportamiento de cada una, exigencia que viene requerida con el tipo de reintegración a realizar, bien sea para reintegrar fracturas o para lagunas.



Figura 61 Probetas de los diferentes morteros. Láminas y probetas con volumen.

Finalmente, una vez fraguadas las probetas, fueron sometidas a una serie de pruebas que determinarían su idoneidad a la hora de ser trabajadas. Estas pruebas consistirían en valorar su comportamiento frente al lijado y nivelado de cada masilla, así como su resistencia frente a los disolventes.



Figura 62 Prueba de humectación con disolvente.

#### d) Resultados.

Como se ha comentado, a la hora de elegir un estuco de reposición adecuado, deberán tomarse en cuenta una serie de parámetros<sup>58</sup> para determinar su idoneidad con el material original. Estos parámetros compararán las propiedades de cada uno de ellos, como son:

<sup>58</sup> MARTÍNEZ, T.; CARRASCOSA, B. (2015) *Estudio del comportamiento físico-mecánico en seis masillas de relleno y sellado para la reintegración formal en material fósil*. Universitat Politècnica de València, p. 53.



- Estabilidad frente a los agentes ambientales.
- Compatibilidad con la pieza y los materiales empleados durante la intervención.
- Buena resistencia estructural y dureza, aunque no mayor a la del material fósil.
- Fácil preparación y buena aplicación, que sea trabajable y facilite el modelado durante su secado.
- Mínima contracción del volumen o agrietamiento durante los tiempos de secado.
- Facilidad para el pulido o nivelado.
- Que permita el retoque cromático, ya sea en adición de pigmento como carga o mediante retoque a seco.
- Nula o baja toxicidad.

Una vez finalizada la experimentación, se recogieron los siguientes parámetros y se dispusieron en una tabla con tal de comparar los resultados.

	Paraloid B72 25% en acetona (20%) + Mic. Vidrio (40%) + matriz fósil (40%)	
	Mortero 1: marga gris	Mortero 2: marga roja
Preparación	Sencilla, amasado difícil.	Sencilla, amasado más fácil que la gris.
Trabajabilidad	Algo dificultosa, demasiado compacto.	Algo dificultosa, demasiado compacto.
Aplicación	Sencilla dado su espesor, moldeable.	Sencilla dado su espesor, moldeable.
Secado	Medio. En 1 hora endurecido, aunque gomoso. En 3-4 horas fraguado.	Medio. En 1 hora endurecido, aunque gomoso. En 3-4 horas fraguado.
Adhesión	Buena.	Buena.
Resistencia	Alta, reblandecimiento al aplicar acetona.	Alta, reblandecimiento al aplica acetona.
Dureza	Media.	Media.
Variación de volumen o grietas	Ligero encogimiento durante el secado.	Ligero encogimiento durante el secado.
Nivelado o pulido	Algo difícil.	Algo difícil.
Color	Ligeramente más oscuro que la matriz original.	Ligeramente más oscuro que la matriz original.
Toxicidad	Baja.	Baja.

Tabla 2 Tabla de resultados de los morteros de Paraloid B72.

Tal y como se muestra en la tabla, los morteros preparados con Paraloid B72 dieron, por lo general, buenos resultados. Si bien su preparación puede ser algo dificultosa debido a la rapidez de secado de la resina, se trata de morteros maleables, resistentes y con una buena adherencia. En cuanto a su reacción tras el fraguado, parece que experimentan un ligero retraimiento, especialmente en los morteros con algo más de volumen. Por otro lado, permiten el pulido y el nivelado.

Además, se trata de morteros preparados con acetona, disolvente de baja toxicidad, por lo que no presentan un gran peligro para el restaurador siempre y cuando se respeten las normas de seguridad y no se exponga en tiempos prolongados.



	<b>Mowithal B60HH 25% en etanol (16%) + Mic. Vidrio (42%) + matriz fósil (42%)</b>	
	<b>Mortero 3: marga gris</b>	<b>Mortero 4: marga roja</b>
Preparación	Sencilla, fácil amasado.	Sencilla, fácil amasado.
Trabajabilidad	Fácil, mortero fluido y homogéneo.	Fácil, mortero fluido y homogéneo.
Aplicación	Fácil y maleable.	Fácil y maleable.
Secado	Lento. Se seca de fuera hacia adentro y en unas 24 horas está fraguado por completo.	Lento. Se seca de fuera hacia adentro y en unas 24 horas está fraguado por completo.
Adhesión	Buena.	Buena.
Resistencia	Alta, disgregación al aplicar etanol.	Alta, disgregación al aplicar etanol.
Dureza	Media, algo más débil que los morteros de Paraloid B72.	Media, algo más débil que los morteros de Paraloid B72.
Variación de volumen o grietas	No presenta.	No presenta.
Nivelado o pulido	Fácil, ligero cambio de color al lijado.	Fácil, ligero cambio de color al lijado.
Color	Ligeramente más oscura que la marga original, no tanto como el Paraloid B72	Ligeramente más oscura que la marga original, no tanto como el Paraloid B72
Toxicidad	Baja.	Baja.

*Tabla 3 Tabla de resultados de los morteros de Mowithal B60HH.*

En cuanto a los morteros preparados con Mowithal, estos dieron mejores resultados que los preparados con Paraloid B72. Se trata de masillas de fácil preparación, que resultaban en una textura mucho más fluida y homogénea, lo cual permitía una mejor trabajabilidad. Su aplicación era fácil y maleable, con buena adherencia, aunque en este caso el fraguado era mucho más lento. En lo que respecta a las observaciones tras el fraguado, los morteros no presentaron ningún tipo de retraimiento o agrietamiento. Por otro lado, también presentaban una buena resistencia, aunque eran menos duros que los de Paraloid B72, y tenían una tonalidad más óptima. En cuanto a su toxicidad, se trata de morteros inocuos debido a la baja toxicidad de los componentes, pero era necesario respetar unas normas mínimas de exposición del mismo modo que ocurría con los anteriores.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante la experimentación, se consideró que las masillas preparadas con la resina Mowithal B60HH daban, por lo general, mejores resultados que aquellas obtenidas con Paraloid B72. Eran morteros con una mejor trabajabilidad, buena fluidez y acabados. Además, su menor dureza y fácil eliminación los hace óptimos para la reintegración de material fósil.

Finalmente, otro aspecto muy importante que prevaleció en la elección de esta masilla fue el de asegurar la estabilidad de la pieza en el futuro frente a posibles nuevos tratamientos de intervención. Debe tenerse en cuenta que, dado que los tratamientos de consolidación del conjunto se realizaron con Paraloid B72, si esta resina hubiera sido la seleccionada para la preparación de las masillas y en un futuro hubiese que eliminar las reconstrucciones volumétricas, se correría el riesgo de eliminar y/o debilitar las consolidaciones, perjudicando así la integridad de la pieza. De este modo, al tratarse de una resina disuelta en etanol, se garantiza también la reversibilidad, pero única y exclusivamente de la reintegración volumétrica, sin afectar a las consolidaciones realizadas.



### e) Aplicación del mortero.

Tal y como se ha comentado, la reintegración volumétrica en el ámbito paleontológico es un proceso en el que hasta hace unos años no se empleaba ningún tipo de criterio. Además de las problemáticas anteriormente mencionadas, más asociadas a los materiales empleados, era común que las técnicas tampoco fuesen las adecuadas, aplicando los morteros de cualquier manera, de formas poco cuidadas o que incluso llegasen a cubrir más allá de la laguna<sup>59</sup>.

En el caso de este conjunto, se optó por una intervención de reintegración dedicada exclusivamente a preservar la estabilidad estructural de cada pieza. Dado que se trata de piezas que serán empleadas para estudio, es necesario que cada hueso pueda ser manipulado de forma segura. Teniendo esto en cuenta, la reintegración volumétrica se aplicó en aquellos fragmentos o piezas que, por las características de sus lagunas, corrían algún riesgo de padecer fracturación, desprendimientos o algún daño consecuente de su manejo.

Como ejemplo de lo comentado, se expone uno de los segmentos de la tibia. Tras la adhesión de los fragmentos, quedó una evidente abertura entre ambas partes, fruto de la disgregación del hueso interno, poniendo en peligro la estabilidad de la pieza.



*Figura 63 Fragmento de la tibia seleccionado para la reintegración volumétrica.*

Otro de los casos corresponde al extremo de la fíbula, pues la disgregación que presenta puede seguir avanzando con la futura manipulación.



