



**METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS
PLEISTOCENOS.
EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA,
SIERRA DE ATAPUERCA)**

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

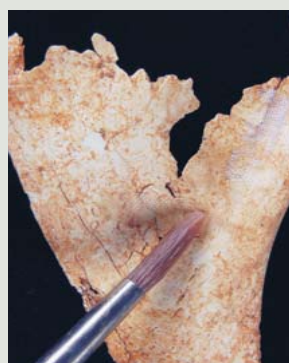
ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.

Metodología y criterios de restauración de restos óseos pleistocenos

**El tratamiento de los fósiles humanos de TD6
(Gran Dolina, Sierra de Atapuerca)**



**Lucía López-Polín
2015**

TESIS DOCTORAL
Director: A.Ollé
Universitat Rovira i Virgili

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

Lucía López-Polín

**Metodología y criterios de restauración de restos
óseos pleistocenos: el tratamiento de los fósiles
humanos de TD6 (Gran Dolina, Sierra de Atapuerca).**

TESIS DOCTORAL

dirigida por el Dr. Andreu Ollé

Departament d'Història i Història de l'Art



UNIVERSITAT
ROVIRA i VIRGILI

Tarragona

2015

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague



Departament d'Història i Història de l'Art
Facultat de Lletres
Campus Catalunya - Av. Catalunya, 35
43002 – Tarragona
Telèfon: 977559713
Fax: 977558386

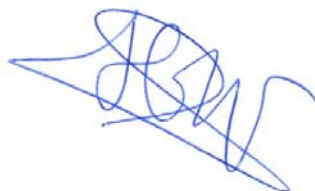


Zona Educacional, 4 – Campus
Sescelades URV (Edifici W3)
43007 – Tarragona
Telèfon: 977 943 003
info@iphes.cat

FAIG CONSTAR que aquest treball, titulat “Metodología y criterios de restauración de restos óseos pleistocenos: el tratamiento de los fósiles humanos de TD6 (Gran Dolina, Sierra de Atapuerca)”, que presenta Lucía López-Polín D'Olhaberriague per a l'obtenció del títol de Doctor, ha estat realitzat sota la meva direcció al Departament d'Història i Història de l'Art d'aquesta universitat.

Tarragona, 18 de novembre de 2015

El director de la tesi doctoral



Dr. Andreu Ollé Cañellas

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

AGRADECIMIENTOS

Entidades, centros, proyectos de investigación y personas que han dado soporte económico o científico

- Universitat Rovira i Virgili (URV) de Tarragona (beca predoctoral URV 2004-2008).
- Institut Català de Paleocologia Humana i Evolució Social (IPHES) (contrato de técnico desde 2008)
- La Junta de Castilla y León y la Fundación Atapuerca dan soporte a las excavaciones de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca.
- J.L. Arsuaga, J.M. Bermúdez de Castro y E. Carbonell, directores de las excavaciones y de los proyectos de investigación de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca.
- Equipo de Investigación de Atapuerca (EIA). Especialmente al equipo de excavación de TD6, coordinado por J. Rosell, y a los investigadores relacionados con el estudio de los fósiles humanos de TD6 (especialmente a P. Saladié, I. Cáceres, M. Martín, C. Lorenzo y A. Gómez-Olivencia).
- Miembros del tribunal de la tesis: Antonio Rosas, Fernando Carrera, Manuel A. Iglesias, Palmira Saladié, Jesús Rodríguez y M^a Dolores Marín.
- Servicio de Colecciones y de Conservación y Restauración del CENIEH.
- Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio (SECYR), UAM.
- Unitat de Microscòpia, Servei de Recursos Científics i Tècnics, URV.
- La investigación se ha enmarcado en los siguientes proyectos financiados:
 - o Autoecología humana del Cuaternario. Direcció General de Recerca, Generalitat de Catalunya (2005SGR-00702); 2005-2008.
 - o Comportamiento ecosocial de los homínidos de la Sierra de Atapuerca durante el Cuaternario II. Ministerio de Ciencia e Innovación (GL2009-12703-C03-02); 2010-2012.
 - o Contexte climàtic i ambiental de les dispersions humanes en el Plistocè. Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca, Generalitat de Catalunya (2009 SGR 324); 2009-2013.

Microscòpia d'alta resolució aplicada a anàlisis traceològiques, tafonòmiques i zooarqueològiques. Projecte de recerca Batista i Roca. Agència de Gestió

d'Ajuts Universitaris i de Recerca, Generalitat de Catalunya (2010 PBR 00010); 2011-2012.

- Comportamiento ecosocial de los homínidos de la Sierra de Atapuerca durante el Cuaternario III. Ministerio de Economía y Competitividad (CGL2012-38434-C03-03); 2013-2015.
- Evolució social, cultural i biològica al Plistocè inferior i mitjà. Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (2014 SGR 899); 2014-2016.

A mi familia

A Andreu, por su apoyo y por confiar en mí.

Y a mis hijas, Marta y a Clara, por su alegría, su cariño, su sinceridad y su inagotable energía. Porque ellas me recuerdan cuando lo olvido que hay muchas cosas que merecen la pena. Porque la energía que generan no se destruye, sino que en realidad se transforma en resistencia. Y es que si no fuera por ellas, ya no me habría empeñado en terminar esta tesis.

Gracias a los tres.

Más agradecimientos

Esta tesis se deriva del trabajo de restauración que he hecho a lo largo de más de diez años con los fósiles de *Homo antecessor*. El primer fósil lo restauré en 2003. Ya llevaba unos pocos años por Atapuerca, pero esta fecha marca un punto de inflexión en mi carrera profesional, porque se inició mi vinculación continuada con el equipo que llevaba ya tiempo trabajando en la URV, gran parte compañeros del proyecto de Atapuerca, con los que he crecido profesional y personalmente. Han trabajado mucho y han hecho algo muy bonito entre todos: dejar que la gente que quería dedicarse “a esto” de la arqueología y todas las “especialidades satélites” pudiera hacerlo. El problema es que son tantos que las individualidades normalmente se pierden. También para darles las gracias como se merecen.

Pero el equipo de investigación de Atapuerca es inmenso, está formado por personas de muchos centros y muchos lugares y, sinceramente, en una campaña se aprende mucho simplemente charlando con casi cualquiera de ellos. Hay mucha gente que está trabajando mucho y bien, y da gusto escucharlos, a cada uno con su especialidad. De TD6 proceden estos fósiles, así que con la tesis están estrechamente relacionado todo el equipo de excavación y de investigación más ligado a ellos.

Es obligado dar las gracias a los codirectores del proyecto de Atapuerca, especialmente a E. Carbonell, al cual le agradezco que me incluyera en el proyecto de investigación IPHES-URV, pero sobre todo que considerase que la restauración merecía ser una línea de investigación. No hay suficiente gente dedicándose a esto, ni existe la “escuela” que existe en otras áreas, pero esta tesis y las publicaciones que incluyen en ella son granitos de arena

para empezar a crearla. A él y a José María Bermúdez de Castro, les agradezco que confiaran en mí para restaurar los humanos de TD6.

A Andreu Ollé porque un día dijo sí a ser director de esta tesis y ha aguantado hasta el final. Porque le gusta participar y porque, por el camino, ayuda en muchas cosas. Porque anima y da confianza. Porque siempre le ha movido una ilusión increíble y contagiosa por esto de la investigación. Y porque él nunca ha pensado que este trabajo no mereciese la pena. No hay nada como tener confianza en que alguien hará algo para que lo haga.

A los miembros del tribunal tengo que agradecerles su disposición para leer y evaluar este trabajo. A todos. A los que son del gremio de la restauración, porque aunque aún cuesta encontrar doctores en este campo; con su ayuda, cada día habrá más. A los que no son del gremio de la restauración, por la apertura de miras, por ser capaces de salir de su campo de especialización y, cómo no, por la buena disposición al prestarse a evaluarlo.

Pero mi agradecimiento más emotivo es para los compañeros del IPHES-URV vinculados de una manera u otra tanto a la investigación de Atapuerca, como a otros proyectos en los que colaboro como restauradora (el Barranc de la Boella, la Cansaladeta, yacimientos del proyecto de Primeros Pobladores de Extremadura, el Camp dels Ninots...). Gracias por el respeto y por la confianza. Gracias a los que habéis contribuido a que el peso de la restauración fuera creciendo y se convirtiera en una parte importante de la cadena de investigación.

Gracias a los compañeros de restauración, especialmente a los que siguen peleando por intentar seguir en esto, a pesar de todo y de lo difícil que es “establecerse” en este campo. Y porque, aunque a nadie le amarga un cráneo, nos lo pasamos bien saltando como las ranas de una cosa a otra. Qué bonito es trabajar con gente con la que a veces discutes sobre cómo hacer un tratamiento (o ya no sabes sobre qué), pero nunca dejas de confiar en ella.

Estoy muy cansada, tengo prisa, y no quiero estresarme escribiendo nombres y pensando que me he dejado a alguien, pero sois muchos los habéis ayudado de una u otra manera. Sois todos vosotros, los que habéis compartido tantos momentos de buen rollo. Qué buenos atardeceres en Arlanzón y qué buenos momentos en tantos yacimientos. Al final, nos quedará eso.

Son muchos años y sería casi imposible que no hubiera habido algún mal momento, pero de verdad que me gusta trabajar con vosotros. Y, a pesar de lo largo del camino, algunos aún me habéis sorprendido en los últimos tiempos con vuestra solidaridad y comprensión y me habéis ayudado mucho preguntándome por cómo iba la tesis y animándome a terminarla.

Todo mi agradecimiento de corazón a los que habéis trabajado en equipo continuamente; a los que disfrutáis haciendo cadenas inhumanas, moviendo tablones... Porque que hay un montón de cosas que no se pueden poner en el currículum porque no dan puntos, pero que se pueden convertir en divertidas y, además, nos mantienen con los pies en el suelo y sabiendo que los yacimientos no se excavan solos. A los que habéis trabajado mucho a cambio de bien poco; a los que habéis “crecido” y demostrado que no sólo servíais para hacer memorias de excavación; a los que habéis luchado por dignificar una manera de funcionar diferente y aún seguís luchando porque los siguientes tengan su oportunidad. Porque ahora parece que todo marcha solo y que uno llega, investiga y publica. Pero ha costado.

Y a todos esos “jóvenes”, muchos de ellos en realidad mucho más veteranos que yo en esto del doctorado, otros muy recientes. Todos ellos animan porque echan mucha energía y mucha ilusión. Porque son tiempos de precariedad laboral en los que es difícil ver un futuro ligado a la investigación y aun así siguen y siguen... Todo un mérito. Esperemos que la suerte sea justa, una paradoja en la que habrá que creer.

Bazinga!

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

**Metodología y criterios de restauración
de restos óseos pleistocenos:
el tratamiento de los fósiles humanos de
TD6 (Gran Dolina, Sierra de Atapuerca)**

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

RESUMEN

Esta tesis tiene por objetivo proporcionar criterios para realizar intervenciones de conservación-restauración (o preparación) de restos óseos pleistocenos. La cronología es relevante en la medida en que en ella se enmarcan yacimientos en los cuales se realizan estudios desde una doble perspectiva, la arqueológica y la paleontológica. Dentro de estos dos campos, hay diversos estudios que pueden verse beneficiados en mayor o menor medida en función del tipo de tratamiento de restauración y, sobre todo, del nivel de intervención que se aplique a los fósiles (grado de limpieza, de reconstrucción, etc).

Este trabajo se basa en la restauración de parte de los fósiles humanos (*Homo antecessor*) procedentes del nivel TD6 del yacimiento de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos, España). En los primeros capítulos se contextualizan los fósiles y se sintetiza la información sobre las actuaciones de restauración y moldeo previas a esta tesis. Los tratamientos se recogen en los capítulos de metodología y resultados.

Estos fósiles de TD6 presentan una serie de problemas que son comunes a los restos de otros muchos yacimientos y, esencialmente, comparables a los de medio kárstico: el sedimento en el que se hallan con frecuencia es compacto y está fuertemente adherido a la superficie ósea. En consecuencia, parte del trabajo de restauración consiste en subsanar fracturas de excavación o en “terminar de excavar” en el laboratorio los fósiles. Los tratamientos consisten esencialmente en limpiezas, consolidaciones y reconstrucciones. Para llevarlos a cabo, es clave conocer bien la anatomía de los fósiles y también los objetivos y los requerimientos de los estudios que se efectúan sobre ellos.

En esta tesis se sostiene que el marco metodológico de la Conservación y Restauración, aunque válido, es demasiado amplio para guiar el tratamiento de fósiles como estos, y que la bibliografía existente aún no cubre este hueco. La propuesta es que los objetivos y los requerimientos de los distintos estudios que se basan en el análisis directo de los fósiles tienen que incorporarse a la toma de decisiones sobre el tipo y el grado de intervención. En definitiva, estos requerimientos no se consideran factores limitantes, sino al contrario, pautas que necesariamente hay que incluir en cualquier propuesta de intervención.

No obstante, esto no significa que las intervenciones de restauración se tengan que subordinar sin más a las necesidades de la investigación. La Conservación y Restauración es una disciplina con sus propios principios y métodos. Tal como se intenta mostrar con la

descripción de los tratamientos efectuados a los fósiles de TD6, las intervenciones se basan en el conocimiento del material que se trata, así como de las técnicas y productos de restauración. Además, siempre se siguen una serie de pasos elementales que llevan a valorar las posibles soluciones a partir del diagnóstico de las alteraciones y también de los objetivos de la intervención. Estos objetivos tienen que incorporar las necesidades de la investigación, pero sin poner por ello en riesgo la preservación de los objetos intervenidos.

