

# Ensayo de intervención en los macrofósiles de vertebrados de los yacimientos de las “Hoces de Beteta” (Cuenca, España)

## *Intervention test in the macrofossil remains of the sites of the “Hoces de Beteta” (Cuenca, Spain)*

M.R. Alcalde-Fuentes<sup>1</sup>, J. Audije-Gil<sup>2,3</sup>, F. Barroso-Barcenilla<sup>2,4</sup>, M. Berrocal-Casero<sup>2,4</sup>, I. Claver-Díaz<sup>4</sup>, S. Ozkaya de Juanas<sup>2</sup> y J.A. Pérez-Valera<sup>4,5</sup>

1 Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España. mariar.alcalde@uam.es

2 Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente (Grupos de Investigación Paleolítica e IberCreta), Universidad de Alcalá, 28805 Alcalá de Henares, España. julia.audije@uah.es, fbarroso@uah.es, senay.ozkaya@edu.uah.es

3 Departamento de Biología (Laboratorio de Poblaciones del Pasado), Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España. julia.audije@estudiante.uam.es

4 Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología (Grupo de Investigación Procesos Bióticos Mesozoicos), Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España. fbarroso@geo.ucm.es, melani.berrocal@ucm.es, idclaver@ucm.es, japerezv@ucm.es

5 Departamento de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, Universidad de Alicante, 03080 Alicante, España. japerezv@ua.es

**Resumen:** Las distintas intervenciones realizadas hasta la fecha en los yacimientos paleontológicos de las “Hoces de Beteta” han permitido recuperar, además de numerosos microfósiles y macrorrestos de invertebrados, diversos restos de vertebrados. Con el objetivo de desarrollar una capacidad de análisis que permita argumentar, en términos precisos, las decisiones tomadas con respecto al proceso restaurador más adecuado para la preparación y conservación de los ejemplares óseos obtenidos, entre éstos, se ha seleccionado, por su representatividad, un fósil procedente del yacimiento de Vadillos-1. El ejemplar elegido, correspondiente a un resto postcraneal de Dinosauria, se encontraba en un estado de preservación relativamente bueno, pero partido en siete fragmentos, presentándose uno de ellos parcialmente recubierto por una concreción carbonatada de elevada consistencia. A este fragmento se le han aplicado ciclos experimentales de limpieza química y mecánica, estableciéndose tratamientos con ácido clorhídrico (HCl) diluido del 15 al 5%, en intervalos de tiempo de 1 a 72h, seguidos de ensayos de eliminación de la matriz mediante aguja percutora. Finalizada la limpieza química y mecánica, se ha procedido a realizar una valoración estimativa de los ciclos desarrollados, mostrándose más eficaces los que incluyen un tratamiento químico más prolongado con ácido más diluido. Por último, los siete fragmentos se han unido mediante un adhesivo concentrado reversible, quedando el resto óseo siglado y depositado en condiciones de preservación adecuadas.

**Palabras clave:** Restauración, limpieza mecánica, limpieza química, macrovertebrados, “Hoces de Beteta”.

**Abstract:** *The different interventions carried out to date at the palaeontological sites of the “Hoces de Beteta” have allowed to recover, along with numerous microfossils and invertebrate macroremains, diverse vertebrate remains. Aiming to develop the analysis capacity which will allow to argument, in precise terms, the decisions made concerning the most appropriate restoration process for the preparation and preservation of the obtained bone specimens, among these, it has been selected, and due its representativeness, a fossil from the Vadillos-1 site. The chosen specimen corresponds to a postcranial remain of Dinosauria, which was in an adequate preservation state, but fragmented in seven pieces, one of them partially covered by a highly consistent carbonate concretion. Five experimental cycles of chemical and mechanical cleaning have been carried through to this piece, stablishing treatments with hydrogen chloride (HCl) diluted from 15 to 5%, in temporal intervals from 1 to 72h, followed by matrix elimination tests with a hand engraver. Once finished the chemical and mechanical cleaning, an estimative assessment of the developed cycles has been carried out, showing as more efficient those which include a more prolonged chemical treatment with more diluted acid. Finally, the seven fragments have been put together using reversible concentrated adhesive, remaining the specimen labelled and deposited in suitable preservation conditions.*