*Figura 64 Epífisis de la fíbula a reintegrar.*

---

<sup>59</sup> BAEZA CHICO, E.; MENÉNDEZ, S.; RODRIGO, A. (2009) *La reintegración en materiales paleontológicos. Criterios utilizados, justificación y propuestas de intervención en el Museo Geominero*. En: *La Restauración del Siglo XXI*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2009, p. 212-213.



Finalmente, se muestran tres de los cuatro huesos del tarso y uno de los fragmentos descontextualizados. Pese a presentar una buena estabilidad general, algunos de los fragmentos requerían de algún soporte para su estabilidad.



*Figura 65 Huesos en un estado óptimo para la reintegración volumétrica.*

Para la aplicación de los morteros se emplearon dos procedimientos: el espatulado y la inyección. El primero se emplearía para la aplicación del mortero en aquellas lagunas que se encontraban más expuestas y eran de fácil acceso. Por otro lado, la inyección se empleó en aquellas lagunas que, debido a su profundidad, no era posible acceder a ellas con la espátula.

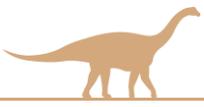


*Figura 66 Aplicación del mortero mediante espatulado e inyección.*

Finalmente, se lijaron aquellas zonas sobrantes con tal de dejarlas al mismo nivel que la superficie del hueso, con lo que concluiría la intervención del conjunto.



*Figura 67 Aspecto de las reintegraciones tras el lijado.*



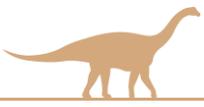
### 8.6. Fotografías finales.



*Figura 68 Tibia antes de la adhesión y la reintegración volumétrica.*



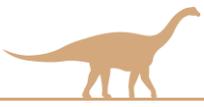
*Figura 69 Tibia al finalizar la intervención.*



*Figura 70 Fibula y calcáneo antes de la adhesión y la reintegración volumétrica.*



*Figura 71 Fibula y calcáneo al finalizar la intervención.*



*Figura 72 Huesos tarsales antes de la reintegración volumétrica.*



*Figura 73 Huesos tarsales al finalizar la intervención.*



*Figura 74 Estado inicial y final de la intervención.*



### 8.7. Almacenamiento y conservación preventiva.

Toda intervención de Conservación y Restauración siempre tendrá como objetivo la preservación de los objetos. Es por ello que la labor del restaurador no termina con el fin de la intervención de la pieza, sino que su responsabilidad se extiende hacia todo aquello que concierne al mantenimiento de los objetos y las manipulaciones, así como su integridad durante su posterior almacenaje y/o exposición<sup>60</sup>.

Dichas medidas de protección abarcan toda actuación indirecta sobre las piezas, medidas que, por lo general, incluyen dos áreas de actuación, desde el embalaje y protección de las piezas y su identificación, hasta el desarrollo de un plan de conservación preventiva mediante el control medioambiental.

#### a) Embalaje y almacenamiento.

La preparación de un buen sistema de embalaje será un punto crucial en la preservación de los objetos, puesto que se trata de protegerlos tanto a nivel físico, como químico o biológico. Cada sistema de embalaje dependerá esencialmente del objeto y sus condiciones, por lo que este deberá estar adaptado a ello<sup>61</sup>. En este caso, el sistema de embalaje seleccionado consistió en la fabricación de una caja nido de poliestireno. Se trata de un material estable y aislante, no abrasivo y que ofrece una buena protección, al mismo tiempo que es compatible con el material fósil.

En primer lugar, se seleccionó una plancha de poliestireno de 10 cm de grosor, y cuyo tamaño era lo suficientemente grande para albergar todo el conjunto óseo intervenido. Para elaborar la caja, primero se tomaron las medidas de cada elemento para obtener así una medida aproximada del total de la superficie expositora necesaria. En segundo lugar, se procedió a diseñar el orden de ubicación que tendrá cada pieza. Para ello, se dispusieron los distintos elementos fósiles sobre la superficie de poliestireno, dejando una separación de unos 3 o 4 centímetros entre ellos. Una vez establecido y compuesto el orden de colocación, se trazaron los contornos de las piezas.

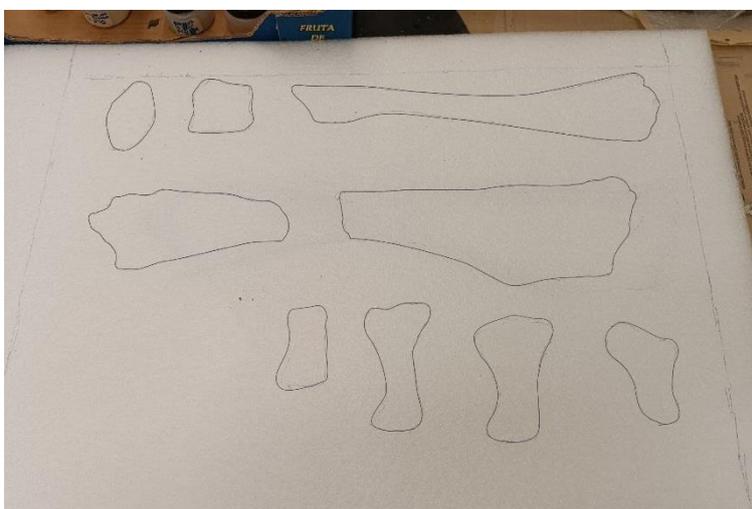


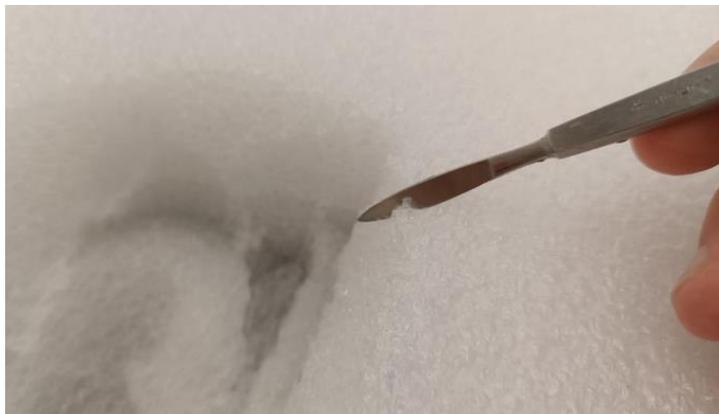
Figura 75 Trazado del contorno de los huesos sobre la superficie de poliestireno.

<sup>60</sup> CARRASCOSA, B. (2009) *La conservación y restauración de objetos cerámicos arqueológicos*. Editorial Tecnos, Madrid, p. 203.

<sup>61</sup> *Ibid.*: p.207.

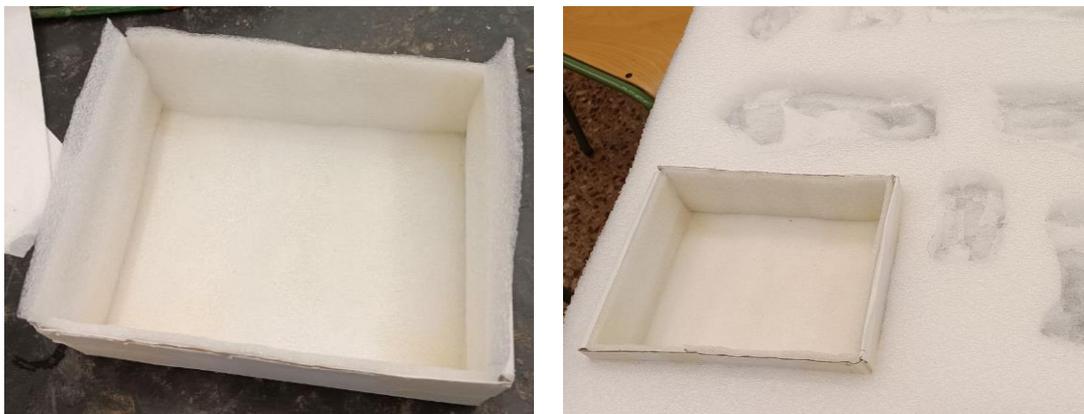


A continuación, se vació el espacio interior que correspondía a cada elemento con la ayuda de un bisturí, logrando huecos de no más de 5 cm de profundidad, siempre tomando como referencia la forma y volumetría de cada hueso para poder apoyarlos sin que se vieran sometidos a ningún tipo de presión o tensión que pudiera quebrarlos.