En paralelo a las intervenciones, se desarrolla un trabajo de documentación exhaustiva, tanto para controlar y dejar constancia de los cambios introducidos por los tratamientos, como para recoger y registrar información que puede ser descubierta durante los tratamientos. Esta documentación, a la larga, tiene que servir también para evaluar las intervenciones, sus efectos y las posibles interferencias que pueden causar con los estudios posteriores, para así contribuir a la mejora tanto de los tratamientos en sí, como de la conservación de los materiales. Es por lo tanto una información necesaria y valiosa. Por ello se incluye como información suplementaria la descripción detallada de los tratamientos de restauración de los fósiles incluidos en este estudio.

Sobre los criterios de intervención específicos para restaurar restos óseos pleistocenos, sobre cómo pueden influir los requerimientos de la investigación en el diseño y de los tratamientos y, al contrario, sobre cómo pueden interferir los tratamientos de restauración en la investigación, se articula el capítulo de discusión de esta tesis.

En definitiva, con esta tesis se definen líneas de actuación básicas para realizar tratamientos de restauración en los restos óseos que se someten a estudios arqueológicos y paleontológicos. No obstante, queda mucho trabajo de investigación por desarrollar. Falta investigar aún sobre métodos de limpieza y de consolidación. Hay que realizar ensayos dirigidos a evaluar sus efectos, sus ventajas e inconvenientes. El objetivo no es estandarizar los tratamientos de restauración hasta el punto de establecer protocolos precisos para objetos según su composición, procedencia, cronología, etc. Estos datos, que necesariamente hay que considerar, no permiten estandarizar por sí mismos los tratamientos de restauración. Pero sí que hay que incrementar el corpus, aún insuficiente, sobre restauración de restos óseos y sobre las técnicas y los criterios específicos de actuación.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN	1
1.1.El papel del restaurador/a en un equipo de investigación arqueopaleontológica	1
1.2.El marco teórico: la Conservación y Restauración de Bienes Culturales	3
1.2.1. Criterios: los principios éticos de actuación	5
1.2.2. Metodología: las fases de un tratamiento de restauración	6
1.3. Definiciones y terminología: conservación, restauración, preparación	8
1.3.1. ¿Restauración, conservación, restauración-conservación?	8
1.3.2. La preparación paleontológica	10
1.3.3. La terminología en esta tesis	12
1.4. Objetivos y estructura de la tesis	13
1.4.1.Las publicaciones y sus antecedentes	13
1.4.2.Objetivos	14
1.4.3.Estructura	15
CAPÍTULO 2 – LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6: CONTEXTO	19
2.1. Los yacimientos y las intervenciones arqueológicas en Atapuerca.....	19
2.2. Los fósiles humanos de Atapuerca.....	22
2.3. La unidad TD6 de Gran Dolina	26
2.3.1. Gran Dolina.....	26
2.3.2. Las etapas de intervención arqueológica en TD6	28
2.3.3. El registro arqueopaleontológico de TD6	30
CAPÍTULO 3 – LA REVISIÓN DE LA COLECCIÓN DE LA PRIMERA ETAPA	35
3.1. Objetivos iniciales y desarrollo de la revisión.....	35
3.2. La revisión de los fósiles de 1994-1996 a efectos de inventario	36
3.2.1. El sistema de siglado de los fósiles humanos de TD6.....	36
3.2.2. El inventario actualizado de la colección de fósiles humanos	40
3.3. Las intervenciones anteriores y el estado de conservación de los fósiles de la primera etapa.....	42
3.3.1. La restauración	42
3.3.2. El moldeado de los fósiles: las técnicas y los efectos.....	44

CAPÍTULO 4 – METODOLOGÍA	53
4.1. Protocolo de restauración y siglado	53
4.2. Metodología y criterios de las nuevas intervenciones de restauración (2003-2015).....	55
4.2.1. Documentación y exámenes previos	56
4.2.1.1. Determinación de los fósiles y de sus rasgos relevantes	56
4.2.1.2. Las fotografías de los fósiles	57
4.2.1.3. Diagnóstico de las alteraciones	60
4.2.2. Determinación de los objetivos y los grados de intervención.....	62
4.2.3. Las intervenciones de restauración	63
4.2.3.1. Limpieza	63
4.2.3.2. Consolidación	78
4.2.3.3. Reconstrucción	81
4.2.4. La documentación de las intervenciones.....	85
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS: LA RESTAURACIÓN DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6	89
5.1. La metodología general de intervención	91
[Publicación 1] Pleistocene human remains and conservation treatments: the case of a mandible from Atapuerca (Spain).	
5.2. La limpieza con espátula de ultrasonidos	101
[Publicación 2] Preparation of Pleistocene Human Bones with an Ultrasonic Scaler: The Case of ATD6-112 mandible from Atapuerca (Spain).	
5.3. Síntesis: el tratamiento de los fósiles humanos de TD6	109
[Publicación 3] The preparation and conservation treatments of the human fossils from Lower Pleistocene unit TD6 (Gran Dolina site, Atapuerca) – the 2003-2009 record.	
CAPÍTULO 6 – DISCUSIÓN	125
6.1. Las intervenciones de restauración en los fósiles humanos de TD6.....	125
6.1.1. Procedimientos y materiales de restauración.....	126
6.1.2. La documentación de los tratamientos de restauración	131
6.1.3. Los criterios de intervención	133
6.1.4. La praxis: la restauración como parte del proceso de investigación	135
6.2. Criterios específicos para tratar restos óseos pleistocenos.....	137
6.2.1. Posibles interferencias de los tratamientos de restauración	139
[Publicación 4] Possible interferences of some conservation treatments with subsequent studies on fossil bones: A conservator's overview.	
6.2.2. Criterios para restaurar restos óseos pleistocenos	149
[Publicación 5] Interventive conservation treatments (or preparation) of Pleistocene bones Criteria for covering information from the archaeopaleontological record.	

CAPÍTULO 7 – CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO	159
7.1. Conclusiones	159
7.2. Perspectivas de futuro	161
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	165
APÉNDICES	177
I. Otras herramientas de limpieza: el láser y la proyección de abrasivos	177
[Publicación 6] Laser for removing remains of carbonated matrices from Pleistocene fossils.	
II. Inventario de fósiles humanos de TD6	193
IIa – Revisión del inventario y asignación de nuevas siglas	196
IIb – Catálogo de los fósiles humanos de TD6	201
III. La reconstrucción del fragmento mandibular ATD6-5	229
IV. Informe de los tratamientos de restauración de los fósiles humanos de los TD6	237

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

PUBLICACIONES INCLUIDAS

- López-Polín, L., Ollé, A., Cáceres, I., Carbonell, E., y Bermúdez de Castro, J.M. (2008). Pleistocene human remains and conservation treatments: the case of a mandible from Atapuerca (Spain). *Journal of Human Evolution*, 54(5), 539-545. [doi:10.1016/j.jhevol.2007.07.011](https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2007.07.011)..... **91**
- López-Polín, L., Bermúdez de Castro, J.M., y Carbonell, E. (2011). Preparation of Pleistocene Human Bones with an Ultrasonic Scaler: The Case of Mandible ATD6-112 from Atapuerca (Spain). *Archeosciences*, 35, 235-239. <http://archeosciences.revues.org/3283> **101**
- López-Polín, L., Bermúdez de Castro, J.M., y Carbonell, E. (En prensa). The preparation and conservation treatments of the human fossils from Lower Pleistocene unit TD6 (Gran Dolina site, Atapuerca) – the 2003-2009 record. *Quaternary International*.
[doi: 10.1016/j.quaint.2015.09.036](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.036) **109**
- López-Polín, L. (2012). Possible interferences of some conservation treatments with subsequent studies on fossil bones: A conservator's overview. *Quaternary International*, 275, 120-127. [doi:10.1016/j.quaint.2011.07.039](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.039) **139**
- López-Polín, L. (2015). Interventive conservation treatments (or preparation) of Pleistocene bones: Criteria for covering information from the archaeopalaeontological record. *Quaternary International*, 1-7. [doi:10.1016/j.quaint.2015.05.031](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.05.031) **149**
- López-Polín, L., Ollé, A., Chamón, J., y Barrio, J. (2008). Laser for removing remains of carbonated matrices from Pleistocene fossils. En M. Castillejo, P. Moreno, M. Oujja, R. Radvan y J. Ruiz (Eds.), *Lasers in the conservation of artworks: Proceedings of the International Conference Lacona VII, Madrid, Spain, 17-21 September 2007* (pp. 477-481). London: CRC Press **187**

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN

1.1. El papel del restaurador/a en un equipo de investigación arqueopaleontológica

Esta tesis se basa en las intervenciones de restauración hechas a los fósiles humanos del nivel TD6 del yacimiento de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos). Como sucede en otros muchos, en estos yacimientos el trabajo de restauración es crucial para recuperar en buenas condiciones el material durante la excavación, así como para hacer posible su estudio o su exposición y, en general, para evitar su deterioro.

Aún hoy con frecuencia se ve la restauración como un trabajo que sólo requiere habilidad manual y que pueden desarrollar no sólo restauradores, sino también arqueólogos o paleontólogos o, incluso a veces, gente con una formación ajena a cualquiera de estos campos. Parte de la culpa de este “intrusismo profesional” puede achacarse a los propios restauradores, que a veces se enfrentan a trabajos *in situ* o en el laboratorio con poca experiencia sobre los problemas y necesidades de materiales concretos. Un restaurador que no sabe distinguir un fémur de un húmero, puede intentar casar fragmentos sin relación; un restaurador que no sabe excavar, suele ser de poca ayuda en un yacimiento y puede proponer soluciones poco realistas. Todo ello contribuye a que, en algunos casos, se genere

una mala imagen del colectivo o, simplemente, a que sólo se recurra al restaurador cuando se necesita una ayuda puntual, cuando hace falta algo más de habilidad, de dedicación o algún conocimiento técnico para casos específicos.

Pero otra razón por la cual no se entiende este trabajo de restauración como algo más complejo es seguramente que, cuando se trabaja con registro arqueológico y paleontológico, es habitual que los investigadores sepan cómo extraer un fósil. De hecho, muchos manejan con destreza el cincel o, incluso, saben consolidar o hacer soportes de poliuretano para hacer levantamientos en bloque. Además, los especialistas en el estudio de restos óseos pueden ser también hábiles reconstruyéndolos, ya que conocer bien la anatomía permite localizar con facilidad la posición de determinadas piezas (igual que ocurre con los especialistas en otro tipo de objetos, piezas de industria lítica, objetos de cerámica, etc.).

También puede darse una situación completamente opuesta: que el investigador delegue del todo el trabajo en el restaurador, confiando sin más en que ese trabajo se hará con profesionalidad. Aunque a veces acierte, trabajando así se pierde la oportunidad interactuar y, con ello, de establecer criterios que permitan hacer intervenciones más eficaces y respetuosas. Es decir, en el fondo, este "intrusismo" se da más en realidad cuando los investigadores se interesan por recuperar y preservar los materiales en las mejores condiciones posibles.

Seguramente en otros campos de la investigación histórica sea más difícil juzgar el trabajo del restaurador. El historiador que estudia orfebrería, normalmente no conoce los inhibidores de corrosión de metales o los métodos de limpieza electroquímica. Lo mismo ocurre con otros muchos bienes: cuadros, retablos, mapas y documentos históricos, etc. Al margen del conocimiento que los investigadores puedan tener de su restauración, normalmente no están en situación de tener que actuar sobre los objetos que estudian. Pero el restaurador que trabaja en arqueología y paleontología, con frecuencia, se encuentra con investigadores que saben resolver bien parte de los problemas, por lo que también juzgan las intervenciones de restauración más de lo que suele suceder en otros campos. Con suerte o, normalmente, con experiencia, el restaurador puede introducir algunas técnicas o productos novedosos para el equipo de investigación, demostrando así la utilidad de sus conocimientos. Pero, cuando estas novedades se convierten en técnicas habituales, pasan de nuevo al "conocimiento colectivo" y, con el tiempo, suelen perder el prestigio que tuvieron inicialmente.

Con esta tesis se pretende contribuir a superar esa visión simplificada de la restauración. A través de la descripción y del análisis de una serie de intervenciones realizadas sobre un conjunto de fósiles humanos del nivel pleistoceno de TD6 de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca), se muestra y se discute sobre la metodología y sobre los criterios de intervención. Los procedimientos han sido mayoritariamente limpiezas mecánicas, consolidaciones y reconstrucciones, es decir, algo sencillo: quitar tierra, impregnar los fósiles de productos para reforzarlos y pegar fragmentos. Sin embargo, mostrando se espera dar cuenta de que, al margen de la simplicidad de la solución técnica, todas las intervenciones están hechas con conocimiento de los materiales empleados; de que todos los tratamientos, lejos de ser soluciones fortuitas, responden a una metodología establecida; y, finalmente, se pretende también mostrar cómo se han incorporado los requerimientos elementales de la investigación arqueopaleontológica al diseño de los tratamientos de restauración y cómo estos requerimientos en realidad ayudan establecer mejores criterios de intervención.

1.2. El marco teórico: la Conservación y Restauración de Bienes Culturales

Las intervenciones de restauración en las que se basa esta tesis se han hecho dentro del marco teórico de la “Conservación y Restauración de Bienes Culturales”. Esta disciplina tiene por objetivos son recuperar la “legibilidad” de esos bienes y garantizar su preservación a largo plazo (entre otros, ICOM, 1984; ECCO, 2002). Es decir, se dedica a que los objetos alterados puedan volver a ser apreciados y a entenderse y, además, a minimizar su deterioro.

La denominación de estos “bienes” de los que se ocupa el conservador-restaurador varía ligeramente según las áreas geográficas, pero entre ellos se cuentan todos esos elementos muebles e inmuebles que tradicionalmente se han considerado parte del denominado “patrimonio histórico” o “cultural” y que son testimonios de las actividades humanas del pasado. Además, y aunque a veces se consideren parte del “patrimonio natural”, entre los bienes que trata el restaurador también se incluyen los fósiles, es decir, los restos de organismos vivos y también de algunas de sus actividades (huellas, coprolitos, etc). Por lo tanto, el trabajo del restaurador puede dirigirse a una gran variedad de objetos, de distinta composición y con diversos usos (científico, litúrgico, etc.), desde restos arqueológicos a esculturas, ropajes, mapas históricos, etc. En cualquier caso, todos ellos patrimonio de la sociedad, que deben tratarse y cuidarse con profesionalidad, porque de un mal tratamiento se deriva su empeoramiento, su inutilización o, incluso, su destrucción.