**Keywords:** *Restoration, mechanical cleaning, chemical cleaning, macrovertebrates, “Hoces de Beteta”.*

## INTRODUCCIÓN

Los yacimientos paleontológicos de las “Hoces de Beteta” incluyen tres afloramientos, denominados Vadillos-1, Vadillos-2 y El Tobar, que se encuentran localizados en el norte de la Serranía de Cuenca (centro de España). Concretamente se sitúan en el paraje denominado “Hoz de Beteta”, una amplia garganta natural formada por un grupo de cañones excavados por el río Guadiela y su afluente, el arroyo Masegar. La zona se encuentra incluida en la hoja MAGNA 539 de Peralejos de las Truchas (Álvaro López y Olmo Zamora, 1989), quedando los tres yacimientos situados en materiales del Cretácico Inferior en facies “Weald”, que corresponden a lutitas marrones, grises y rojizas, con intercalaciones de calizas y areniscas.

La existencia de restos de vertebrados procedentes de la localidad de Vadillos (sin ubicación geográfica precisa) ya fue apuntada por Curnelle (1968). Este autor, en su estudio sobre la Geología de la Serranía de Cuenca, citó huesos de saurópodos, terópodos y de *Iguanodon* sp. Por su parte, Lapparent *et al.* (1969) analizaron en detalle el material paleontológico recolectado por Curnelle en niveles de “arcillas rojas y gravas gruesas”, asignando una edad Hauteriviense-Barremiense (Cretácico Inferior) en base al análisis de las carofitas encontradas. Los restos de vertebrados fósiles fueron atribuidos a Saurópoda indet. (seis vértebras caudales y algunos fragmentos de huesos largos), así como a Theropoda indet. (dos vértebras dorsales, una vértebra caudal y una tibia) e *Iguanodon* sp. (cuatro vértebras que actualmente sólo pueden ser atribuidas a un *Styracosterna*, según Lapparent *et al.*, 1969). Una parte de este material fósil histórico originario de Vadillos desapareció posteriormente, mientras que otra parte fue depositada en el *Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris* (MNHN, Francia). El material que permaneció en dicho museo fue revisado posteriormente por Ruiz-Omeñaca y Canudo (2003), quienes han asignado las vértebras de saurópodos a Titanosauriformes indet.

El posterior descubrimiento y exploración de los yacimientos de Vadillos-1, Vadillos-2 y El Tobar, ha proporcionado material paleontológico adicional atribuido a restos de algas (carofitas) y plantas (macrorrestos y palinomorfos); invertebrados, como moluscos (bivalvos y gasterópodos) y crustáceos (ostrácodos); y vertebrados, como peces, anfibios, tortugas, cocodrilomorfos y, mayoritariamente, dinosaurios (tiroóforos, ornitópodos y terópodos). Esta rica flora y fauna, que está siendo estudiada en detalle en la actualidad, vivió en ambientes continentales y transicionales del Barremiense superior, en áreas correspondientes a márgenes lacustres y llanuras de inundación (Barroso-Barcenilla *et al.*, 2017; Barrón *et al.*, 2019).

En los macrorrestos de vertebrados procedentes de campañas de excavación e investigación más recientes (*e.g.*, Proyectos de Investigación del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico de la Junta de Castilla-La Mancha VC/SPA/180388, SBPLY/19/180801/000071) sólo se ha procedido a una intervención restauradora en aquellos ejemplares en los que se ha considerado estrictamente necesario, después del examen científico de los mismos, y con

objeto de facilitar su estudio. En estos casos, se ha dejado constancia de los procedimientos, criterios utilizados y personal que ha realizado la labor restauradora.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La toma de decisiones que permitan plantear adecuadamente una intervención restauradora (Gómez González, 1998) se fundamenta, por un lado, en la revisión bibliográfica de la documentación histórica (investigaciones previas sobre el yacimiento y el estado de su material) y de los criterios de actuación según el decálogo de restauración. Y, por otro lado, se basa en la caracterización de los materiales procedentes del yacimiento en estudio. La diagnosis de la estructura material de los fósiles, de su estado de conservación y sus características tafonómicas, se determina mediante la realización de un examen científico, desarrollando la misma metodología de análisis para conseguir un conocimiento más profundo de la técnica de intervención restauradora apropiada. Esta diagnosis parte de un análisis organoléptico y se complementa con ensayos de técnicas de limpieza en laboratorio (Gómez González, 1998).