*Figura 76 Vaciado de la caja de poliestireno.*

En el caso de los fragmentos más pequeños y descontextualizados, se optó por ubicarlos en una caja independiente donde almacenarlos, que se insertó en un hueco a medida en la bandeja del contenedor de poliestireno. A dicha caja también se le adecuó un recubrimiento interior de Cell Aire, una lámina de espuma de polietileno, a modo de protección para los fragmentos.



*Figura 77 Fabricación de la caja y colocación en el contenedor de poliestireno.*

Una vez finalizado este primer contenedor de poliestireno, se planteó la fabricación de un segundo contenedor exterior a modo de protección final. En este caso, se empleó una caja de cartón adaptada a las medidas del conjunto. Pese a que el uso del cartón no está recomendado debido a su alta higroscopicidad y baja resistencia<sup>62</sup>, este contenedor exterior tan solo servirá como contenedor de almacenamiento temporal hasta que sea posible encontrar un mejor emplazamiento en el Departamento de Ingeniería del Terreno.

---

<sup>62</sup> CARRASCOSA, B. (2009) *La conservación y restauración de objetos cerámicos arqueológicos*. Editorial Tecnos, Madrid, p. 210.



Para la confección de la caja, se tomaron las medidas del contenedor de poliestireno, para después delimitar la lámina de cartón, sobre la que se dibujaría la plantilla. Dado que el contenedor tenía unas dimensiones de 52 x 72 x 10 cm, la caja debería ser un poco más grande, por lo que sus medidas serían de 53 x 71 x 10 cm, mientras que para la fabricación de la tapa se aumentó el tamaño de la plantilla en 1 cm.

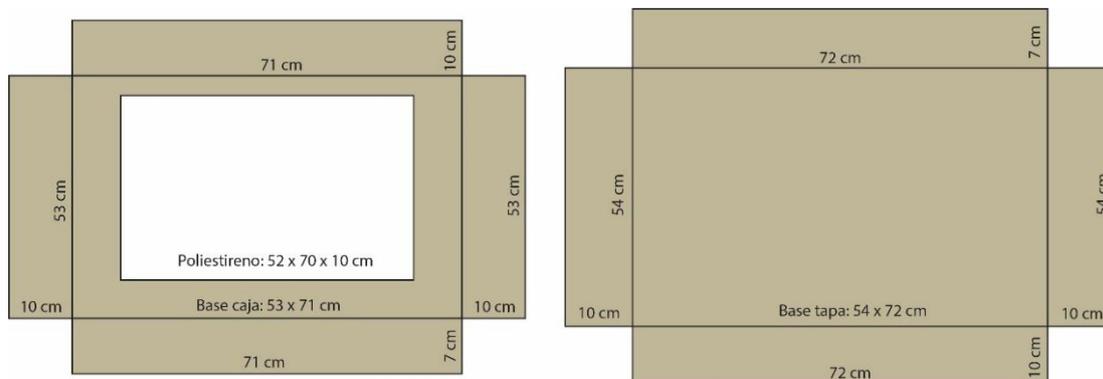


Figura 78 Plano y medidas del contenedor de poliestireno, la base del contenedor exterior y la tapa.

A continuación, se cortó la forma de la caja y se fueron doblando los laterales con cuidado, juntando las esquinas con ayuda de cinta celulósica. Una vez finalizada, se colocó el contenedor de poliestireno en su interior, y se colmató el interior con poliestireno por los bordes, con el fin de proteger y aislar correctamente las piezas de la higroscopicidad del material. Finalmente, se depositaron las piezas en su interior.



Figura 79 Interior del contenedor de almacenamiento, con las piezas ya depositadas.

### b) Etiquetado y fichas técnicas.

Una parte fundamental del almacenamiento de todo objeto es su etiquetado, ya que será aquello que permita su correcta identificación, reuniendo toda la información importante a simple vista. Para ello, se diseñaron dos etiquetas en las que aparecería el número de inventario correspondiente a cada pieza, así como su procedencia y una foto del contenido de la caja, las especificaciones de inflamabilidad, delicadeza y la posición en la que debía mantenerse. Dichas etiquetas se colocaron tanto en la parte superior de la tapa como en el interior del contenedor.



CH-1346	CH-1349	CH-1352
CH-1347	CH-1350	CH-1353
CH-1348	CH-1351	CH-1354
Procedencia: Chera LC2 4-15		Fecha: 05/05/2015

Figura 80 Etiquetas del contenedor de almacenamiento.



Figura 81 Interior y exterior del contenedor de almacenamiento con las etiquetas.

Cabe destacar también que durante el desarrollo de la intervención se elaboraron una serie de fichas técnicas que especificarían las condiciones de cada elemento del conjunto, así como los tratamientos que se les han aplicado<sup>63</sup>. Dichas fichas técnicas se pusieron a disposición del Departamento de Ingeniería del Terreno una vez finalizado este proyecto.

### c) Directrices ambientales para la conservación preventiva.

Para garantizar la buena preservación de los objetos, las salas o lugares de almacenamiento deberán cumplir con ciertos requisitos de limpieza y orden. Del mismo modo, deberán contar con sistemas que permitan tener cierto control sobre la temperatura y la humedad, como la instalación de termómetros e higrómetros, sistemas de control de la humedad o extractores<sup>64</sup>. En el caso de los materiales paleontológicos, se recomienda que las condiciones de humedad no oscilen más allá del 45-55%, y la temperatura idónea debería mantenerse entre los 16-24°C.

<sup>63</sup> Anexo 2: fichas técnicas.

<sup>64</sup> CARRASCOSA, B. (2009) *La conservación y restauración de objetos cerámicos arqueológicos*. Editorial Tecnos, Madrid, p. 217-218.



## 9. CONCLUSIONES

---

Este trabajo Final de Máster ha logrado llevar a término su objetivo principal, que consistía en la intervención conservativa de un conjunto de fragmentos fósiles pertenecientes al saurópodo titanosaurio *Lirainosaurus sp.*

Para ello, se investigó el espécimen y se realizó un estudio previo que atendería al contexto histórico y geológico del mismo, así como a las características del enterramiento y los procesos de fosilización.

Estos estudios previos facilitaron un posterior diagnóstico y evaluación del estado de conservación en el que se encontraba el conjunto. Gracias a ello, se logró trazar un plan de intervención restaurativa ajustado a las características del conjunto que siguiera los criterios básicos de Conservación y Restauración. Del mismo modo, el trabajo coopera con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, en concreto con el Objetivo 11.4: redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo. Esta meta se logró alcanzar en este trabajo, pues contribuye no solo a facilitar las futuras investigaciones paleontológicas para salvaguardar y proteger este patrimonio, sino también a su catalogación mediante la creación de unas fichas técnicas, donde se recogen todos los datos de los huesos fósiles intervenidos y de la intervención conservativa realizada.

El conjunto fósil fue intervenido con éxito en todas sus fases, desde la limpieza y consolidación hasta su montaje y reintegración. Además, durante este último procedimiento, se logró llevar a cabo un estudio sobre diferentes tipos de masilla y su trabajabilidad. Dicho estudio demostró la idoneidad de los morteros preparados a base de Mowithal B60HH dado su alto grado de reversibilidad, además de tener en cuenta sus propiedades en cuanto a adhesión, aplicación, moldeado y trabajabilidad tras el fraguado. Estos buenos resultados ayudaron a la propia intervención del conjunto a la hora de seleccionar un mortero para su reintegración.

Finalmente, se fabricó un embalaje temporal para el almacenamiento del conjunto óseo en los laboratorios del Departamento de Ingeniería del Terreno, y se desarrollaron una serie de directrices de conservación preventiva a seguir por el personal del Departamento.

La investigación y la intervención llevadas a cabo durante el desarrollo de este trabajo, junto con el estudio sobre masillas de reintegración, surgen de la necesidad de mejorar el trabajo interdisciplinar entre los profesionales de la Restauración y la Paleontología o Arqueología. Parece que aún a día de hoy la colaboración entre ambos campos es una nueva tendencia, pero la realidad es diferente y, afortunadamente, contar con un restaurador en el laboratorio o a pie de excavación es algo cada vez más habitual, lo que resulta ser un gran beneficio para el Patrimonio.