Cuando se restaura, con frecuencia se interviene directamente sobre objetos que pueden ser delicados, pueden desintegrarse con facilidad, estar fragmentados, etc. Con los tratamientos, los objetos se manipulan, se utilizan herramientas, productos químicos, etc. Por lo tanto, se requiere experiencia y destreza manual, pero no sólo eso: en restauración, se trabaja siempre con conocimiento previo de los objetos que se tratan, tanto de su composición material como de la información que contienen; se diagnostican las alteraciones sobre las que hay que actuar; se planifican las intervenciones menos invasivas, que no añadan nada que pueda desvirtuar el aspecto o que puedan poner en riesgo a los objetos; y, por último, además de recuperar los objetos para su uso inmediato (sea investigación, exposición, etc.), se interviene para procurar su preservación a largo plazo.

Los principios elementales de la Conservación y Restauración se empezaron a establecer en las obras ya clásicas de Brandi (1977) y de Baldini (1978), que se reelaboraron y completaron con aportaciones más modernas (Caple, 2000; Appelbaum, 2007; Macarrón, 2008; Muñoz Viñas, 2003). Además existen numerosos documentos corporativos elaborados por instituciones o por asociaciones profesionales relacionadas con la conservación del patrimonio. Muchos de ellos se ocupan también de definir la profesión, es decir, de establecer cuáles son los conocimientos necesarios para ejercer la restauración y, en general, también remarcan la necesidad de que las intervenciones se lleven a cabo por profesionales formados en conservación-restauración (ICOM, 1984; E.C.C.O., 2002; E.C.C.O., 2011; ENCORE, 2014). En realidad, en parte, intentan luchar contra ese “intrusismo” mencionado y también argumentar por qué la habilidad manual no es el único pilar de la profesión.

En estos documentos se estipula que para restaurar es necesario tener una formación superior, entre cuyos aprendizajes tiene que darse un equilibrio entre las ciencias y las humanidades. El restaurador tiene que tener conocimientos de historia para poder entender el significado y el valor de los objetos; de técnicas analíticas para caracterizar los materiales; de química básica para entender tanto los procesos de deterioro, como la interacción de los productos de restauración con los materiales; de técnicas de documentación avanzadas; de aspectos legales sobre el patrimonio. Además, por descontado, tiene que adquirir conocimientos específicos sobre la metodología y las técnicas de restauración.

Pero los documentos corporativos no sólo tratan de definir la profesión, sino también las normas o principios para regular la actividad de conservación y restauración y, de manera general, la metodología de intervención (entre otros, IIC, 1964; UKIC, 1983; AIC, 1985; ECCO, 2003; ICON, 2014). Todos estos textos coinciden en la mayoría de los principios

básicos de actuación, así como en los aspectos metodológicos comunes que se exponen en los siguientes apartados.

1.2.1. Criterios: los principios éticos de actuación

Los “criterios” o principios son directrices sobre los objetivos y los límites de las intervenciones de restauración. Entre los más extendidos se encuentran los siguientes:

- Respeto a la integridad del bien: hay que respetar el bien en su conjunto, considerando tanto sus aspectos materiales como inmateriales (valor estético, histórico, uso, etc.).
- Mínima intervención: hay que actuar sólo cuando es imprescindible y hasta el grado mínimo necesario para facilitar la preservación y la comprensión de los objetos intervenidos. De manera explícita, habitualmente se recoge que es preferible “preservar” (p.ej. adecuando el entorno, controlando las condiciones ambientales, etc.) que intervenir directamente introduciendo modificaciones sobre los objetos,
- Máxima reversibilidad: significa que, si se añaden materiales (consolidantes, materiales de relleno, adhesivos...), estos tienen que poder eliminarse fácilmente (siempre en la medida de lo posible, puesto que la reversibilidad completa es difícil de alcanzar).
- Máxima estabilidad de los materiales añadidos: estos deben estar probados y deben ser suficientemente estables como para garantizar la preservación a largo plazo, tanto del material añadido, como del propio objeto intervenido.
- Justificación y distinguibilidad de las partes añadidas: los añadidos tienen que ser verdaderamente necesarios (no arbitrarios) y, si reconstruyen partes faltantes, su forma y disposición tiene que estar bien fundamentada. En cualquier caso, los añadidos tienen que distinguirse bien para que no puedan confundirse con el material original.

Todos estos principios son “ideales” a los que hay que tender, aunque no se pueden cuantificar ni estandarizar, tampoco pueden siempre alcanzarse del todo. Por ejemplo, en el caso de la limpieza, el criterio de mínima intervención significa que, una vez que se ha retirado todo aquello que puede suponer un problema para la preservación o para la

comprensión (legibilidad) del objeto, ya no hay por qué insistir en la limpieza. Pero, ¿cómo se determina este nivel? En realidad, el nivel de limpieza requerido para que un objeto se entienda depende del espectador: no es lo mismo un especialista que alguien sin conocimientos previos sobre el objeto; es decir, no es lo mismo preparar un fósil para una exposición que para un estudio científico. Y así pasa con el resto de los criterios, también con el de reversibilidad, ya que eliminar por completo determinados productos (consolidantes, adhesivos, de relleno, etc.) no siempre es posible, especialmente si se trata de materiales debilitados, porosos y de productos que los impregnan en profundidad. Sin embargo, que los productos utilizados sean fácilmente reversibles es un criterio que hay que tener en cuenta cuando se barajan distintas posibilidades.

En definitiva, estos criterios no son directrices inamovibles, sino pautas que ayudan a seleccionar materiales y técnicas, así como a establecer los niveles de intervención, que siempre hay que ponderar en función de las necesidades específicas de cada objeto, de la situación en la que se desarrolla la intervención (p.ej. si el tratamiento es de campo o de laboratorio), y de la finalidad del tratamiento (p.ej. estudio o exposición).

No hemos incluido entre estos criterios la obligatoriedad de documentar, tanto el objeto como el tratamiento de restauración. Este requisito aparece con frecuencia entre los principios éticos, sin embargo, no es un principio ideal como los anteriores, sino un aspecto metodológico y, por lo tanto, se contempla en el apartado siguiente.

1.2.2. Metodología: las fases de un tratamiento de restauración

La metodología de conservación-restauración (Figura 1) incluye siempre una fase inicial de documentación y de caracterización material del objeto sobre el que se va a intervenir. Es decir, lo primero es conocer bien los aspectos materiales e inmateriales (significado histórico, valor, uso, etc.) de los objetos. Después, o simultáneamente, tiene que haber una fase de exámenes con el objetivo de diagnosticar las alteraciones, es decir, de reconocer cuáles son las relevantes y, en definitiva, sobre las que hay que intervenir.

La siguiente etapa consiste en hacer una propuesta de tratamiento, esto es, en diseñar la intervención, siempre basándose en los resultados de las fases anteriores. En la propuesta se marcan los objetivos y los grados de intervención, es decir, cuando se deciden las prioridades y también el aspecto que se quiere dar al objeto con el tratamiento. Para ello, es necesario saber qué uso se va a dar: ¿se van a estudiar, a exponer, almacenar?, etc. El uso

y las condiciones del lugar de destino, condicionan tanto las técnicas y los materiales empleados como los grados de intervención.

Durante el tratamiento, algunos procedimientos tal vez difieran de los inicialmente propuestos, ya que pueden surgir imprevistos. Sin embargo, esta propuesta inicial condicionará y guiará las intervenciones.

Metodología

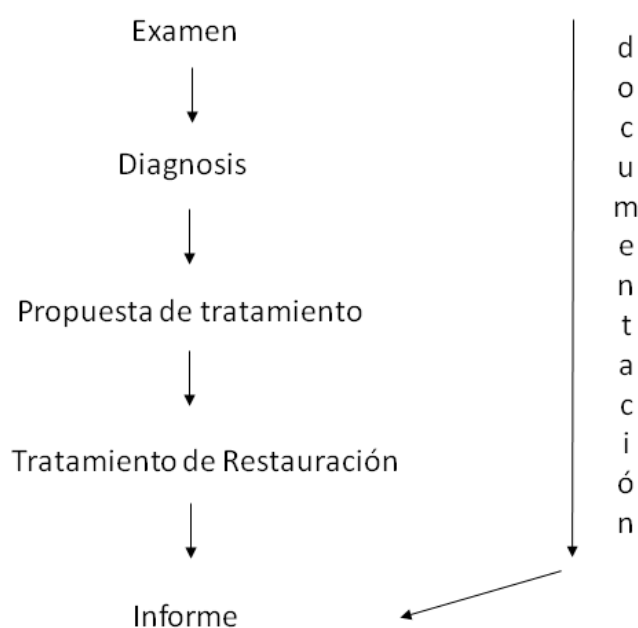


Figura 1. Esquema de la metodología general de intervención en conservación-restauración.

Al diagnóstico y la propuesta sigue la fase de intervención. Esta puede consistir en la adecuación del entorno para frenar el deterioro (control de parámetros ambientales, elaboración de un embalaje, etc.) o en una intervención directa, más invasiva, que incluya algunas acciones como la limpieza, la estabilización y la reconstrucción.

Toda la intervención tiene que documentarse. Hay que recopilar toda la documentación sobre la caracterización del objeto y sobre su significado histórico; también la propuesta de tratamiento y la descripción de la intervención realizada. Además, el objeto tiene que fotografiarse antes y después del tratamiento así como en los estadios intermedios que sean

significativos, es decir, los que ayuden a documentar mejor la intervención o en los que se registren cambios relevantes. Toda esta documentación, tiene que recopilarse en un informe final.

Para concluir el trabajo, el restaurador tiene que procurar que las medidas preventivas (embalaje, parámetros ambientales) sean las adecuadas. Aunque en la mayoría de los casos la conservación preventiva de los materiales se comparte, o se traspasa por completo, a los conservadores de las colecciones, el restaurador puede dar indicaciones sobre los requisitos de preservación del material, especialmente si las condiciones requeridas no son las estándar o si alguno de los procedimientos o de los materiales añadidos ha modificado las propiedades de los materiales originales.

1.3. Definiciones y terminología: conservación, restauración, preparación

En esta tesis, en castellano usamos los términos “conservación-restauración” y “restauración” indistintamente para referirnos a las intervenciones efectuadas sobre los fósiles para facilitar su apreciación, su estudio y su preservación. Sin embargo, en los artículos en inglés, la traducción de estos términos es “conservation”, y no “restoration”, y también se utiliza el término “preparación” (“preparation” en inglés). En este apartado se aclara por qué se utiliza así esta terminología.

1.3.1. ¿Restauración, conservación, restauración-conservación?

El término más usado actualmente en España para referirse al tipo de intervenciones como las que se describen en esta tesis, es el de “restauración y conservación” (o viceversa, o con guion: “conservación-restauración”). Y a los profesionales que las realizan, “conservadores-restauradores”.

Hace años, se usaba sin reparos el término “restauración”. Entre otros, lo hacían los autores italianos de la década de 1970, Brandi y Baldini, que escribieron obras de referencia sobre teoría de la “restauración”¹ (Brandi, 1977; Baldini, 1978). Posteriormente, tomó fuerza el criterio de la “no intervención”, de priorizar la preservación frente a la intervención con

¹ En italiano “restauro”.

intención “restauradora”, y en algunos países en los que antes no se usaba, empezó a utilizarse el término “conservación-restauración”. En cualquier caso, “restauración” y “conservación-restauración” hacen alusión al mismo oficio.

Con frecuencia intentan establecerse líneas de separación entre las acciones de “restauración” y las de “conservación”, las primeras más dirigidas a reparar o recuperar los objetos y, las segundas, a preservarlos. De hecho, cuando en lugar de intervenir sobre los objetos, se adecua su entorno (normalmente mediante el control de parámetros ambientales, temperatura, humedad relativa, etc.), estas acciones tienen una denominación especial, “conservación preventiva”. En este caso la intervención se puede considerar claramente de “conservación” y no de “restauración”, pero otras muchas acciones de conservación y restauración, no son tan fácilmente aislables.

Una de las propuestas más recientes de unificación terminológica elaborada por el Comité de Conservación del ICOM², además de contemplar la “conservación preventiva”, también continúa con el intento de separar las acciones de conservación de las de restauración, aunque con una denominación ligeramente diferente: “conservación curativa” y “restauración”, equivalentes a los términos ingleses de “remedial conservation” y “restoration” respectivamente.

Según esta propuesta, la “conservación curativa” contempla acciones directas que buscan frenar el deterioro y que, aunque pueden introducir cambios, no persiguen modificar el aspecto del objeto intervenido; un ejemplo, sería la consolidación. Por su parte, la “restauración” buscaría explícitamente modificar el aspecto, con el fin de que el objeto pueda apreciarse y usarse. Algunos ejemplos de restauración serían el ensamblaje de objetos o la reintegración (es decir, el añadido de material para restaurar pérdidas).

Pero esta propuesta del ICOM, a pesar de que tiene por objetivo aclarar la terminología, al final matiza que las acciones a veces pueden cumplir más de una finalidad, puesto que “una capa de protección” (por ejemplo, un barniz) puede considerarse tanto “restauración” (en el caso de un cuadro u otro objeto que lo ha perdido) como “conservación curativa” (porque protege). La situación análoga en el tratamiento de fósiles como los de esta tesis sería, por ejemplo, una reintegración o relleno con masilla de huesos que, además de restituir el aspecto, sirve para reforzar el fósil.