En las Hoces de Beteta, los macrofósiles de vertebrados del Cretácico Inferior aparecen en su mayoría como restos dispersos y desarticulados, expuestos sobre la superficie de los yacimientos. Corresponden principalmente a elementos apendiculares, vertebrales y costales asignables a Dinosauria, habitualmente fragmentados y preservados en bioapatito, que en ocasiones se presentan parcialmente cubiertos por una resistente matriz carbonatada y con su interior parcialmente reemplazado por cristales de calcita con crecimiento en geoda (Prieto *et al.*, 2016; Barroso-Barcenilla *et al.*, 2017).

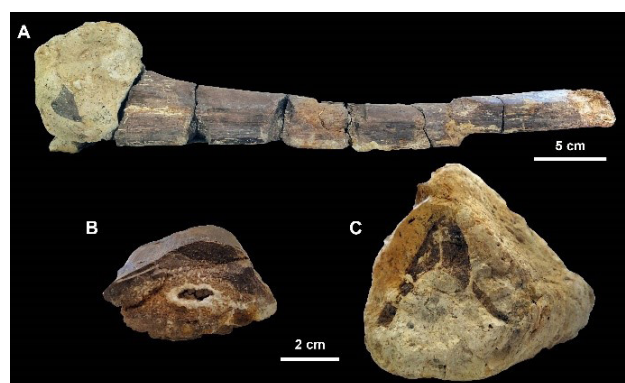


FIGURA 1. A) Macrorresto de vertebrado seleccionado, procedente del yacimiento de Vadillos-1. B) Vista en sección de uno de sus fragmentos, con el interior parcialmente reemplazado por cristales de calcita, pero adecuadamente consolidado y limpio. C) Vista en sección del fragmento recubierto por una concreción carbonatada endurecida.

Entre los macrofósiles de vertebrados obtenidos, se ha seleccionado, como elemento representativo para el ensayo de técnicas de restauración del material óseo recuperado, un resto procedente del yacimiento de Vadillos-1, que ha permitido determinar la metodología más adecuada. Este

resto se encontraba en un estado de preservación relativamente bueno, pero fracturado en siete fragmentos (Fig. 1A). Seis de ellos, aunque presentaban su interior parcialmente reemplazado por cristales de calcita, se encontraban adecuadamente consolidados y mostraban una superficie sin matriz y relativamente limpia, por lo que no ha sido necesario aplicar en el laboratorio sobre estos fragmentos más tratamiento que el de limpieza mediante un lavado con agua desmineralizada y una pequeña brocha, para retirar los escasos restos de sedimento adheridos (Fig. 1B).

Sin embargo, el séptimo fragmento se encontraba rodeado de una concreción carbonatada de naturaleza margosa que impedía una adecuada observación de su morfología, haciéndose imprescindible una eliminación de la matriz para una adecuada identificación taxonómica y anatómica del resto (Fig. 1C). Considerando la naturaleza carbonatada de la matriz y su elevada consistencia, a este fragmento se le han aplicado tratamientos experimentales de limpieza química y mecánica. Para la limpieza química se han establecido ciclos con ácido clorhídrico (HCl) al 5%, 10% y 15%, en intervalos de tiempo de 1h, 2h, 4h, 24h, 48h y 72h (Fig. 2A). Tras cada ciclo, se ha procedido a un ensayo de limpieza mecánica, realizado mediante una aguja percutora o vibroincisor, con una punta estándar de 38 mm y otra más ancha (cinceladora), unido a un compresor de aire (Fig. 2B).

El propósito de estos ensayos consiste en averiguar si la matriz carbonatada se ha debilitado lo suficiente tras aplicarle un ataque directo con ácido, y así facilitar su preparación mecánica para que sea más rápida la limpieza de los restos fósiles. Finalizada la limpieza química y mecánica los siete fragmentos se han unido con un adhesivo concentrado reversible (Fluoline A), quedando el resto óseo siglado y depositado temporalmente en el Laboratorio de Investigación Paleontológica del Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente de la Universidad de Alcalá (UAH).