## BIBLIOGRAFÍA

---

- ANDREW, K. (2009) *Gap fills for geological specimens – or making gap fills with Paraloid*. En: NatSCA News, 16, pp. 41-45.
- BAEZA CHICO, E.; MENÉNDEZ, S.; RODRIGO, A. (2009) *La reintegración en materiales paleontológicos. Criterios utilizados, justificación y propuestas de intervención en el Museo Geominero*. En: *La Restauración del Siglo XXI*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2009, pp. 207-217.
- BRUSATTE, S. (2018). *The rise and fall of the dinosaurs. A new history of a lost world*. Gale, USA, pp. 533.
- CARBOT, G. (2005) *Vertebrados fósiles: del campo hasta la sala de exhibición*. Ciencia y tecnología en la frontera, vol. 2, nº 3, pp. 61-65.
- CARCAVILLA, L. DÍAZ-MARTÍNEZ, E.; GARCÍA-CORTÉS, Á.; (2013) *Los fósiles son elementos geológicos y el Patrimonio Paleontológico es un tipo de patrimonio natural*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2013, pp. 583-589 (Serie Cuadernos del Museo Geominero, n.º 15).
- CARRASCOSA, B. (2009) *La conservación y restauración de objetos cerámicos arqueológicos*. Editorial Tecnos, Madrid. pp. 221.
- CARRERA, F. (2018) *Conservación preventiva de yacimientos arqueológicos: ¿empezamos?*. Acta del VI Congreso GEIIC: ¿Y después? Control y mantenimiento del Patrimonio Cultural, una opción sostenible, pp. 374-534.
- COMPANY, J.; PEREDA, X.; RUÍZ-OMEÑACA, J.I. (2009) *Nuevos restos fósiles del dinosaurio Lirainosaurus (Sauropoda, Titanosauria) en el Cretácico Superior (Campaniano-Maastrichtiano) de la Península Ibérica*. Revista de la Asociación Paleontológica Argentina, 46 (2). Pp. 391-405.
- COMPANY, J. (2005) *Vertebrados continentales del Cretácico superior (Campaniense-Maastrichtiense) de Valencia*. [Tesis no publicada] Universidad de Valencia.
- COMPANY, J. (2011) *Bone histology of the titanosaur Lirainosaurus astibiae (Dinosauria: Sauropoda) from the Latest Cretaceous of Spain*. The Science of Nature nº 98, pp. 67–78.
- DE RENZI, M.; MARTINELL, J. (1975) *Bioestratigrafía, tafonomía y paleoecología*. Acta Geológica Hispánica, nº 2, pp. 80-86.
- DÍAZ-CORTÉS, A.; LÓPEZ-POLÍN, L.; DEL VALLE BLANCO, H.; CÁCERES CUELLO DE ORO, I. (2021). *La naturaleza del hueso y su fosilización. La Tafonomía para el estudio del estado de conservación del hueso arqueológico y paleontológico*. Ge-Conservacion, 20(1), pp. 51-63.
- DÍEZ, V. (2013). *Revisión del dinosaurio saurópodo lirainosaurus astibiae (titanosauria) del Cretácico superior de la península Ibérica. Comparación con otros titanosaurios del suroeste de Europa. Hipótesis filogenética y paleobiogeográfica*. Universidad del País Vasco, Facultad de Ciencia y Tecnología.
- D'EMIC, M.; WILLIAMSON, T.; WILSON, J. (2011). *A Sauropod dinosaur pes from the Latest Cretaceous of North America and the validity of Alamosaurus sanjuanensis (Sauropoda, Titanosauria)*. En: Journal of vertebrate paleontology, nº 31(5), pp. 1072-1079.
- EFREMOV, I. (1940) *Taphonomy: new branch of paleontology*. Pan-American Geologist (1940), vol. 74, pp. 81-93.



- FERNANDEZ-LOPEZ, S.R. (1999). *Tafonomía y fosilización*. En: Tratado de Paleontología, tomo I (Ed. B. MELÉNDEZ, 1998). Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid: 51-107, pp. 438-441.
- GASCÓ, F. (2021). *Esto no estaba en mi libro de Historia de los dinosaurios*. Editorial Guadalmazán, España, pp. 292.
- GODEFROIT, P.; LEDUC, T. (2008) *La conservation des ossements fossiles: le cas des Iguanodons de Bernissart*. En: CeROArt. Conservation, exposition, Restauration d'Objets d'Art. CeROArt asbl.
- GONZÁLEZ, B.; LAMANNA, M.; ORTIZ, L. et al. (2016). *A gigantic new dinosaur from Argentina and the evolution of the sauropod hind foot*. En: Sci Rep nº6, 19165, pp. 15.
- HEDGES, R.E.M. (2002) *Bone diagenesis: an overview of processes*. En Archaeometry, vol 44, issue 3, pp. 319-328.
- LEIGGI, P.; MAY, P. (2005) *Vertebrate paleontological techniques. Volume one*. Cambridge University Press, 2005, pp. 344.
- MARCOS, F. (2019) *La conservación de material paleontológico: la colección de Lo Hueco*. Universidad Nacional de Educación a Distancia, pp. 406.
- MARTÍNEZ, T.; CARRASCOSA, B. (2015) *Estudio del comportamiento físico-mecánico en seis masillas de relleno y sellado para la reintegración formal en material fósil*. Universitat Politècnica de València, pp. 192.
- MARTÍNEZ, T.; CARRASCOSA, B. (2016) *Estudio del comportamiento físico-mecánico en seis masillas de relleno y sellado para la reintegración formal en material fósil*. En: EMERGE 2016 Jornadas de Investigación Emergente en Conservación y Restauración de Patrimonio, pp. 95-101.
- MERELO, A. (2017) *Intervención de piezas fósiles en el Museo de Ciencias Naturales de Valencia. Embalaje y exposición*. Universitat Politècnica de València, pp. 127.
- MORALES, J. (2006) *Tafosfera: el registro de las relaciones biológicas*. En: Estudios Geológicos, vol. 62, nº1, pp. 31-42.
- ORTEGA, F. J.; ESCASO, F.; MARCOS, F.; MOCHO, P.D.; NARVÁEZ, I.; PÉREZ-GARCÍA, A. (2021). *De la Serranía a la Alcarria. Ecosistemas de dinosaurios del Cretácico Superior de la formación Villalba de la Sierra (Cuenca y Guadalajara)*. En: Isurus, nº13, pp. 70-89.
- SANZ, J.L.; POWELL, J.E.; LE LOEUFF, J.; MARTÍNEZ, R.; PEREDA SUBERBIOLA, X. (1999). *Sauropod remains from the Upper Cretaceous of Laño (North-central Spain). Titanosaur phylogenetic relationships*. Estudios del Museo de Ciencias Naturales de Álava 14 (Número Especial 1), pp. 235-255.
- VICENS, E.; OMS, O. (2001). *Los fósiles: qué son y para qué sirven*. En: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, vol. 9, nº2, pp. 110-115.
- WILSON, J. A. (2002). *Sauropod dinosaur phylogeny: critique and cladistic analysis*. En: The Linnean Society of London, Zoological Journal of the Linnean Society Nº 136, pp. 217-276. Museum of Paleontology, University of Michigan.



## PÁGINAS WEB CONSULTADAS

---

BEXOUX, V (2008) *Utilisation des mousses et des pâtes syntactiques pour combler les lacunes des poteries archéologiques*. En: CeROArt (en línea) 2, 2008.

<http://ceroart.revues.org/657> [Consultado el 03/07/2023]

CENTRO INTERNACIONAL DE ESTUDIOS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE BIENES CULTURALES: *ODS 11.4: Proteger el patrimonio cultural y natural del mundo*.

[ODS 11.4: Proteger el patrimonio cultural y natural del mundo | ICCROM | Our Collections Matter](#) [Consultado el 28/06/2023]

CTS ESPAÑA: *Mowithal B60HH*.

[MOWITAL® B 60HH - CTS España \(ctseurope.com\)](#) [Consultado el 14/01/2023]

CTS ESPAÑA: *Paraloid B72*.

[PARALOID® B 72 - CTS España \(ctseurope.com\)](#) [Consultado el 14/01/2023]

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA. *Dinosaur*

<https://www.britannica.com/animal/dinosaur> [Consultado 14/11/2022]

PARQUE GEOLÓGICO DE CHERA

[Parque Geológico de Chera \(encherate.com\)](#) [Consultado el 15/10/2022]

REAL ACADEMIA DE LA LENGUA VASCA. *Lirain*.

[Lirain - Pertsona-izenak - EODA \(euskaltzaindia.eus\)](#) [Consultado 07/08/2022]

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. *Fósil*.