² ICOM-CC: International Council of Museums - Comitee for Conservation.

En definitiva, aunque algunas acciones puedan dirigirse a conservar y otras a restaurar -o recuperar el aspecto perdido-, cuando se realiza un tratamiento, a veces no es fácil establecer la línea de separación. En otras palabras, el objetivo de muchas acciones es doble: conservar y restaurar. Por sutil, y tal vez en muchos casos innecesaria, en esta tesis prescindimos de esta última distinción entre “conservación curativa” y “restauración”, y lo consideramos todo parte del proceso de “conservación-restauración” que, además por utilizar el término más simple, solemos referirnos directamente como “restauración”.

Sin embargo, en los artículos en inglés incluidos en esta misma tesis, la terminología cambia. Y es que, seguramente, parte de la complicación terminológica proviene de las diferencias que hay entre estos términos particularmente en inglés (aunque probablemente en alguna otra lengua). En inglés “conservation” se usa para denominar a esta disciplina llamada “conservación-restauración” (o “restauración”). Es decir, los restauradores (o conservadores-restauradores) en inglés son llamados “conservators”; y lo que aquí son “conservadores de museos” en inglés son “curators”³. Dentro del trabajo de restauración (“conservation” en inglés), el término “restoration” se refiere sólo una parte del proceso que implica recuperar el aspecto perdido mediante reconstrucciones, añadidos, etc. (tal como se recoge en la propuesta del ICOM).

1.3.2. La preparación paleontológica

A la discusión terminológica anterior hay que sumar otra palabra: “preparación”, que también puede tener connotaciones distintas⁴. Y es que los tratamientos a los que nosotros nos referimos como de “restauración” y que consisten en intervenciones directas sobre fósiles, se han abordado también desde el campo de la denominada “preparación paleontológica” (Rixon, 1976; Whybrow, 1985; Leiggi y May, 1994).

La “preparación” es una especialidad centrada en el tratamiento de especímenes paleontológicos y que, especialmente en algunos lugares, se encuentra separada de la restauración de bienes culturales. No obstante, coincide inevitablemente en gran parte en objetivos, procedimientos y técnicas.

³ En España existe la figura del “conservador” de museo. Estos conservadores se ocupan de garantizar la conservación, documentación y difusión de las colecciones depositadas en los museos, pero no efectúan los tratamientos de restauración (o de conservación-restauración).

⁴ Parte de la discusión de este apartado se encuentra en el artículo López-Polín, L. (2015) incluido en el capítulo de discusión.

Se dan, sin embargo, algunas diferencias, esencialmente en cuanto al enfoque y las prioridades de las intervenciones, puesto que la preparación paleontológica tiene normalmente por objetivo principal tratar los fósiles para permitir su estudio científico y su exhibición (por ejemplo, Rixon 1976). Preparar consiste esencialmente en intervenir sobre los especímenes que, de otra manera, no se podrían estudiar. Y, aunque también tiene por objetivo preservarlos, este aspecto está en general menos magnificado que en la conservación-restauración. Es decir, como la “preparación” es siempre sinónimo de “intervención directa”, aunque a veces se diseñen medidas preventivas, estas son siempre complementarias.

Profesión	Funciones	Término en inglés	
Conservador	Gestión, documentación, conservación, difusión e investigación de colecciones	Curator	
Restaurador Conservador-restaurador	Restauración y preservación de todo tipo de bienes culturales	Conservator	
Preparador	“Preparación” (o restauración) de material paleontológico	Preparator	

Figura 2. Terminología habitual sobre la profesión.

El oficio de “preparador” está bastante más desarrollado fuera de España. Aquí, en la mayoría de instituciones en las que se estudian, custodian o exponen materiales paleontológicos (museos, centros de investigación, etc.), las intervenciones de restauración –o preparación– las hacen fundamentalmente conservadores-restauradores⁵. Pero, en lugares donde coexisten ambas profesiones, los preparadores se encargan normalmente de los primeros tratamientos que necesitan los fósiles tras su recuperación (p.ej. eliminar el sedimento, consolidar, hacer soportes), mientras que los restauradores, por su parte, se

⁵ Ejemplos: IPHES (Tarragona), ICP (Barcelona), CENIEH (Burgos); MNCN (Madrid).

ocupan normalmente de la preservación de especímenes ya “preparados” (p.ej. embalajes o unas condiciones ambientales adecuadas).

En yacimientos arqueopaleontológicos, es decir, en los que no solo hay fósiles, el término “preparación” es algo confuso, porque lo que se denomina “preparación” de un fósil, normalmente tratamientos que consisten normalmente en “terminar de excavar”, en consolidar y en reconstruirlos, también se realiza sobre un artefacto lítico, sobre restos óseos modificados por los homínidos o sobre otros objetos. Y, en estos casos, el trabajo no se denomina “preparación”, sino “restauración” (o “conservación-restauración”). Por lo tanto, no sólo es el grado de intervención ni el objetivo de las actuaciones, sino el tipo de objeto intervenido, o más bien el tipo de estudio (paleontológico o arqueológico) lo que condiciona la terminología. Así, en un yacimiento paleontológico, puede entenderse la “preparación” como un conjunto de técnicas exclusivamente aplicadas a los fósiles. Sin embargo, cuando se trabaja con un registro “mixto”, en yacimientos que proporcionan tanto fósiles como otros materiales, puede verse claramente que esas técnicas son las mismas para todos los materiales y, en definitiva, la terminología tiende a unificarse.

1.3.3. La terminología en esta tesis

Los tratamientos en los que se basa esta tesis, como hemos mencionado, se desarrollan dentro del marco de la conservación-restauración. Sin embargo, comparten objetivos y procedimientos con la denominada “preparación”, puesto que son las primeras intervenciones realizadas a los fósiles tras su excavación y el objetivo principal es el de posibilitar su estudio.

En realidad, una de las propuestas de esta tesis es que la terminología que se emplee debería ser un asunto secundario, mientras que, la metodología y los criterios de las intervenciones de preparación o restauración-conservación, deberían ser en realidad los mismos

Así, en la parte escrita en castellano empleamos los tres términos, “restauración”, “conservación-restauración” y “preparación” como sinónimos, siempre refiriéndonos a las intervenciones directas, que son las que predominan en este trabajo. Sin embargo, en los textos en inglés, sí que se mantiene la diferencia, porque realmente existe, entre “conservation” y “restoration. Por lo que respecta al término “preparation”, igual que en esta introducción, en los artículos en inglés se discute sobre su equivalencia a los anteriores.

1.4. Objetivos y estructura de la tesis

1.4.1. Las publicaciones y sus antecedentes

Esta tesis se basa en una serie de artículos sobre la restauración de los fósiles humanos del nivel TD6 de la Gran Dolina, así como sobre aspectos metodológicos de la restauración de restos óseos pleistocenos en general. Estas publicaciones cubren un aspecto poco tratado.

Para empezar, a pesar de que la restauración en los yacimientos de Atapuerca tiene una tradición tan larga como la de las excavaciones, apenas se han publicado trabajos al respecto. Las primeras publicaciones sobre conservación y restauración en Atapuerca se basaron en descripciones generales de algunos trabajos de restauración de la industria lítica y de los restos óseos (Laborde Marqueze, 1986, 1987; García-Antón y Ibáñez, 1999). A estas siguió otra en la que se describía el funcionamiento general del equipo de restauración en los yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril (López-Polín et al., 2008). Pero las descripciones más detalladas de los tratamientos de se han hecho precisamente con algunos fósiles humanos. En concreto, se ha descrito el tratamiento de un fémur procedente de la Sima de los huesos (Ortega et al., 2009) y también los de los fósiles del nivel TD6 de Gran Dolina, que son parte de las publicaciones incluidas en esta tesis (López-Polín, et al. en prensa, 2008, 2011, capítulo 5).

Tampoco abundan los trabajos sobre restos óseos comparables, es decir, de cronología similar y problemática análoga los de Atapuerca, en definitiva, restos óseos que procedan de yacimientos, no de colecciones ya tratadas, y sobre los que se realice el primer tratamiento necesario para posibilitar su estudio. Hay, no obstante, algunos ejemplos de este tipo de trabajos, como Sanz Nájera (1980), Corti (1998), Boscato (2002), Rosas González et al. (2005), Fernández-Cascón et al. (2009), Larkin (2010), Gallardo García (2012), Beiner y Rabinovich (2013), Casado et al. (2014), Lacasa Marquina et al. (2014). También algunos trabajos propios, como los de los yacimientos del Tossal de la Font (Castellón) (López-Polín et al. 2010) y la Cansaladeta (Tarragona) (información suplementaria en Ollé et al., 2015).

El campo de la restauración no es especialmente prolífico en publicaciones, y no sólo por lo que respecta a la restauración arqueológica o paleontológica. Sirva de ejemplo que tan sólo hay dos publicaciones internacionales sobre restauración con factor de impacto⁶ y que, además, en ellas se publican trabajos de restauración de cualquier tipo de bien cultural, desde un objeto arqueológico hasta una pintura contemporánea. Estas revistas son además

⁶ Studies in Conservation y Journal of Cultural Heritage.

poco dadas a publicar casos prácticos, por lo que las descripciones de intervenciones son más habituales en publicaciones de menor difusión como monografías, actas de congresos, revistas de las escuelas de restauración, etc. Sin embargo, los trabajos que describen los problemas que presentan los materiales y cómo se resuelven, aportan datos. No hay que olvidar que el conocimiento empírico es fundamental en restauración y, en definitiva, la descripción de casos concretos permiten avanzar en el conocimiento de las técnicas y los criterios de actuación. Las publicaciones de esta tesis son un intento de empezar a cubrir este hueco.

1.4.2. Objetivos

La pregunta de partida de esta tesis es ¿existen una metodología y unos criterios específicos para restaurar materiales concretos como los restos óseos pleistocenos o hay que desarrollarlos?

Hasta la fecha, los criterios y la metodología de conservación-restauración se han establecido considerando un amplio espectro de objetos patrimoniales. Aunque hay algunas excepciones (p.ej. sobre pintura mural, ICOMOS, 2003), apenas se han desarrollado criterios específicos para materiales concretos. Es decir, hay normas genéricas válidas para intervenir sobre cualquier bien del patrimonio histórico o cultural, desde un fósil hasta un retablo, pasando por todo tipo de objetos. Este marco es tan amplio que también es inevitablemente poco preciso.

Aquí se tratan restos humanos pleistocenos ¿es igual su tratamiento al de otros restos óseos? ¿es relevante la especie, la cronología, el estado de conservación, los estudios que se hacen sobre ellos?

El objetivo fundamental de esta tesis es proponer algunas medidas para mejorar la metodología y los criterios de restauración específicos para los restos óseos humanos pleistocenos y, por extensión, de restos faunísticos de esta época. Para ello, se han planteado una serie de objetivos específicos:

- Conocer la colección de fósiles humanos de TD6 y evaluar los tratamientos de restauración anteriores.
- Probar y evaluar técnicas de restauración, concretamente:

- Técnicas limpieza válidos para retirar sedimento de restos óseos.
- Productos y técnicas de reconstrucción.
- o Tratar y dejar documentados los tratamientos realizados a estos fósiles de *Homo antecessor*.
- o Identificar los criterios principales que pueden extrapolarse al tratamiento de otros restos óseos.
- o Proponer una metodología y unos criterios de restauración específicos para el tratamiento de restos óseos pleistocenos.

1.4.3. Estructura

En esta tesis se combinan algunos textos escritos en castellano con los artículos en inglés publicados en revistas internacionales. La estructura del trabajo es la siguiente:

Capítulo 1 – Introducción

En el capítulo 1 (apartados previos) se introduce el trabajo mediante algunos apuntes sobre el marco teórico establecido y sobre la terminología utilizada. También realiza un breve repaso de la bibliografía existente para contextualizar la aportación de los artículos incluidos en la tesis.

Capítulo 2 – Los fósiles humanos de TD6: contexto

El objetivo de este capítulo es ofrecer una introducción del contexto arqueológico que ayude a entender el significado y valor de los fósiles humanos de TD6. Para ello, se describe brevemente el contexto arqueológico y la investigación realizada en torno a estos fósiles.

Capítulo 3 – La revisión de la colección de la primera etapa

En este capítulo se sintetizan los datos derivados de la revisión de los fósiles de la primera etapa de excavación (década de 1990). Hay dos bloques diferentes de información: uno sobre el inventariado de los fósiles y, el otro, sobre el estado de conservación de los fósiles y sobre la información de las intervenciones de

restauración y moldeo de la primera etapa. Esta revisión sirvió para plantear mejor las nuevas intervenciones de restauración.

Capítulo 4 – Metodología

La metodología de las nuevas intervenciones de restauración se expone en el capítulo 4, en el cual se recogen los procedimientos y productos utilizados para restaurar los fósiles humanos de TD6 incluidos en esta tesis.

Este capítulo se complementa con el primero de los artículos incluido en esta tesis, que trata sobre la limpieza con láser (apéndice I). Esta técnica fue evaluada, pero finalmente no se empleó con los fósiles humanos de TD6. Sus resultados, no obstante, son parte de la búsqueda de soluciones planteada en esta tesis, por lo que se ha mantenido como información complementaria.

Capítulo 5 – Resultados: la restauración de los fósiles humanos de TD6

En el capítulo 5 se presentan los resultados de los tratamientos de restauración efectuados a los fósiles humanos de TD6. Este capítulo está íntegramente compuesto por artículos. Dos de ellos son sobre la restauración de dos mandíbulas. El primero, se basa en el tratamiento de ATD6-96 y sirve para presentar la metodología de intervención. El segundo es la descripción del tratamiento de la mandíbula ATD6-112 y la evaluación de la herramienta utilizada, la espátula de ultrasonidos. Cierra el capítulo el artículo en el cual se sintetizan los tratamientos realizados sobre el conjunto de fósiles recuperados entre 2003 y 2009.