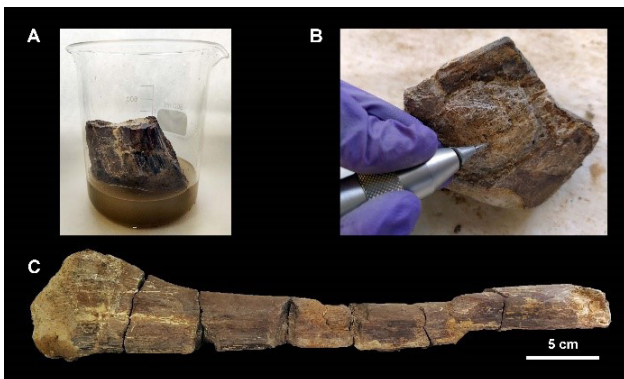


FIGURA 2. A) Limpieza química del macrorresto de vertebrado con ácido clorhídrico diluido al 5%. B) Limpieza mecánica mediante aguja percutora con punta de 38 mm. C) Detalle del fósil en conexión, tras la limpieza y la unión de sus fragmentos mediante adhesivo concentrado reversible.

## DISCUSIÓN

La matriz que recubría el fragmento de resto fósil seleccionado para el ensayo se presentaba firmemente adherida a la superficie ósea y, aunque mostraba en ocasiones pequeñas áreas concrecionadas y con precipitaciones de calcita, se encontraba muy endurecida, por lo que se ha considerado que la limpieza química por inmersión total (previsiblemente prolongada o con ácido poco diluido) podría generar efectos secundarios irreversibles sobre la muestra. Por el mismo motivo, la limpieza mecánica exhaustiva (y sin previo debilitamiento químico) también podría comprometer la estabilidad y conservación del fósil. Por ello, se han realizado ensayos preliminares sistemáticos que han determinado la forma de aplicación y duración del tratamiento químico-mecánico, para que sólo afecte a la matriz sedimentaria. Así pues, se han alternado ciclos de limpieza química con limpieza mecánica parcial, y se ha mantenido el criterio más conservador posible para no comprometer la estabilidad del propio resto fósil.

Para la limpieza química se han establecido ciclos de duración determinada, de 1 a 72 h (Lindsay, 1995), y proporciones de concentración de ácido descendentes, del 15 al 5% (Tabla I), atendiendo a las medidas de seguridad y salud establecidas en la Ley (31/1995) de Prevención de Riesgos Laborales. La limpieza química se ha llevado a cabo por inmersión exclusivamente de la matriz en ácido clorhídrico en diferentes proporciones, protegiendo de este modo el resto óseo. Terminada cada limpieza química, el ácido se ha neutralizado con bicarbonato sódico, y se ha procedido a aplicar una limpieza mecánica parcial con la aguja percutora, eliminando la matriz afectada por el tratamiento previo.

De este modo, el proceso de intervención se ha demostrado progresivamente más eficaz dado que, tras cada ciclo de limpieza química y mecánica, la matriz se ha presentado cada vez menos compacta, consiguiéndose un reblandecimiento mayor de ésta, favorecido por su baja, aunque efectiva permeabilidad. Asimismo, se ha comprobado que la diferente composición y textura de la matriz, respecto a la del resto óseo, ha facilitado la finalización de la limpieza mecánica en las capas más próximas a éste, el cual no ha mostrado inestabilidad durante el progreso de la limpieza, hasta alcanzar su superficie.

Tras la aplicación de los ciclos indicados de limpieza química y mecánica, y conseguirse la eliminación completa de la matriz, no se ha observado deterioro externo ni interno del fragmento óseo seleccionado. Una vez limpio, este fragmento y los seis restantes, en los que tampoco se han apreciado señales de deterioro, se han unido mediante un adhesivo concentrado reversible (Fluoline A) (Fig. 2C).

Finalmente, el conjunto del resto óseo recuperado se ha siglado siguiendo la metodología estándar propuesta por Davidson *et al.* (2006), para facilitar su identificación y estudio posterior, y se ha guardado en un contenedor plástico preparado a tal efecto, quedando el fósil temporalmente depositado en el Laboratorio de Investigación Paleontológica del Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente de la UAH.

Puesto que el trabajo del restaurador consiste en asegurar que todos los ejemplares sean tratados con el máximo cuidado y conservados para las generaciones futuras, asegurando así su incorporación en una colección y futuras investigaciones (Leiggi y May, 2005), se ha considerado fundamental realizar un seguimiento de las condiciones ambientales del espacio de almacenamiento, para lo que se dispone de un registrador de humedad y temperatura (*data-logger*) en la instalación.