[fósil | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE](#) [Consultado 30/11/2022]

GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY. *Lirainosaurus*.

[Lirainosaurus Sanz, Powell, le Loeuff, Martinez & Pereda Superbiola, 1999 \(gbif.org\)](#) [Consultado el 13/12/2022]

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

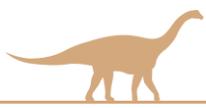
[Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible \(un.org\)](#) [Consultado el 28/06/2023]

PALEONTOLOGICAL RESEARCH INSTITUTION. *The process of fossilization*.

[2. The process of fossilization - Digital Atlas of Ancient Life](#) [Consultado el 02/11/2022]

SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO. *Los fósiles*.

[Fósiles \(sgm.gob.mx\)](#) [Consultado el 02/11/2022]



## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.

### Figuras.

Figura 1 Corte transversal y partes de un hueso (Universidad de Guanajuato, contenidos didácticos digitales, Licenciatura en Enfermería y Obstetricia).....	13
Figura 2 Clasificación de los procesos diagenéticos. (Morales, J. Tafosfera: el registro de las relaciones biológicas) .....	14
Figura 3 Clasificación de las diferentes fases de la fosildiagénesis. (Julio Company).....	15
Figura 4. Árbol de los linajes de los dinosaurios.....	16
Figura 5 Reconstrucción y dimensiones de Lirainosaurus, en comparación a un humano adulto. ....	17
Figura 6 Localización de los yacimientos paleontológicos de Chera. (Julio Company, 2009) .....	18
Figura 7 Yacimientos paleontológicos del barranco de La Castellana (A) y La Hoz (B). (Julio Company, 2005) .....	18
Figura 8 Imágenes tomadas mediante microscopio electrónico de un fragmento de hueso. ....	19
Figura 9 Fotografías del Barranco de la Castellana. Carbonatos palustres y fotografía panorámica del barranco a la derecha (Julio Company, 2009) .....	19
Figura 10 Estado del conjunto en el momento de su hallazgo (Julio Company) .....	20
Figura 11 Tibia y fíbulas asociadas junto al resto de huesos del yacimiento (Julio Company).....	21
Figura 12 Aplicación de las gasas y el tratamiento de consolidación in situ (Julio Company) .....	21
Figura 13 Conjunto de fósiles y fragmentos de roca almacenados en el contenedor. ....	22
Figura 14 Esqueleto de Saltasaurus como referencia (Dr. Scott Hartman, 2022) .....	23
Figura 15 Ubicación de los huesos con respecto a la pata de un saurópodo (Wordpress: The bones of sauropod skeleton, 2007) .....	23
Figura 16 Fíbula, tibia, calcáneo y huesos tarsales pertenecientes al conjunto.....	23
Figura 17 Diorama de daños correspondiente a la tibia. ....	25
Figura 18 Diorama de daños correspondiente a la fíbula y el hueso calcáneo. ....	25
Figura 19 Diorama de daños correspondiente a los huesos del tarso.....	26
Figura 20 Diorama de daños correspondiente a los huesos descontextualizados. ....	26
Figura 21 Capa de marga cubriendo la superficie del hueso.....	27
Figura 22 Bloque que contenía la tibia, todavía conservando la capa de yeso. ....	27
Figura 23 Red de fisuras en la superficie de la fíbula. ....	27
Figura 24 Fractura de la fíbula.....	27
Figura 25 Grieta en la tibia y otros huesos, provocada por una raíz. ....	28
Figura 26 Estado original de la tibia (Julio Company).....	28
Figura 27 Estado actual de la tibia.....	28



Figura 28 Abrasión en los extremos de diferentes huesos, dejando a la vista el hueso interno.....	29
Figura 29 Borde de fractura desgastado. ....	29
Figura 30 Bordes de fractura más recientes.....	29
Figura 31 Algunos de los huesos que sufrieron de deformaciones durante su enterramiento. ....	30
Figura 32 Faltantes en algunas zonas del hueso. ....	30
Figura 33 Pruebas de ácido fórmico mediante empaco y baño. ....	35
Figura 34 Separación de la venda de escayola de uno de los fragmentos del hueso.....	36
Figura 35 Empaco de ácido fórmico. ....	36
Figura 36 Aspecto final de la fíbula tras la limpieza. ....	36
Figura 37 Bloque de sustrato en el que se encontraba incrustado el hueso. ....	37
Figura 38 Disposición de los nuevos huesos según fueron hallados en el bloque de escayola. ....	38
Figura 39 Diagrama de ubicación de los huesos descubiertos y su identificación. ....	38
Figura 40 Tibia al descubierto tras la retirada de marga, los huesos encontrados y gran parte del bloque de yeso. ....	38
Figura 41 Zona de corte de la venda adherida. ....	39
Figura 42 Cobertura de periódico y venda adheridos sobre la superficie del hueso ya separado. ....	39
Figura 43 Limpieza con hisopo. ....	39
Figura 44 Fragmentación del hueso tras la retirada de la venda. ....	39
Figura 45 Hueso cubierto por la venda adherida con Paraloid B72. ....	40
Figura 46 Consolidación de la epífisis de la fíbula. ....	40
Figura 47 Zonas afectadas por el pasmado, antes y después del empleo del nuevo producto. ....	41
Figura 48 Consolidación de diferentes zonas de la tibia. ....	41
Figura 49 Consolidación de uno de los huesos del tarso.....	41
Figura 50 Hueso tarsal fragmentado hallado en el bloque de marga. ....	42
Figura 51 Fragmentos correspondientes a un hueso del tarso. ....	42
Figura 52 Hueso tarsal 3 con refuerzo de cinta celulósica, apoyado sobre la cama de arena. ....	43
Figura 53 Fotos finales de los huesos y fragmentos adheridos. ....	43
Figura 54 Aspecto de las microesferas de vidrio bajo el microscopio. ....	45
Figura 55 Separación de la marga según su color. ....	46
Figura 56 Molido de la matriz fósil mediante mortero. ....	46
Figura 57 Tamizado de la matriz fósil pulverizada. ....	46
Figura 58 Margas pulverizadas. ....	47
Figura 59 Mezcla del árido y las micro esferas de vidrio. ....	47



Figura 60 Amasado del árido junto con la resina. ....	47
Figura 61 Probetas de los diferentes morteros. Láminas y probetas con volumen. ....	48
Figura 62 Prueba de humectación con disolvente. ....	48
Figura 63 Fragmento de la tibia seleccionado para la reintegración volumétrica. ....	51
Figura 64 Epífisis de la fíbula a reintegrar. ....	51
Figura 65 Huesos en un estado óptimo para la reintegración volumétrica. ....	52
Figura 66 Aplicación del mortero mediante espátulado e inyección. ....	52
Figura 67 Aspecto de las reintegraciones tras el lijado. ....	52
Figura 68 Tibia antes de la adhesión y la reintegración volumétrica. ....	53
Figura 69 Tibia al finalizar la intervención. ....	53
Figura 70 Fíbula y calcáneo antes de la adhesión y la reintegración volumétrica. ....	54
Figura 71 Fíbula y calcáneo al finalizar la intervención. ....	54
Figura 72 Huesos tarsales antes de la reintegración volumétrica. ....	55
Figura 73 Huesos tarsales al finalizar la intervención. ....	55
Figura 74 Estado inicial y final de la intervención. ....	56
Figura 75 Trazado del contorno de los huesos sobre la superficie de poliestireno. ....	57
Figura 76 Vaciado de la caja de poliestireno. ....	58
Figura 77 Fabricación de la caja y colocación en el contenedor de poliestireno. ....	58
Figura 78 Plano y medidas del contenedor de poliestireno, la base del contenedor exterior y la tapa. ....	59
Figura 79 Interior del contenedor de almacenamiento, con las piezas ya depositadas. ....	59
Figura 80 Etiquetas del contenedor de almacenamiento. ....	60
Figura 81 Interior y exterior del contenedor de almacenamiento con las etiquetas. ....	60

**Tablas.**

Tabla 1 Comparativa de los resultados dados por los diferentes disolventes utilizados durante las catas. ....	34
Tabla 2 Tabla de resultados de los morteros de Paraloid B72. ....	49
Tabla 3 Tabla de resultados de los morteros de Mowithal B60HH. ....	50