Publicación 1 – López-Polín, L., Ollé, A., Cáceres, I., Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., 2008. Pleistocene human remains and conservation treatments: the case of a mandible from Atapuerca (Spain). *Journal of Human Evolution* 54, 539-545, [doi:10.1016/j.jhevol.2007.07.011](https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2007.07.011)

Publicación 2 – López-Polín, L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2011. Preparation of Pleistocene Human Bones with an Ultrasonic Scaler: The Case of Mandible ATD6-112 from Atapuerca (Spain). *Archeosciences* 35, 235-239, URL: <http://archeosciences.revues.org/3283>

Publicación 3 – López-Polín, L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., (en prensa). The preparation and conservation treatments of the human fossils from Lower Pleistocene unit TD6 (Gran Dolina site, Atapuerca) – the 2003-2009 record. *Quaternary International*, doi: [10.1016/j.quaint.2015.09.036](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.036)

Capítulo 6 – **Discusión**

En este capítulo hay dos partes diferenciadas. En la primera, se hace la valoración de las intervenciones de restauración realizadas a los fósiles humanos de TD6. Esencialmente se resumen cuáles han sido las aportaciones de los nuevos tratamientos, tanto por lo que respecta a técnicas y materiales de restauración, como a la documentación de los mismos.

La segunda parte de este capítulo la conforma la discusión sobre la metodología y los criterios generales de intervención y está basada en dos artículos. En el primero se tratan las posibles interferencias de algunas técnicas y productos de restauración con los estudios posteriores. En el segundo, se discute sobre la singularidad de la metodología de restauración de restos óseos arqueopaleontológicos pleistocenos y se proponen algunos criterios de actuación para este tipo de registro.

Publicación 4 - López-Polín, L., 2012. Possible interferences of some conservation treatments with subsequent studies on fossil bones: A conservator's overview. *Quaternary International* 275, 120-127. doi:[10.1016/j.quaint.2011.07.039](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.039)

Publicación 5 - López-Polín, L. (en prensa): Interventive conservation treatments (or preparation) of Pleistocene bones: criteria for covering information from the archaeopaleontological record. *Quaternary International*. doi:[10.1016/j.quaint.2015.05.031](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.05.031)

Capítulo 7 – **Conclusiones**

En este capítulo, se resume el trabajo realizado en esta tesis y se identifican las principales aportaciones de la tesis; también algunas de sus carencias que en el futuro podrían materializarse en nuevos trabajos de investigación.

APÉNDICES

Apéndice I – Otras herramientas de limpieza: el láser y la proyección de abrasivos

Complementa el apartado de limpieza de capítulo de metodología e incluye la publicación 1 (López-Polín et al. 2008).

Publicación 6 – López-Polín, L., Ollé, A., Chamón, J., Barrio, J., 2008. Laser for removing remains of carbonated matrices from Pleistocene fossils, in: M. Castillejo, P. Moreno, M. Oujja, R. Radvan, J. Ruiz (Eds.), *Lasers in the conservation of artworks: Proceedings of the International Conference Lacona VII, Madrid, Spain, 17-21 September 2007*. New York, CRC Press, 477-481.

Apéndice II – Inventario de fósiles humanos de TD6

Este apéndice recoge diferentes listados de fósiles que complementan el apartado sobre el inventario de los fósiles del capítulo 3. Entre la información, se encuentra el catálogo actualizado de la colección de fósiles humanos de TD6 al completo, es decir, con los fósiles de los dos periodos de excavación incluidos.

Apéndice III – La reconstrucción del fragmento mandibular ATD6-5

En este apéndice se describe la reconstrucción que se ha hecho del fragmento mandibular ATD6-5 a raíz de los nuevos fragmentos identificados en el transcurso de la revisión efectuada para esta tesis.

Se ha separado este informe del apéndice IV en el que se recogen los tratamientos del resto de los fósiles porque, en este caso, el trabajo no ha sido de restauración, sino de moldeo y reconstrucción.

Apéndice IV – Informes de los tratamientos de restauración de los fósiles humanos de los TD6

Se recogen las fichas con el tratamiento individualizado de los fósiles humanos de TD6 incluidos en este trabajo. Estas fichas, constituyen la documentación de los tratamientos y son en sí mismas una de las mejoras metodológicas que se defienden en esta tesis.

CAPÍTULO 2 – **LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6: CONTEXTO**

2.1. Los yacimientos y las intervenciones arqueológicas en Atapuerca

Los fósiles incluidos en esta tesis proceden del yacimiento Gran Dolina (TD), uno de los yacimientos pleistocenos del área denominada Trinchera del Ferrocarril de la Sierra de Atapuerca (Burgos).

La Sierra de Atapuerca pertenece al Sistema Ibérico y se encuentra a unos 15 km al este de la ciudad de Burgos, en el norte de la Península Ibérica. Es un suave anticlinal formado por dolomías y calizas cretácicas. Su cota máxima es de 1082 m, y aparece como una pequeña elevación respecto al terreno circundante (Figura 3). En su interior se encuentra un sistema kárstico de cavidades a base de galerías y otros conductos subterráneos (Zazo et al., 1987; Pérez-González et al., 2001; Benito-Calvo y Pérez-González, 2015; Ortega et al., 2014).



Figura 3. La Sierra de Atapuerca y de la Trinchera del Ferrocarril.

Arriba a la izquierda, mapa de la Península Ibérica con la localización de la Sierra de Atapuerca señalada. La fotografía es del área de la sierra en la que se encuentra la Trinchera del Ferrocarril. Los yacimientos pueden localizarse por sus cubiertas: de izquierda a derecha, se ven las cubiertas de Gran Dolina, Galería y Sima del Elefante (la cuarta cubierta, corresponde a la entrada a la Trinchera del Ferrocarril).

La Trinchera del Ferrocarril se originó por un desmonte hecho a finales del siglo XIX con la finalidad de permitir la instalación de unas vías para el paso de un ferrocarril minero. Esta obra cortó y dejó al descubierto algunos de los rellenos sedimentarios de las cuevas de la sierra que estaban completamente colmatadas. Así quedaron al descubierto los rellenos kársticos de los tres yacimientos de la Trinchera excavados en extensión hasta la actualidad: Gran Dolina, Galería y Sima del Elefante.

Estos yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril están muy cerca de otro de los yacimientos en el que se han hallado restos humanos pleistocenos, la Sima de los Huesos (SH), una pequeña cavidad situada en el complejo Cueva Mayor – Galería del Silo.

Pero, además, en la Sierra de Atapuerca hay otros yacimientos en los que se han efectuado excavaciones, todos ellos con registro más moderno que el de los mencionados, correspondiente al Pleistoceno Superior y Holoceno.



Figura 4. Yacimientos de Gran Dolina y Galería (Trinchera del Ferrocarril) .
A la izquierda, Gran Dolina, a la derecha, Galería. (Foto: A.Ollé).

Las primeras noticias sobre hallazgos arqueológicos en la Sierra de Atapuerca son de la segunda mitad del siglo XIX y se refieren Cueva Mayor, aunque es en la década de 1960 cuando se suceden las primeras recolecciones de fósiles, prospecciones, excavaciones y publicaciones sobre los hallazgos. En la década de 1970 se realizan diversas investigaciones tanto en la Sima de los Huesos como en la Trinchera del Ferrocarril (Torres, 1987) y, por fin, en 1978 se inicia un proyecto de excavaciones sistemáticas bajo la dirección de Emiliano Aguirre (Carbonell, 1999). El equipo aglutinado en torno a Aguirre es el germen del equipo que actualmente continúa trabajando en los yacimientos. De hecho, en este equipo empezaron los que desde 1991 son codirectores de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca: J.L.Arsuaga, J.M.Bermúdez de Castro y E.Carbonell. Ellos continuaron con la dirección de las campañas sistemáticas de excavación anuales, que se han realizado ininterrumpidamente hasta la actualidad.

2.2. Los fósiles humanos de Atapuerca

En Atapuerca hay cuatro yacimientos en los que se han hallado fósiles humanos del Pleistoceno: Gran Dolina, Galería y Sima del Elefante, todos ellos en la Trinchera del Ferrocarril; y, por último, la Sima de los Huesos, situada en el complejo Cueva Mayor-Cueva del Silo) (Figura 5).

Los primeros se recuperaron en 1976 en Galería (Bermúdez de Castro y Rosas, 1992) y en la Sima de los Huesos (Arsuaga, 1997). De Galería se han identificado hasta la fecha sólo dos restos humanos: un fragmento de mandíbula y otro de cráneo. El primero (AT76-TH1) se recuperó en 1976 y su procedencia exacta no se conoce, aunque seguramente procede de la unidad GII, datada en más de 250.000 años (Bermúdez de Castro y Rosas, 1992; Rosas y Bermúdez de Castro, 1999). El fragmento craneal se recuperó en 1995 en la base de la unidad GIII (TG11) (Arsuaga et al., 1999). En ambos casos, debido al estado fragmentario de los fósiles, no se ha hecho una atribución clara a una especie concreta, aunque los estudios señalan su concordancia con otros restos de homínidos del Pleistoceno medio.

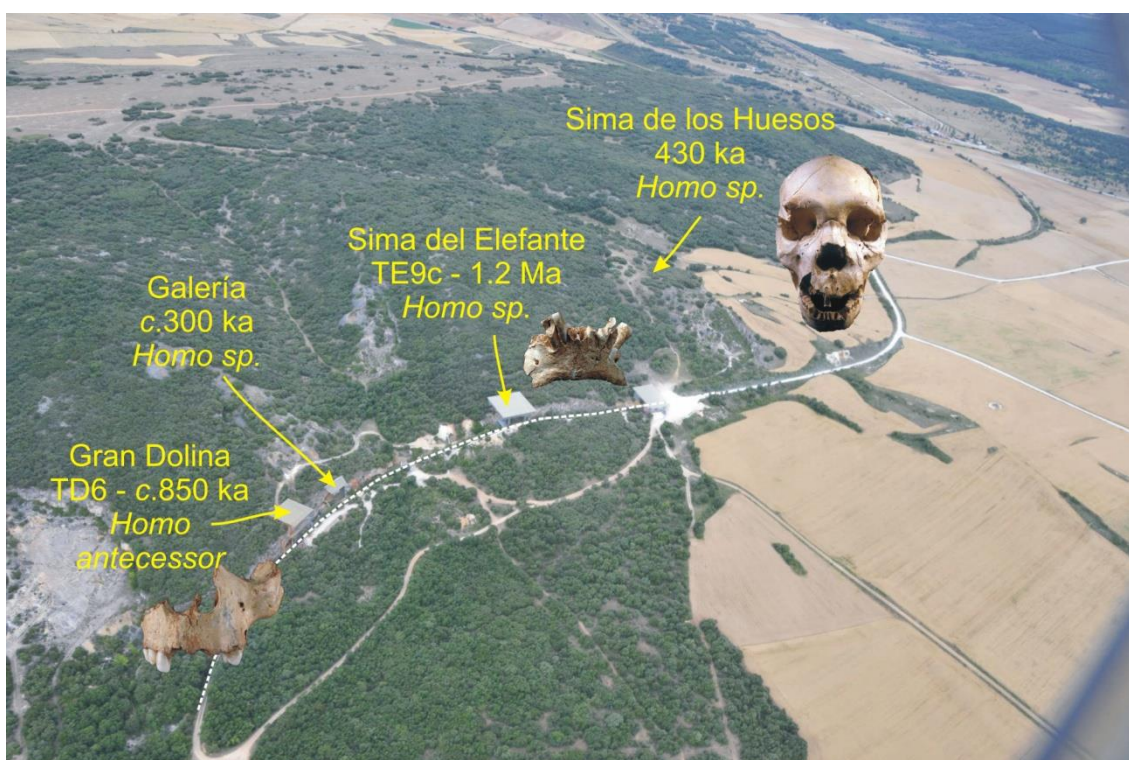


Figura 5. Los fósiles humanos pleistocenos de Atapuerca.

Vista aérea de la sierra con la localización de los yacimientos en los que se han encontrado fósiles humanos de cronología pleistocena.

La Sima de los Huesos cuenta por el contrario con una ingente colección de fósiles humanos que ha permitido numerosos estudios paleobiológicos. Estos fósiles, también del Pleistoceno medio, tienen una edad mínima de alrededor de 430.000 años. Recientemente, se ha publicado su pertenencia a la línea evolutiva de los neandertales, proponiéndose explícitamente su eliminación del hipodigma de *Homo heidelbergensis* (Arsuaga et al., 2014), con el que se habían relacionado con anterioridad.

Los fósiles humanos de la Sima de los Huesos están muy bien preservados: se han recuperado unos 5.000 fósiles que corresponden a un número mínimo de 28 individuos y, además, se encuentran representados todos los elementos esqueleto, por lo que se trata de la colección más extensa y completa del Pleistoceno medio mundial (Arsuaga, 1997; Carbonell et al., 2014). De hecho, exceptuando esos fragmentos de Galería, hasta 1994 todos los fósiles humanos de Atapuerca procedían de la Sima de los Huesos. Pero en ese año, en un sondeo realizado para conocer la secuencia arqueológica del Gran Dolina, se alcanzó la unidad TD6 y se encontraron alrededor de 100 fósiles humanos, junto a restos de fauna y artefactos líticos (Bermúdez de Castro et al., 1999).

La primera publicación científica del hallazgo del nivel TD6 se dio en la revista *Science* en 1995 (Carbonell et al., 1995), junto a su datación paleomagnética que los fechaba en más de 780ky (Parés y Pérez-González, 1995). Con esta datación, entonces se convirtieron en los fósiles más antiguos de Europa, justo en un momento en el que se debatía sobre la antigüedad del poblamiento de este continente (entre otros, Dennell, 1998). Así, estos fósiles y los restos faunísticos y líticos asociados a ellos, contribuyeron a reforzar la propuesta de una parte de la comunidad científica, que afirmaba que el poblamiento del continente europeo se había producido hace más de 500.000 años, fecha que otra parte de los investigadores consideraba demasiado antigua.