## CONCLUSIONES

Para el estudio y evaluación del método más eficaz para la restauración de los macrofósiles de vertebrados del Barremiense superior de las Hoces de Beteta, se ha seleccionado un resto óseo procedente del yacimiento de Vadillos-1. El ejemplar elegido, correspondiente a un resto postcranial de Dinosauria, se encontraba adecuadamente consolidado, pero fragmentado, presentándose uno de sus fragmentos parcialmente recubierto por una concreción carbonatada endurecida y firmemente adherida a la superficie ósea. Para favorecer el proceso de intervención restauradora, en términos de tiempo y calidad en la ejecución, se han alternado ciclos de limpieza química, con ácido clorhídrico diluido, y mecánica, con aguja percutora. La diferente composición y textura de la matriz, respecto a la del resto óseo, ha facilitado la limpieza. La valoración de los ciclos desarrollados ha demostrado como más eficaces los que incluyen un tratamiento químico más prolongado con ácido más diluido. Una vez retirada la concreción carbonatada, siguiendo el decálogo de restauración, se ha aplicado un adhesivo concentrado reversible para la unión de los fragmentos, quedando el resto óseo siglado y depositado en condiciones de conservación adecuadas.

CICLOS	Duración					
	1 h	2 h	4 h	24 h	48 h	72 h
HCl 15%	x	x				
HCl 10%			x	x	x	
HCl 5%						x

TABLA I. Ciclos del tratamiento de limpieza con ácido clorhídrico diluido.

## AGRADECIMIENTOS

Proyecto de Investigación del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico de Castilla-La Mancha SBPLY/19/180801/000071.

## REFERENCIAS

Álvaro López, M. y Olmo Zamora, P. del. (1989): *Mapa Geológico de España 1:50.000, Segunda Serie: Peralejos de las Truchas, 539 (9-13)*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Barrón, E., Barroso-Barcenilla, F. y Sevilla, P. (2019): Estudio palinológico del Barremiense de las “Hoces de Beteta” (Cuenca, España). *Libro de Resúmenes de la XXIII Biental de la Real Sociedad Española de Historia Natural*: 119-120.

Barroso-Barcenilla, F., Berrocal-Casero, M., Blain, H.A., Callapez, P.M., Cambra-Moo, O., Escaso, F., Martín-Clozas, C., Ortega, F., Pérez-García, A., Prieto, I., Rodríguez-Lázaro, J.M., Ruiz-Galván, A., Sanz, J.L., Segura, M. y Sevilla, P. (2017): Geological and Palaeontological context of three new Barremian vertebrate sites in the Iberian Peninsula (Lower Cretaceous, Cuenca, Spain). *Proceedings of the Geologists' Association*, 128: 256-270.

Curnelle, R. (1968): *Études géologiques dans la Serranía de Cuenca, entre Priego et Beteta (Espagne Centrale)*. PhD Thesis, Université de Bordeaux: 177 p.

Davidson, A., Alderson, S. y Fox, M. (2006): Assembling an archival marking kit for paleontological specimens. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 26: 54A.

Gómez González, M.L. (1998): *La restauración: examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Cátedra, Madrid: 436 p.

Lapparent, A.F. de, Curnelle, R., Defaut, B., Miroshedji, A. de y Pallard, B. (1969): Nouveaux gisements de Dinosaures en Espagne centrale. *Estudios Geológicos*, 25: 311-315.

Leiggi, P. y May, P. (Eds.). (2005): *Vertebrate Paleontological Techniques*, 1. Cambridge University Press, Cambridge: 366 p.

Lindsay, W. (1995): A review of the acid technique. En: *The Care and Conservation of Palaeontological Material* (Collins, C., ed.). Butterworth-Heinemann, Oxford: 99-105.

Prieto, I., Barroso-Barcenilla, F., Cambra-Moo, O. y Sevilla, P. (2016): Taphonomic approach to the vertebrate remains of the “Hoces de Beteta” Lower Cretaceous sites (Cuenca, Central Spain). *Libro de Resúmenes del XIV Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología - I International Meeting of Early-stage Researchers in Palaeontology*: 7.

Ruiz-Omeñaca, J.I. y Canudo, J.I. (2003): Dinosaurios (Saurischia, Ornithischia) en el Barremiense (Cretácico Inferior) de la Península Ibérica. En: *Dinosaurios y otros Reptiles Mesozoicos en España* (Pérez-Lorente, F., ed.). Instituto de Estudios Riojanos, Logroño: 269-312.