## ANEXOS

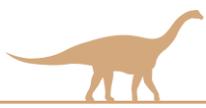
### Anexo 1: Relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Objetivos de Desarrollo Sostenible	Alto	Medio	Bajo	No procede
ODS 1. Fin de la pobreza.				●
ODS 2. Hambre cero.				●
ODS 3. Salud y bienestar.				●
ODS 4. Educación de calidad.				●
ODS 5. Igualdad de género.				●
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.				●
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				●
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.				●
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.				●
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				●
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.	●			
ODS 12. Producción y consumo responsables.				●
ODS 13. Acción por el clima.				●
ODS 14. Vida submarina.				●
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.				●
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				●
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				●

Las metas y objetivos de este Trabajo Final de Grado coinciden con el apartado 11.4 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible: redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo. Con la intervención de este conjunto de huesos fósiles se pretende fomentar la conservación y restauración de los recursos patrimoniales, así como su puesta en valor y gestión según se relaciona en los puntos:

- Promover la gobernanza participativa de la comunidad en la toma de decisiones relacionadas con su patrimonio cultural, fomentando la conservación, restauración, rehabilitación y promoción de sus recursos patrimoniales. UNE-EN 15898; patrimonio cultural; conservación; restauración; rehabilitación; valor; contexto; accesibilidad.
- La catalogación del patrimonio cultural y natural es un paso importante en la gestión sostenible del patrimonio, ya que permite conocer los bienes culturales existentes y su estado de conservación. UNE-EN 15898; patrimonio cultural; identificación de un bien; evaluación del estado; estado; diagnóstico; gestión de colección; conservación preventiva; valor; contexto; accesibilidad

Del mismo modo, a la hora de realizar un estudio sobre diferentes materiales empleados en Conservación y Restauración se pretende mejorar la calidad de las intervenciones, puesto que de esta manera se asegurará un mejor futuro para los bienes patrimoniales.

**Anexo 2: Fichas técnicas.****Ficha técnica 1: CH-1346**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		DEPARTAMENT DE INGENIERIA DEL TERRENO		Conservación y Restauración de Bienes Culturales Master Universitario UPV		Isabel Silvestre Lezcano
Nº INVENTARIO ARQUEOLÓGICO	CH-1346	Nº EXCAVACIÓN	LCII-4-15			
FECHA RECEPCIÓN	26/11/2021	FECHA INICIO DEL PROCESO	09/12/2021	FECHA FIN DEL PROCESO	07/07/2023	
PROCEDENCIA		LOCALIZACIÓN		CRONOLOGÍA		
Barranco de la Castellana		Chera, Valencia		Cretácico superior		
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO	FOTOGRAFÍA INICIAL Y FINAL					
OBJETO	  					
Hueso						
TIPO DE MATERIAL						
Hueso						
TIPOLOGÍA						
Tibia derecha						
DIMENSIONES						
50 cm de longitud						
PESO						
COLOR						
DESCRIPCIÓN	<p>Gran bloque de escayola, relleno de piedra y tierra. El bloque contiene la tibia, además de otros huesos que se encontraron durante la intervención.</p>					



Isabel Silvestre Lezcano

**ESTADO DE CONSERVACIÓN**

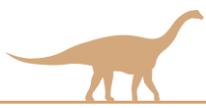
DIAGNÓSTICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gruesa capa de tierra y suciedad superficial.</li> <li>- Raíces.</li> <li>- Bloque de yeso, capa de periódico y capa de venda de escayola adheridas a uno de los laterales del hueso.</li> <li>- Mala estabilidad estructural debido a las diversas fracturas y redes de microfisuras extendidas por toda la superficie.</li> <li>- Faltantes.</li> </ul>
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas y análisis previos.</li> <li>- Limpieza superficial de la capa de tierra y eliminación del bloque de yeso y las capas de periódico y venda de escayola.</li> <li>- Adhesión de los fragmentos.</li> </ul>

**PROCESO DE INTERVENCIÓN**

LIMPIEZA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza superficial de la capa de tierra con acetona y mezcla de acetona y agua (50-50%), con ayuda de hisopos de algodón, cepillo, pincel y escalpelo.</li> <li>- Aplicación de ácido fórmico diluido al 8% en agua destilada con empacos de algodón en las zonas que lo requiriesen, con posterior neutralización con agua destilada.</li> <li>- Retirada del bloque de yeso con ayuda de una sierra mecánica Dremel, tijeras y alicates.</li> <li>- Retirada de la venda de escayola y el periódico con mezcla de acetona y agua (50-50%), con ayuda de hisopos de algodón, escalpelo y tijeras.</li> </ul>
CONSOLIDACIÓN	Aplicación de la resina acrílica Paraloid B72 en acetona al 5%, mediante pincel y baño.
MONTAJE	Aplicación de la resina acrílica Paraloid B72 al 25%, mediante pincel.
REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA Y/O CROMÁTICA	Aplicación de masilla a base de resina Mowithal B60HH (16%), matriz fósil pulverizada (42%) y microesferas de vidrio (42%).
PROTECCIÓN FINAL	

**SEGUIMIENTO POSTERIOR DE LA PIEZA**

LUGAR DONDE SE UBICARÁ	Laboratorio de Geología, Departamento de Ingeniería del Terreno, Universitat Politècnica de València.
CONDICIONES AMBIENTALES NECESARIAS TRAS LA INTERVENCIÓN	45-55% HR, 16-24°C.
EMBALAJE	Caja de poliestireno y contenedor exterior de cartón.
OBSERVACIONES	
PROTECCIÓN FINAL	



Ficha técnica 2: CH-1347/CH-1348



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DEL TERRENO



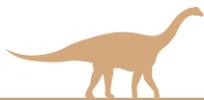
Isabel Silvestre Lezcano

Nº INVENTARIO ARQUEOLÓGICO	CH-1347 / CH-1348	Nº EXCAVACIÓN	LCII-4-15
----------------------------	-------------------	---------------	-----------

FECHA RECEPCIÓN	26/11/2021	FECHA INICIO DEL PROCESO	09/12/2021	FECHA FIN DEL PROCESO	07/07/2023
-----------------	------------	--------------------------	------------	-----------------------	------------

PROCEDENCIA	LOCALIZACIÓN	CRONOLOGÍA
Barranco de la Castellana	Chera, Valencia	Cretácico superior

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO	FOTOGRAFÍA INICIAL Y FINAL
OBJETO	   
Hueso	
TIPO DE MATERIAL	
Hueso	
TIPOLOGÍA	
Fíbula derecha y hueso calcáneo o astrágalo	
DIMENSIONES	
40 cm de longitud (fíbula) 11 cm (calcáneo o astrágalo)	
PESO	
COLOR	
DESCRIPCIÓN	
Hueso largo identificado como fíbula, fragmentado en varias secciones. Junto a la fíbula se encuentra un hueso muy pulido, identificado como posible hueso calcáneo o astrágalo. Durante la extracción se le adhirió una venda de escayola que mantiene el conjunto unido.	



Isabel Silvestre Lezcano

**ESTADO DE CONSERVACIÓN**

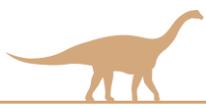
DIAGNÓSTICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gruesa capa de tierra y suciedad superficial.</li> <li>- Venda de escayola adherida a uno de los laterales del hueso.</li> <li>- Mala estabilidad estructural debido a las diversas fracturas y redes de microfisuras extendidas por toda la superficie.</li> <li>- Faltantes.</li> </ul>
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas y análisis previos.</li> <li>- Limpieza superficial de la capa de tierra y eliminación de la venda de escayola.</li> <li>- Adhesión de los fragmentos.</li> </ul>

**PROCESO DE INTERVENCIÓN**

LIMPIEZA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza superficial de la capa de tierra con acetona y mezcla de acetona y agua (50-50%), con ayuda de hisopos de algodón, cepillo, pincel y escalpelo.</li> <li>- Aplicación de ácido fórmico diluido al 8% en agua destilada con empacos de algodón en las zonas que lo requiriesen, con posterior neutralización con agua destilada.</li> <li>- Retirada de la venda de escayola con mezcla de acetona y agua (50-50%), con ayuda de hisopos de algodón, escalpelo y tijeras.</li> </ul>
CONSOLIDACIÓN	Aplicación de la resina acrílica Paraloid B72 en acetona al 5%, mediante pincel y baño.
MONTAJE	Aplicación de la resina acrílica Paraloid B72 al 25%, mediante pincel.
REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA Y/O CROMÁTICA	Aplicación de masilla a base de resina Mowithal B60HH (16%), matriz fósil pulverizada (42%) y microesferas de vidrio (42%).
PROTECCIÓN FINAL	