A estas publicaciones siguieron otras dos en la misma revista *Science*. La primera, describía que los fósiles presentaban evidencias de haber sido descarnados por otros homínidos y, por lo tanto, se convirtieron también la evidencia más antigua de canibalismo (Fernández-Jalvo et al., 1996). En la segunda, por una combinación de rasgos entre los que destacaba la morfología facial similar a *sapiens*, se planteó que estos fósiles pertenecían a una nueva especie, que se denominó *Homo antecessor*, y de la cual se sugirió que podía ser el último antecesor común de neandertales y *sapiens* (Bermúdez de Castro et al., 1997).

La colección de fósiles humanos recuperados entre 1994 y 1996 en TD6 era muy rica: se habían hallado elementos de todo el esqueleto, craneal y postcraneal, pertenecientes a un

mínimo de 6 individuos⁷ (Bermúdez de Castro et al., 1999). Por lo que este hallazgo, además de las publicaciones mencionadas, ocupó un número monográfico de la revista *Journal of Human Evolution* en 1999 (37, 3-4), en el cual se describieron con más detalle todos los fósiles, así como el contexto arqueológico y las primeras interpretaciones sobre el origen de la acumulación.

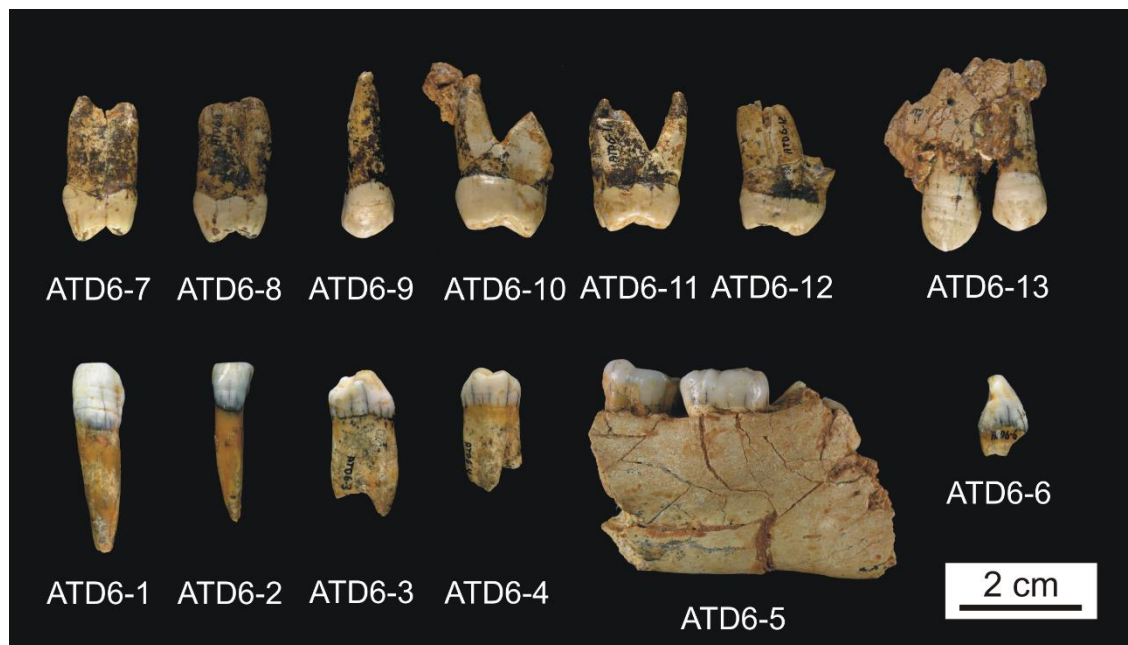


Figura 6. Holotipo de *Homo antecessor*.

Fragmento de maxilar y dientes superiores (arriba), y fragmento de mandíbula y dientes inferiores (abajo) del Homínido 1 (H1), holotipo de la especie *Homo antecessor*.

En 2003 se volvió a excavar el nivel TD6, en una zona contigua a la de la excavación de la década de 1990 y en otra un poco más alejada (Figura 8). Esta nueva fase de excavaciones ha supuesto la recuperación de nuevos fósiles humanos. Con los datos actualizados, los fósiles humanos de TD6 corresponden a un mínimo de 8 individuos (frente a los 6 identificados en la primera etapa), con edades de muerte comprendidas entre los 3.5 y los 17 años (Bermúdez de Castro et al., 2015). Todos estos fósiles de la segunda etapa de excavación, así como algunos de los recuperados en la primera pero identificados recientemente, son los que se incluyen en esta tesis doctoral.

En 2007, cuando aún se estaba excavando TD6, en la Sima del Elefante, un yacimiento de la Trinchera del Ferrocarril en el que no se habían identificado fósiles humanos, se encontró

⁷ Con los nuevos fósiles y estudio, el NMI es actualmente 8 (Bermúdez de Castro et al., 2015).

una mandíbula humana y, en años sucesivos, una falange y un fragmento de húmero. El hallazgo volvió a ser noticia, en este caso era de especial relevancia por su antigüedad, ya que el nivel del que procedían los fósiles (TE9c) que se dató en alrededor de 1,2 millones de años (Carbonell et al., 2008).

En los yacimientos de la Sierra de Atapuerca también hay restos de cronología más moderna y de humanos anatómicamente modernos. Estos proceden de niveles neolíticos, calcolíticos o de la Edad del Bronce, tanto de El Portalón (Cueva Mayor) como de El Mirador (Carbonell et al., 2014). Pero, en resumen, los fósiles humanos de los niveles pleistocenos de Atapuerca, cubren el periodo entre 1,2 Ma. y alrededor de 300.000 años (Figura 5).

Ordenados de más antiguos a más modernos, en primer lugar están los de la Sima del Elefante (nivel TE9c, 1,2 Ma). En este yacimiento se han identificado tres fósiles humanos: una mandíbula, un fragmento de húmero y una falange de mano. Hallados entre 2007 y 2009, su especie aún no se ha determinado (se han publicado como *Homo* sp.). Aún del Pleistoceno inferior, son los fósiles de Gran Dolina (nivel TD6, alrededor de 850.000 años), atribuidos a la especie *Homo antecessor*. En TD6 se han recuperado numerosos elementos pertenecientes tanto al cráneo como al esqueleto postcraneal, que pertenecerían a un mínimo de 8 individuos. El Pleistoceno medio está representado por la colección de la Sima de los Huesos (más de 430.000 años). En este yacimiento se han recuperado restos que corresponden a un número mínimo de 28 individuos y que se consideran pertenecientes a una especie antecesora de los neandertales. Y, finalmente, estarían los restos de Galería, hasta la fecha tan sólo dos fragmentos poco determinantes.

Todos estos fósiles de Atapuerca constituyen un registro único, de referencia obligada para el periodo de la evolución humana previo a la aparición de sapiens y neandertales. De hecho, los yacimientos de la Sierra de Atapuerca fueron declarados por la UNESCO Patrimonio Cultural de la Humanidad en el año 2000. Según esta organización, uno de los criterios de selección fue que “en ellos se hallan más antiguas y abundantes evidencias de la humanidad en Europa y que sus fósiles constituyen una reserva excepcional de información sobre la naturaleza física y los modos de vida de las primeras comunidades humanas de Europa” (UNESCO, 2015). Recientemente el Comité de Patrimonio Mundial de la UNESCO ha ratificado la máxima protección mundial prevista para estos yacimientos calificados como de “Valor Universal Excepcional” (VUE) (Fundación Atapuerca, 2015).

2.3. La unidad TD6 de Gran Dolina

2.3.1. Gran Dolina

La cavidad denominada Gran Dolina tiene un relleno de 19 m de potencia en el que se distinguieron inicialmente 11 unidades litoestratigráficas, que se nombraron de base a techo de TD1 a TD11 (Gil *et al.*, 1987). Con el tiempo, la definición de estas unidades ha sufrido algunos cambios, y la propuesta litoestratigráfica más reciente (Campaña *et al.*, 2015), que concuerda con las anteriores de Rodríguez *et al.* (2011) y Ollé *et al.* (2013), ha supuesto la desaparición de TD3 y la aparición de una nueva unidad, TD8-9 (Figura 7).

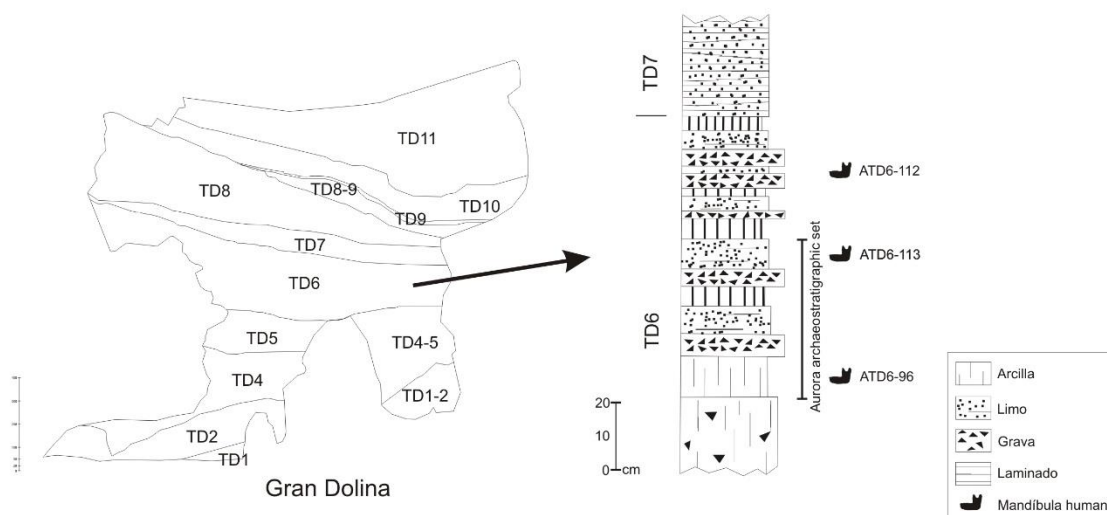


Figura 7. Litoestratigrafía de TD6.

A la izquierda, figura con las unidades litoestratigráficas de Gran Dolina representadas (basada en Campaña *et al.* 2015). A la derecha, la secuencia litoestratigráfica de TD6, con las tres mandíbulas de la segunda etapa de excavaciones representadas en su posición de origen (basada en la figura de Bermúdez de Castro *et al.* 2008).

El límite Matuyama-Brunhes se encuentra en la parte superior de TD7 (Parés y Pérez-González, 1995; Parés y Pérez-González, 1999). Este límite lo constituye un evento de reversión magnética datada en 780.000 años y que es también el límite entre el Pleistoceno inferior y medio. Por lo tanto, de TD1 a TD7 los niveles son del Pleistoceno inferior; mientras que de TD7 a TD11 los niveles son del Pleistoceno medio.

En la base de la Gran Dolina, en TD1 y TD2, hasta la fecha no se han documentado restos arqueopaleontológicos. Es el siguiente nivel, TD4, el que tiene los primeros restos materiales y por lo tanto el registro más antiguo de este yacimiento, con una edad de

alrededor de 1 millón de años (Moreno et al., 2015). El registro está compuesto tanto por restos faunísticos como por artefactos líticos.

TD5 y la base de TD6 (TD6.3) son ricos en fósiles de hiénidos, así como en restos de sus actividades, coprolitos y restos de sus presas (Carbonell et al., 2014). En la unidad TD6.1 y TD6.2, se han encontrado los fósiles humanos atribuidos a *Homo antecessor*, por lo que se describe con mayor detalle en el apartado siguiente.

El nivel TD7 por el momento sólo se han encontrado restos de rinoceronte y de *Praeovibos* y las evidencias apuntan a que posiblemente la cavidad funcionó como trampa natural. TD8 y TD8/9 representan un hiato respecto a la actividad antrópica en la Gran Dolina (Carbonell et al., 2014). En TD8 hay restos de gamo y algún carnívoro, y se ha interpretado como una acumulación originada principalmente por hiénidos (Blasco et al., 2011). En la unidad TD9 hasta la fecha se ha señalado la presencia cuatro piezas de industria lítica (Carbonell et al., 2014).

La secuencia arqueológica de Gran Dolina se cierra con el nivel TD10, en el que se han distinguido cuatro subunidades litoestratigráficas (TD10.1 a TD10.4, de techo a base). La mayoría de las dataciones disponibles sitúan este grueso paquete sedimentario entre los 350 y 450 ka, aunque existen fechas discordantes, que apuntan a una edad significativamente más joven (c. 250 ka) para la base de la unidad TD10.1 (Falguères et al., 1999; Berger et al., 2008; Moreno et al., 2015). La excavación de TD10 afecta una superficie de unos 95 m² en lo que era la zona de entrada de la cueva, donde se ha documentado la mayor concentración de restos de todos los yacimientos de Atapuerca. Hasta la actualidad, aunque se han excavado completamente sólo las subunidades TD10.1 y TD10.2, se han registrado más de 130.000 restos faunísticos y más de 36.000 artefactos líticos. El estudio de estos restos ha permitido identificar diferentes modalidades de uso de la cavidad, desde visitas esporádicas a ocupaciones más estructuradas, tipo lugar referencial o campamento (Blasco et al., 2013; Ollé et al., 2013; Rodríguez-Hidalgo, 2015).

El yacimiento de Gran Dolina, en definitiva, representa una de las secuencias más importantes y completas del Pleistoceno Europeo, ya que permite seguir de una forma prácticamente continua la evolución tanto paleoambiental como cultural desde finales del Pleistoceno inferior a finales del Pleistoceno medio, esto es, a lo largo de casi un millón de años.

2.3.2. Las etapas de intervención arqueológica en TD6

Las excavaciones sistemáticas en la Gran Dolina se iniciaron en el 1981, y se empezó actuando en su nivel superior (antiguo TD11). En años posteriores se excavó también en el inferior, TD4W. En 1993, cambió la estrategia de excavación y se inició un sondeo para conocer mejor la secuencia completa del yacimiento (Carbonell *et al.*, 1999).

El sondeo de Gran Dolina consistió en una cata de unos 7m², hecha en el borde de la sección ocasionada por la trinchera y, aproximadamente, en la parte central del yacimiento (Figura 8). Se empezó en la parte superior, en TD10 y se fue bajando hasta llegar a la base del yacimiento. En 1994 se alcanzó el nivel TD6 y, en la pequeña superficie del sondeo, junto a restos de fauna e industria lítica, se hallaron los primeros fósiles humanos de Gran Dolina. La excavación de este nivel continuó durante las campañas de 1995 y 1996, año en el que se superó este nivel y alcanzó TD5.

En esta fecha, aún se está excavando en extensión la parte superior de Gran Dolina (TD10), es decir, no se ha llegado en extensión a TD6, pero en 2001 se inició la regularización de la sección de Gran Dolina, excavando todo lo que quedaba al sur (arqueológico) de las líneas G y H (Figura 9). Se empezó por arriba (TD10) hasta que, en 2003, se llegó de nuevo al nivel TD6. Esta vez se intervino en un par de áreas: una de ellas, era justo la zona contigua a la del sondeo de los 90 y, la otra, a unos 9 metros de aquella primera excavación.

El trabajo correspondiente a esta segunda etapa de excavaciones ha llevado a redefinir y completar la secuencia litoestatigráfica (Bermúdez de Castro, 2008; Campaña, 2015); a proponer una cronología algo más antigua (Berger *et al.*, 2008; Parés *et al.*, 2013; Moreno *et al.*, 2015); a realizar nuevos trabajos arqueológicos para interpretar el origen de la acumulación y las actividades humanas que dejaron huellas en TD6 (entre otros, (Carbonell *et al.*, 2010; Saladié *et al.*, 2011, 2014); así como a numerosos trabajos de antropología física y paleobiología realizados a partir de los nuevos fósiles humanos (Carbonell *et al.*, 2005; Bermúdez de Castro, 2014; Bermúdez de Castro *et al.*, 2006, , 2008, 2010, 2012, 2015 ; García-González *et al.*, 2009; Gómez-Olivencia *et al.*, 2010 Pablos *et al.*, 2012; Prado-Simón *et al.*, 2012; Gómez-Robles *et al.*, 2015; Martín-Francés *et al.*, en prensa). No obstante, el estudio paleoantropológico de muchos de los fósiles incluidos en esta tesis, aún está en marcha y no se ha publicado.

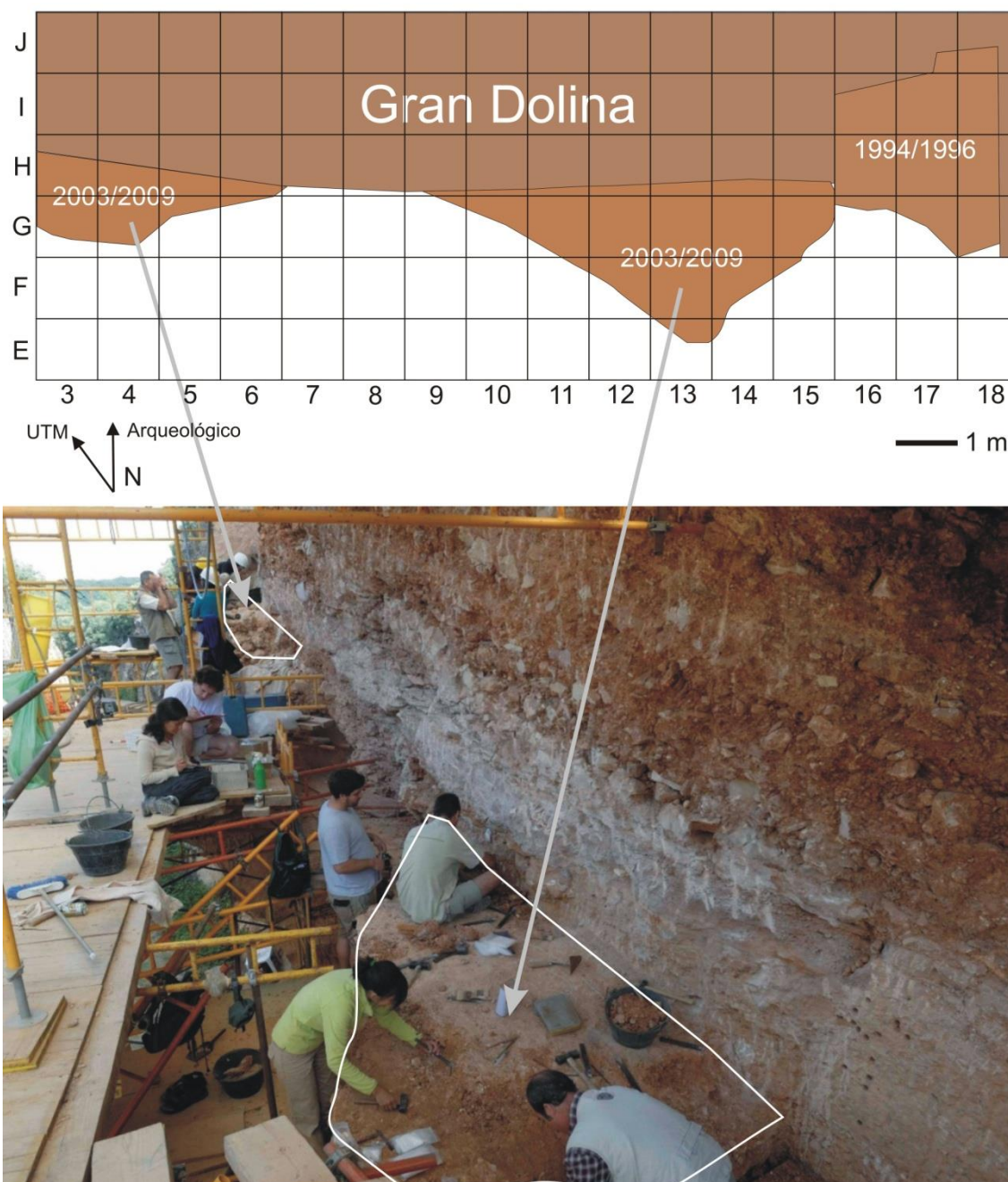


Figura 8. La excavación de TD6.

Arriba, esquema de la superficie de TD6 excavada en el sondeo de la década de 1990 y en la de 2010. Las flechas relacionan las zonas representadas con la fotografía de abajo, en la que se ve la excavación del nivel TD6 en la campaña de 2006. En primer plano, la zona central (contigua a la del sondeo de los años 90). Al fondo, la otra zona intervenida en la segunda etapa de excavación (la fotografía de abajo es de J.Mestre – IPHES).

2.3.3. El registro arqueopaleontológico de TD6

La unidad TD6 se describió inicialmente, antes de que se excavara, junto con el resto de unidades litoestratigráficas de la secuencia del yacimiento Gran Dolina a partir de la sección expuesta en la Trinchera del Ferrocarril (Gil et al., 1987). Tras las excavaciones de 1994 y 1995, la litoestratigrafía se revisó, se dató y se describió con más detalle (Figura 7).

La combinación de datos paleomagnéticos y de ESR (Electro Spin Resonance) en series de uranio, dio a la unidad una edad aproximada de entre 780.000 y 857.000 años (Falguères et al., 1999; Parés y Pérez-González, 1995, 1999). Además, tanto el registro faunístico de macro y micromamíferos, propio del Pleistoceno Inferior (Cuenca-Bescós et al., 1999; García y Arsuaga, 1999; van der Made, 1999), como la industria lítica (Carbonell et al., 1995, 1999), eran coherentes con estas fechas. Posteriormente, datos obtenidos a partir de termoluminiscencia, hicieron proponer una fecha algo más antigua, de alrededor de 900–950 ka (Berger et al., 2008). Esta datación, se asemeja a las propuestas hechas tras nuevos estudios paleomagnéticos y mediante ESR (Parés et al., 2013; Moreno et al., 2015). En definitiva, con los datos actuales, puede decirse que la unidad TD6 es del Pleistoceno Inferior, y que tiene más de 780ky, aunque probablemente, incluso puedan ser algo más antiguos, de alrededor de 800-850 ky.

En cuanto a la litoestratigrafía de TD6, la nueva etapa de intervenciones también ha llevado a algunos cambios. Los homínidos de 1994-1996 se localizaron, dentro de la unidad TD6, en una capa de unos 25-30 cm que se denominó entonces “estrato Aurora” (Carbonell et al., 1995; Parés y Pérez-González, 1995). La composición litológica de este estrato se describió como lutitas con pequeños clastos e caliza (Parés y Pérez-González, 1999; Pérez-González et al., 2001; Vallverdú et al., 2001; Canals et al., 2003). Con la ampliación de la superficie excavada (años 2003-2011), se precisaron algunos aspectos de la litoestratigrafía. En las capas en las que se encuentran los restos humanos de TD6, predominan alternativamente limos, gravas y arcillas. Son facies formadas por sedimento procedente tanto del interior como el exterior de la cueva. En la zona central, se distinguieron seis capas diferentes que se han denominado “Aurora stratigraphic set”, abreviado “AAS”, y que se corresponderían con el anterior estrato Aurora (Bermúdez de Castro et al., 2008) (Figura 7). Este AAS está incluido en subnivel denominado TD6.2, y todos los fósiles de la primera etapa de excavaciones (1994-1997), en principio, procederían de este subnivel. Sin embargo, en la segunda etapa de excavaciones (2003-2011), se han recuperado también fósiles humanos

por encima de este “ASS”, concretamente en la parte alta de TD6, en el subnivel TD6.1. De ese subnivel hasta la fecha sólo se han identificado como humanos 6 de los fósiles recuperados; uno de ellos, la mandíbula infantil ATD6-112 (Bermúdez de Castro et al., 2010)⁸.

Con los nuevos restos humanos sumados, se ha estimado que hay un mínimo de ocho individuos. Con el incremento de fósiles, sumados a otros datos, se ha planteado que estos humanos de TD6 pudieran ser un linaje europeo, de origen asiático y próximo al nodo de divergencia de neandertales y sapiens (Bermúdez de Castro y Martín-Torres, 2013; Carbonell et al., 2014; Bermúdez de Castro et al., 2015).

Pero, además de los fósiles humanos, el registro material de la unidad TD6 al completo, está formado por alrededor de 8000 restos de macromamíferos y cerca de 1000 artefactos líticos. La mayoría del registro se concentra en TD6-2 (Ollé et al., 2013). Entre las especies de macromamíferos identificadas en TD6 hay numerosos restos de herbívoros y, en menor medida, de carnívoros: ciervo, caballo, mamut, rinoceronte, suido, bisonte, macaco, cánidos, lince, oso y hiena (Carbonell et al., 2014). Además de macromamíferos, también se han recuperado restos de aves, así como numerosos restos de microvertebrados: anfibios, reptiles y micromamíferos (insectívoros, quirópteros, roedores y lagomorfos). Entre ellos, el castor (*Castor fiber*), que abunda en TD6.2 y que indica la presencia de corrientes de agua permanentes en los alrededores (Rodríguez et al., 2011).

El conjunto lítico de TD6 es rico y diversificado en cuanto a materias primas, con un predominio del sílex y la cuarcita, y con la arenisca, el cuarzo y la caliza como materiales secundarios. Las cadenas de producción están completas, tal y como atestiguan tanto la representación de todas las categorías de objetos como algunos remontajes líticos. Las características tecno-tipológicas del instrumental lítico han permitido identificar un conjunto de Modo 1, caracterizado por la producción sistemática de lascas simples, muy pocas de las cuales fueron posteriormente modificadas por retoque. Los datos funcionales obtenidos del análisis microscópico del desgaste de estos instrumentos han permitido relacionar estos instrumentos básicamente con actividades de carnicería (Carbonell et al. 1999 ; Ollé et al., 2013).

⁸ Hay otro subnivel en la base de la unidad TD6, que es TD6.3, pero en él no se han encontrado fósiles humanos (ver apartado sobre Gran Dolina).

Según los estudios arqueológicos, el origen de la acumulación de restos del subnivel de donde proceden la mayoría de los fósiles humanos (TD6.2) es antrópico, es decir, es esencialmente el resultado de actividades de los homínidos. De hecho, este registro se interpreta como un “campamento base” o un lugar referencia para los homínidos que habitaban por la zona (Bermúdez de Castro et al., 1999; Carbonell et al., 1999; Díez et al. 1999; Ollé et al., 2013).

Los restos óseos presentan con frecuencia marcas de corte y fracturas intencionales (Figura 9), incluidos los restos de *Homo antecessor*, que fueron procesados igual que otras especies que otras especies animales, por lo que esta práctica se ha considerado de tipo gastronómico, es decir, no se le atribuyó otra intencionalidad (p.ej. ritual) (Fernández-Jalvo et al., 1996, 1999) y, además, se considera que esta práctica debió ser habitual (Carbonell et al., 2010). Sin embargo, entre los restos de *Homo antecessor* consumidos, se encuentran individuos infantiles e inmaduros. Por paralelismos con el comportamiento de los chimpancés, se ha sugerido que estas presas se habrían elegido intencionalmente por ser individuos de bajo riesgo y, además, que el objetivo de los ataques podría ser el de defender los recursos frente a otros grupos humanos, así como de expandir el territorio de aprovisionamiento (Saladié et al., 2012).



Figura 9. Fósiles humanos de TD6 canibalizados.