**SEGUIMIENTO POSTERIOR DE LA PIEZA**

LUGAR DONDE SE UBICARÁ	Laboratorio de Geología, Departamento de Ingeniería del Terreno, Universitat Politècnica de València.
CONDICIONES AMBIENTALES NECESARIAS TRAS LA INTERVENCIÓN	45-55% HR, 16-24°C.
EMBALAJE	Caja de poliestireno y contenedor exterior de cartón.
OBSERVACIONES	
PROTECCIÓN FINAL	



Ficha técnica 3: CH-1349



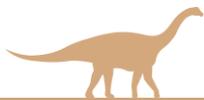
Isabel Silvestre Lezcano

Nº INVENTARIO ARQUEOLÓGICO	CH-1349	Nº EXCAVACIÓN	LCII-4-15
----------------------------	---------	---------------	-----------

FECHA RECEPCIÓN	26/11/2021	FECHA INICIO DEL PROCESO	09/12/2021	FECHA FIN DEL PROCESO	07/07/2023
-----------------	------------	--------------------------	------------	-----------------------	------------

PROCEDENCIA	LOCALIZACIÓN	CRONOLOGÍA
Barranco de la Castellana	Chera, Valencia	Cretácico superior

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO	FOTOGRAFÍA INICIAL Y FINAL
OBJETO	 
Hueso	
TIPO DE MATERIAL	
Hueso	
TIPOLOGÍA	
Metatarso 1	
DIMENSIONES	
8 cm de longitud	
PESO	
COLOR	
DESCRIPCIÓN	
<p>Hueso identificado como parte del tarso. Fragmentos hallados en el bloque de escayola, junto a la tibia, y en uno de los envoltorios separados del conjunto.</p>	



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DEL TERRENO



Isabel Silvestre Lezcano

#### ESTADO DE CONSERVACIÓN

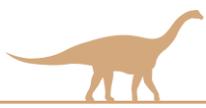
DIAGNÓSTICO	<ul style="list-style-type: none"><li>- Capa de tierra y suciedad superficial.</li><li>- Mala estabilidad estructural debido a las diversas fracturas y redes de microfisuras extendidas por toda la superficie.</li><li>- Faltantes.</li></ul>
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pruebas y análisis previos.</li><li>- Limpieza superficial de la capa de tierra y eliminación del bloque de yeso y las capas de periódico y venda de escayola.</li><li>- Adhesión de los fragmentos.</li></ul>

#### PROCESO DE INTERVENCIÓN

LIMPIEZA	<ul style="list-style-type: none"><li>- Limpieza superficial de la capa de tierra con acetona y mezcla de acetona y agua (50-50%), con ayuda de hisopos de algodón, cepillo, pincel y escalpelo.</li><li>- Aplicación de ácido fórmico diluido al 8% en agua destilada con empaques de algodón en las zonas que lo requiriesen, con posterior neutralización con agua destilada.</li></ul>
CONSOLIDACIÓN	Aplicación de la resina acrílica Paraloid B72 en acetona al 5%, mediante pincel y baño.
MONTAJE	Aplicación de la resina acrílica Paraloid B72 al 25%, mediante pincel.
REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA Y/O CROMÁTICA	Aplicación de masilla a base de resina Mowithal B60HH (16%), matriz fósil pulverizada (42%) y microesferas de vidrio (42%).
PROTECCIÓN FINAL	

#### SEGUIMIENTO POSTERIOR DE LA PIEZA

LUGAR DONDE SE UBICARÁ	Laboratorio de Geología, Departamento de Ingeniería del Terreno, Universitat Politècnica de València.
CONDICIONES AMBIENTALES NECESARIAS TRAS LA INTERVENCIÓN	45-55% HR, 16-24°C.
EMBALAJE	Caja de poliestireno y contenedor exterior de cartón.
OBSERVACIONES	
PROTECCIÓN FINAL	



Ficha técnica 4: CH-1350



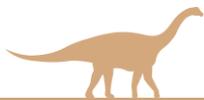
Isabel Silvestre Lezcano

Nº INVENTARIO ARQUEOLÓGICO	CH-1350	Nº EXCAVACIÓN	LCII-4-15
----------------------------	---------	---------------	-----------

FECHA RECEPCIÓN	26/11/2021	FECHA INICIO DEL PROCESO	09/12/2021	FECHA FIN DEL PROCESO	07/07/2023
-----------------	------------	--------------------------	------------	-----------------------	------------

PROCEDENCIA	LOCALIZACIÓN	CRONOLOGÍA
Barranco de la Castellana	Chera, Valencia	Cretácico superior

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO	FOTOGRAFÍA INICIAL Y FINAL
OBJETO	
Hueso	
TIPO DE MATERIAL	
Hueso	
TIPOLOGÍA	
Metatarso 3	
DIMENSIONES	
12 cm longitud	
PESO	
COLOR	
DESCRIPCIÓN	
Hueso identificado como parte del tarso, hallado en el bloque de escayola, junto a la tibia.	


 DEPARTAMENTO  
 DE INGENIERÍA  
 DEL TERRENO


Isabel Silvestre Lezcano

**ESTADO DE CONSERVACIÓN**

DIAGNÓSTICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capa de tierra y suciedad superficial.</li> <li>- Mala estabilidad estructural debido a las diversas fracturas y redes de microfisuras extendidas por toda la superficie.</li> <li>- Faltantes.</li> </ul>
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas y análisis previos.</li> <li>- Limpieza superficial de la capa de tierra y eliminación del bloque de yeso y las capas de periódico y venda de escayola.</li> <li>- Adhesión de los fragmentos.</li> </ul>

**PROCESO DE INTERVENCIÓN**

LIMPIEZA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza superficial de la capa de tierra con acetona y mezcla de acetona y agua (50-50%), con ayuda de hisopos de algodón, cepillo, pincel y escalpelo.</li> <li>- Aplicación de ácido fórmico diluido al 8% en agua destilada con empacos de algodón en las zonas que lo requiriesen, con posterior neutralización con agua destilada.</li> </ul>
CONSOLIDACIÓN	Aplicación de la resina acrílica Paraloid B72 en acetona al 5%, mediante pincel y baño.
MONTAJE	Aplicación de la resina acrílica Paraloid B72 al 25%, mediante pincel.
REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA Y/O CROMÁTICA	Aplicación de masilla a base de resina Mowithal B60HH (16%), matriz fósil pulverizada (42%) y microesferas de vidrio (42%).
PROTECCIÓN FINAL	

**SEGUIMIENTO POSTERIOR DE LA PIEZA**

LUGAR DONDE SE UBICARÁ	Laboratorio de Geología, Departamento de Ingeniería del Terreno, Universitat Politècnica de València.
CONDICIONES AMBIENTALES NECESARIAS TRAS LA INTERVENCIÓN	45-55% HR, 16-24°C.
EMBALAJE	Caja de poliestireno y contenedor exterior de cartón.
OBSERVACIONES	
PROTECCIÓN FINAL	



Ficha técnica 5: CH-1351



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DEL TERRENO



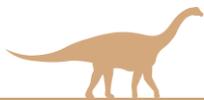
Isabel Silvestre Lezcano

Nº INVENTARIO ARQUEOLÓGICO	CH-1351	Nº EXCAVACIÓN	LCII-4-15
----------------------------	---------	---------------	-----------

FECHA RECEPCIÓN	26/11/2021	FECHA INICIO DEL PROCESO	09/12/2021	FECHA FIN DEL PROCESO	07/07/2023
-----------------	------------	--------------------------	------------	-----------------------	------------

PROCEDENCIA	LOCALIZACIÓN	CRONOLOGÍA
Barranco de la Castellana	Chera, Valencia	Cretácico superior

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO	FOTOGRAFÍA INICIAL Y FINAL
OBJETO	
Hueso	
TIPO DE MATERIAL	
Hueso	
TIPOLOGÍA	
Metatarso 4	
DIMENSIONES	
12 cm de longitud	
PESO	
COLOR	
DESCRIPCIÓN	
<p>Hueso identificado como parte del tarso, hallado en el bloque de escayola, junto a la tibia.</p>	



Isabel Silvestre Lezcano

**ESTADO DE CONSERVACIÓN**

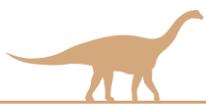
DIAGNÓSTICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capa de tierra y suciedad superficial.</li> <li>- Mala estabilidad estructural debido a las diversas fracturas y redes de microfisuras extendidas por toda la superficie.</li> <li>- Faltantes.</li> </ul>
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas y análisis previos.</li> <li>- Limpieza superficial de la capa de tierra y eliminación del bloque de yeso y las capas de periódico y venda de escayola.</li> <li>- Adhesión de los fragmentos.</li> </ul>

**PROCESO DE INTERVENCIÓN**

LIMPIEZA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza superficial de la capa de tierra con acetona y mezcla de acetona y agua (50-50%), con ayuda de hisopos de algodón, cepillo, pincel y escalpelo.</li> <li>- Aplicación de ácido fórmico diluido al 8% en agua destilada con empacos de algodón en las zonas que lo requiriesen, con posterior neutralización con agua destilada.</li> </ul>
CONSOLIDACIÓN	Aplicación de la resina acrílica Paraloid B72 en acetona al 5%, mediante pincel y baño.
MONTAJE	Aplicación de la resina acrílica Paraloid B72 al 25%, mediante pincel.
REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA Y/O CROMÁTICA	Aplicación de masilla a base de resina Mowithal B60HH (16%), matriz fósil pulverizada (42%) y microesferas de vidrio (42%).
PROTECCIÓN FINAL	

**SEGUIMIENTO POSTERIOR DE LA PIEZA**

LUGAR DONDE SE UBICARÁ	Laboratorio de Geología, Departamento de Ingeniería del Terreno, Universitat Politècnica de València.
CONDICIONES AMBIENTALES NECESARIAS TRAS LA INTERVENCIÓN	45-55% HR, 16-24°C.
EMBALAJE	Caja de poliestireno y contenedor exterior de cartón.
OBSERVACIONES	
PROTECCIÓN FINAL	



Ficha técnica 6: CH-1352



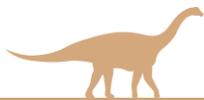
Isabel Silvestre Lezcano

Nº INVENTARIO ARQUEOLÓGICO	CH-1352	Nº EXCAVACIÓN	LCII-4-15
----------------------------	---------	---------------	-----------

FECHA RECEPCIÓN	26/11/2021	FECHA INICIO DEL PROCESO	09/12/2021	FECHA FIN DEL PROCESO	07/07/2023
-----------------	------------	--------------------------	------------	-----------------------	------------

PROCEDENCIA	LOCALIZACIÓN	CRONOLOGÍA
Barranco de la Castellana	Chera, Valencia	Cretácico superior

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO	FOTOGRAFÍA INICIAL Y FINAL
OBJETO	
Hueso	
TIPO DE MATERIAL	
Hueso	
TIPOLOGÍA	
Metatarso 5	
DIMENSIONES	
10 cm de longitud	
PESO	
COLOR	
DESCRIPCIÓN	
Hueso identificado como parte del tarso, hallado en el bloque de escayola, junto a la tibia.	


 DEPARTAMENTO  
 DE INGENIERÍA  
 DEL TERRENO


Isabel Silvestre Lezcano

**ESTADO DE CONSERVACIÓN**

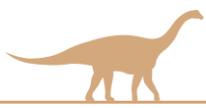
DIAGNÓSTICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capa de tierra y suciedad superficial.</li> <li>- Mala estabilidad estructural debido a las diversas fracturas y redes de microfisuras extendidas por toda la superficie.</li> <li>- Faltantes.</li> </ul>
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas y análisis previos.</li> <li>- Limpieza superficial de la capa de tierra y eliminación del bloque de yeso y las capas de periódico y venda de escayola.</li> <li>- Adhesión de los fragmentos.</li> </ul>

**PROCESO DE INTERVENCIÓN**

LIMPIEZA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza superficial de la capa de tierra con acetona y mezcla de acetona y agua (50-50%), con ayuda de hisopos de algodón, cepillo, pincel y escalpelo.</li> <li>- Aplicación de ácido fórmico diluido al 8% en agua destilada con empacos de algodón en las zonas que lo requiriesen, con posterior neutralización con agua destilada.</li> </ul>
CONSOLIDACIÓN	Aplicación de la resina acrílica Paraloid B72 en acetona al 5%, mediante pincel y baño.
MONTAJE	Aplicación de la resina acrílica Paraloid B72 al 25%, mediante pincel.
REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA Y/O CROMÁTICA	Aplicación de masilla a base de resina Mowithal B60HH (16%), matriz fósil pulverizada (42%) y microesferas de vidrio (42%).
PROTECCIÓN FINAL	

**SEGUIMIENTO POSTERIOR DE LA PIEZA**

LUGAR DONDE SE UBICARÁ	Laboratorio de Geología, Departamento de Ingeniería del Terreno, Universitat Politècnica de València.
CONDICIONES AMBIENTALES NECESARIAS TRAS LA INTERVENCIÓN	45-55% HR, 16-24°C.
EMBALAJE	Caja de poliestireno y contenedor exterior de cartón.
OBSERVACIONES	
PROTECCIÓN FINAL	



## Ficha técnica 7: CH-1353/CH-1354



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DEL TERRENO



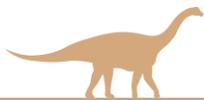
Isabel Silvestre Lezcano

Nº INVENTARIO ARQUEOLÓGICO	CH-1353 / CH-1354	Nº EXCAVACIÓN	LCII-4-15
----------------------------	-------------------	---------------	-----------

FECHA RECEPCIÓN	26/11/2021	FECHA INICIO DEL PROCESO	09/12/2021	FECHA FIN DEL PROCESO	07/07/2023
-----------------	------------	--------------------------	------------	-----------------------	------------

PROCEDENCIA	LOCALIZACIÓN	CRONOLOGÍA
Barranco de la Castellana	Chera, Valencia	Cretácico superior

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO	FOTOGRAFÍA INICIAL Y FINAL
OBJETO	
Hueso	
TIPO DE MATERIAL	
Hueso	
TIPOLOGÍA	
Fragmento de costilla de arcosaurio, fragmentos óseos indeterminados	
DIMENSIONES	
Oscilan desde los 8 cm hasta los 5 mm	
PESO	
COLOR	
DESCRIPCIÓN	
Huesos y fragmentos no identificados, se encontraron conservados en diferentes paquetes y envoltorios, junto con el resto de huesos del conjunto.	


 UNIVERSITAT  
 POLITÈCNICA  
 DE VALÈNCIA

 DEPARTAMENTO  
 DE INGENIERÍA  
 DEL TERRENO


Isabel Silvestre Lezcano

**ESTADO DE CONSERVACIÓN**

DIAGNÓSTICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gruesa capa de tierra y suciedad superficial.</li> <li>- Venda de escayola adherida a uno de los laterales del hueso.</li> <li>- Mala estabilidad estructural debido a las diversas fracturas y redes de microfisuras extendidas por toda la superficie.</li> <li>- Faltantes.</li> </ul>
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas y análisis previos.</li> <li>- Limpieza superficial de la capa de tierra y eliminación de la venda de escayola.</li> <li>- Adhesión de los fragmentos.</li> </ul>

**PROCESO DE INTERVENCIÓN**

LIMPIEZA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza superficial de la capa de tierra con acetona y mezcla de acetona y agua (50-50%), con ayuda de hisopos de algodón, cepillo, pincel y escalpelo.</li> <li>- Aplicación de ácido fórmico diluido al 8% en agua destilada con empacos de algodón en las zonas que lo requiriesen, con posterior neutralización con agua destilada.</li> <li>- Retirada de la venda de escayola con mezcla de acetona y agua (50-50%), con ayuda de hisopos de algodón, escalpelo y tijeras.</li> </ul>
CONSOLIDACIÓN	Aplicación de la resina acrílica Paraloid B72 en acetona al 5%, mediante pincel y baño.
MONTAJE	Aplicación de la resina acrílica Paraloid B72 al 25%, mediante pincel.
REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA Y/O CROMÁTICA	
PROTECCIÓN FINAL	

**SEGUIMIENTO POSTERIOR DE LA PIEZA**

LUGAR DONDE SE UBICARÁ	Laboratorio de Geología, Departamento de Ingeniería del Terreno, Universitat Politècnica de València.
CONDICIONES AMBIENTALES NECESARIAS TRAS LA INTERVENCIÓN	45-55% HR, 16-24°C.
EMBALAJE	Caja de poliestireno y contenedor exterior de cartón.
OBSERVACIONES	
PROTECCIÓN FINAL	