Fósiles con algunas de las modificaciones de origen antrópico. La falange ATD6-126 presenta evidencias de *peeling* (fractura por flexión) y *furrowing* o características pérdidas de tejido esponjoso; en ATD6-123 son evidentes las marcas de corte; la costilla ATD6-132 presenta *peeling* generalizado (basado en Saladié et al., 2011, 2014).

En resumen, los fósiles humanos de TD6 proceden en realidad de subniveles diferentes, la mayoría de ellos del denominado AAS (TD6.2), en los que se han identificado fósiles humanos tanto de la primera etapa de excavaciones como de la segunda. Todos ellos, en cualquier caso, estarían datados en más de 780.000 años. Estos fósiles se han excavado con una metodología moderna de excavación y se han hallado en un contexto con otros muchos restos de fauna y junto a artefactos líticos, por lo que, además de numerosos aspectos paleobiológicos sobre esta especie humana, también se han podido realizar numerosos estudios sobre el origen de la acumulación, así como sobre algunos aspectos del comportamiento (entre ellos, la práctica del canibalismo). Muchos de los estudios aún están en marcha, por lo que lo que en el futuro, habrá sin duda datos nuevos extraídos del estudio de estos fósiles

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

CAPÍTULO 3 – LA REVISIÓN DE LA COLECCIÓN DE LA PRIMERA ETAPA

3.1. Objetivos iniciales y desarrollo de la revisión

Además de la restauración de los fósiles de la segunda etapa de excavaciones se revisó la colección de fósiles de TD6 recuperados en la primera etapa (1994-96). El objetivo inicial era conocer bien los fósiles preexistentes para así abordar mejor el tratamiento de los nuevos. Se consideró que, entre otras cosas, conocerlos podía servir para reconocer posibles remontajes y que, además, ayudaría a gestionar mejor la colección, ya que se tendría un mejor control del inventario y de las siglas asignadas. Esto último era necesario porque se encargó que la asignación de la sigla específica de los fósiles humanos (ver apartado 3.2.1.) se hiciera en el laboratorio de restauración.

Esta revisión se hizo a finales de 2006; entonces la mayoría de los fósiles humanos estaban en el CENIEH y, una pequeña parte (seis fósiles), en el Museo de Burgos⁹. Todos se revisaron y fotografiaron (Figura 16, Figura 18, Figura 15, Figura 17). Además, se cotejó su sigla así como su determinación en distintas fuentes (base de datos del equipo de investigación, en adelante, “base de datos general”¹⁰, diarios de excavación, hojas de campo y publicaciones). En la revisión se encontraron algunas discordancias (ver apéndice II).

Durante esta comprobación se separaron algunos restos que entonces no estaban entre la colección de fósiles humanos. Algunos de ellos, sumados a los identificados por otros miembros del equipo de investigación de Atapuerca, finalmente se asignaron a Homo. Todos se encuentran recogidos en el catálogo actualizado de los fósiles (apéndice II).

Finalmente, durante la revisión se constató que en muchos de los fósiles habían quedado restos de materiales de moldeo (plastilina y silicona esencialmente). Aunque no era el objetivo inicial de la revisión, de la documentación de estos restos se ha derivado otro apartado (3.3.2.), en el que se describen las técnicas de moldeo y sus efectos. Este apartado se enmarca dentro del apartado 3.3. en el cual también se encuentra la información relativa a los tratamientos de restauración de los fósiles de la década de 1990.

3.2. La revisión de los fósiles de 1994-1996 a efectos de inventario

3.2.1. El sistema de siglado de los fósiles humanos de TD6

Los fósiles humanos de TD6 tienen una doble sigla: la que denominaremos “de campo” y otra, a la que nos referiremos como “sigla específica de los humanos” o, para simplificar, “sigla-homo”.

Todos los elementos coordinados en las excavaciones de la Trinchera del Ferrocarril, sean restos óseos, industria lítica, o cualquier otro elemento coordinado (coprolitos, muestras, etc.), tienen una “sigla de campo”. También se asigna normalmente este tipo de sigla a otros elementos individualizados a posteriori, por ejemplo, restos procedentes del triado del sedimento lavado por el equipo de investigadores de microfauna, de las denominadas “bolsas de nivel” de cada cuadro (en las que se guardan restos óseos no identificables de

⁹ La revisión se hizo entre noviembre y diciembre de 2006. El CENIEH estaba entonces en una sede provisional (no en el edificio actual).

¹⁰ Base de datos en la que se vuelca la información de los yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril, de El Mirador y de otros yacimientos al aire libre de la Sierra de Atapuerca (pero no de los yacimientos de la Cueva Mayor).

menos de 2cm) o, simplemente, individualizados tras la restauración o tras el análisis especializado del material.

Esta sigla de campo contiene abreviada la información que permite saber el año, el nivel (y subnivel, si lo hay) y el cuadro del que procede cada resto. Por ejemplo, en ATA96-TD6-2-F15-2, el año es 1996; el nivel, TD6 y el subnivel, 2; el cuadro (siempre alfanumérico) es “F15” y el número de registro es el “2”. Cada uno de los restos inventariados con esta sigla, están coordinados, es decir, se sabe de qué punto del cuadro proceden, ya que se tiene de ellos también el valor de las coordenadas x, y, z (con las excepciones mencionadas, como los restos que proceden del lavado del sedimento, etc., cuya procedencia es menos precisa). Además, estos restos con sigla se guardan en una bolsa individualizada con la etiqueta correspondiente y los inventarios se encuentran en las memorias de excavación de cada campaña.

Desde el principio, a los restos humanos se les añadió otra sigla, asignada en principio para facilitar su referenciado durante los estudios paleoantropológicos y en las consecuentes publicaciones. Esta sigla es más sencilla: sólo hace referencia al nivel (TD6) y a un número de inventario; concretamente, está formada por la partícula “ATD6” y un número correlativo (p.ej. ATD6-96). Así, a diferencia de lo que ocurre en la sigla de campo, el número que sigue a “ATD6” no hace referencia al año de excavación, ni al cuadro, ni a ningún otro dato, sino que tan sólo es un número que identifica cada elemento. De hecho, esta es la sigla que se rotula sobre los fósiles cuando se determina que son humanos.

Algunas cosas que pueden pasar con este doble sistema es que haya una misma sigla-homo para dos elementos coordinados por separado (Tabla 1), y viceversa, que elementos con varias sigla-homo, se correspondan con una única sigla de campo (p.ej. los dientes pertenecientes a un maxilar con una única sigla de campo, (Tabla 2) También puede pasar que dos elementos con sendas siglas de campo y sus respectivas siglas homo, remonten y compongan un solo elemento esquelético (Tabla 3).

Todo esto puede generar pequeñas variaciones en los recuentos de los fósiles si sólo se tiene en cuenta una de las siglas asignadas, aunque, en principio esto sólo afecta a los recuentos a efectos de inventario, puesto que los diferentes estudios en los que se incluyen estos fósiles emplean sus propios sistemas de recuento (número mínimo de individuos, de restos, etc.).

Pero, aparte de esto, el sistema de doble sigla no tiene por qué ocasionar ningún problema. De hecho, normalmente los museos o instituciones en las que se depositan los objetos

3 – La revisión de la colección de la primera etapa

procedentes de excavaciones tienen su propio sistema de inventariado y asignan nuevas siglas a cada objeto. No obstante, cuando esto se hace, y especialmente si se elimina la sigla con los datos originales, hay que tener un buen sistema de control de inventario que permita mantener relacionada la información original.

Pero con los fósiles de TD6 no existía un único inventario de referencia con las correspondencias entre ambas siglas. Había varios listados inéditos con estas correspondencias, así como una base de datos, la que llamaremos “general”, con los datos de Gran Dolina entre otros yacimientos. En ella se introdujeron esas siglas-homo, en principio a partir de algunos de esos listados inéditos. Sin embargo, con esta revisión se vio que había algunas discordancias, es decir, que en algunos casos la relación entre la sigla de campo y la sigla-homo no era la misma o, simplemente, no estaba. Además, tanto en los listados como en esa base de datos general, había muchas siglas-homo que pertenecían en realidad a restos faunísticos y, al revisar el material, también se constató que había siglas-homo rotuladas en las bolsas de los fósiles (Figura 10) que sin embargo no estaban en ninguno de los listados. Esto ha ocasionado algunas dificultades especialmente a la hora de saber cuál era la sigla de campo, es decir, la procedencia exacta de algunos de ellos. La síntesis de esta revisión y el catálogo actualizado de los fósiles se ha incluido en el Apéndice II.

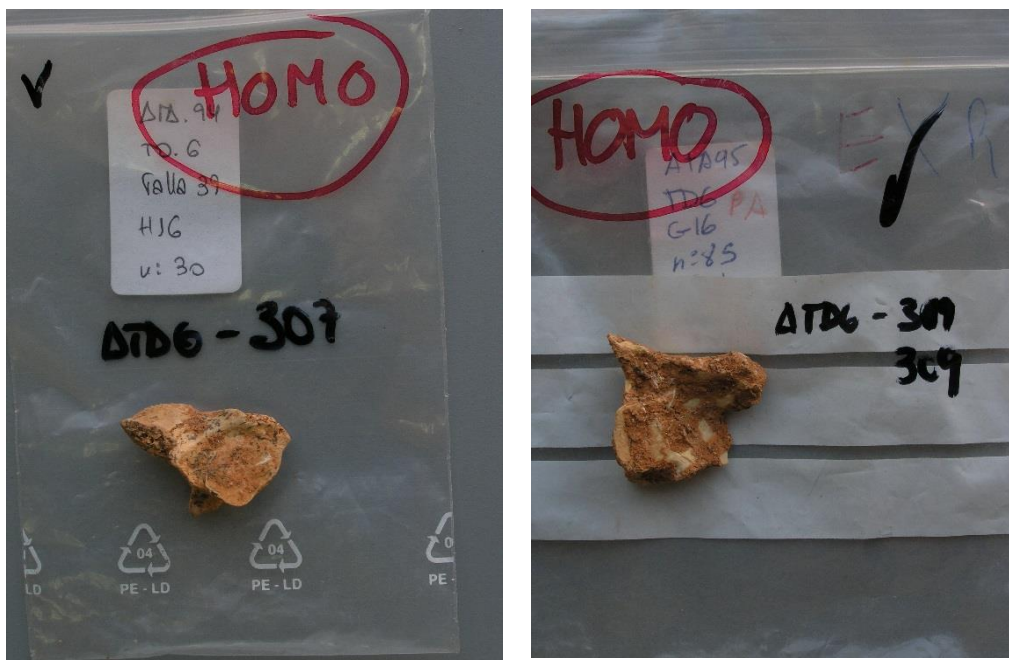


Figura 10. Vértebras ATD6-307 y ATD6-309.

En las imágenes dos vértebras que se encontraban entre los restos faunísticos de TD6.2. Están sobre la bolsa en la que se encontraron en 2006, con las anotaciones que tenían en las bolsas (que debieron hacerse en la década de 1990).

Sigla-homo	Año	Nivel	Subniv.	Talla	Cuadro	Nº	Elemento
ATD6-17	1994	TD6		39	G17	82	Temporal
ATD6-17	1994	TD6		39	G17	90	Temporal
ATD6-28	1994	TD6		39	I16	95	Falange de mano
ATD6-28	1994	TD6		39	I16	96	Falange de mano

Tabla 1. Fósiles con una única sigla específica para humanos (sigla-homo) relacionada con dos siglas de campo.

Sigla-homo	Año	Nivel	Subniv.	Talla	Cuadro	Nº	Elemento
ATD6-7	1994	TD06		36	I17	4	Premolar (P3) sup dch
ATD6-8	1994	TD06		36	I17	4	Premolar (P4) sup dch
ATD6-9	1994	TD06		36	I17	4	Premolar (P4) sup izq
ATD6-10	1994	TD06		36	I17	4	Molar (M1) sup dch
ATD6-12	1994	TD06		36	I17	4	Molar (M2) sup dch

Tabla 2. Dientes con una única sigla de campo relacionada con más de una sigla específica para humanos (sigla-homo).

Sigla-homo	Año	Nivel	Subniv.	Talla	Cuadro	Nº	Elemento
ATD6-70	1995	TD6	-	40-41	G16	104	Metatarso
ATD6-107	1995	TD6	-	40-41	G16	105	Metatarso
ATD6-89	1995	TD6	-	40-41	H16	91	Costilla
ATD6-206	1995	TD6	-	40-41	H16	151	Costilla
ATD6-100	2004	TD6	2	-	G15	10	Cráneo
ATD6-168	2003	TD6	2	-	G15	76	Cráneo

Tabla 3. Fósiles con dos siglas diferentes (tanto de campo como homo) que remontan y que se pegaron. El metatarso y la costilla se presentaron –con sus dos siglas– como un único elemento (Lorenzo et al., 1999 y Carretero et al., 1999); el fragmento craneal permanece inédito.

En resumen, lo que se inicialmente se planteó como una revisión rutinaria de los fósiles, contrastando la determinación anatómica y la sigla con las publicaciones y los inventarios, derivó en un trabajo de comprobación de algunos de los fósiles publicados como humanos que finalmente no se habían guardado junto al resto de la colección de fósiles humanos, así como de búsqueda de las siglas de campo de algunos de ellos porque, en realidad, con esta revisión se vio que el control del inventario de la relación entre la sigla de campo y la sigla-homo tenía que mejorarse.

La sigla de campo está asociada a cada registro al cual se le asigna, con contadas excepciones, inmediatamente después de su recuperación; esa sigla está también en la etiqueta de la bolsa individualizada de cada resto; además, está en una base de datos y en los inventarios de las memorias de excavación. Es la que permite reconocer el resto con más precisión: hay datos sobre el año, el cuadro, etc., con lo cual es más sencillo comprobar la información en las memorias y demás documentación de la excavación. Por lo tanto, es una referencia valiosa que, en caso de que se elimine, hay que salvaguardar en inventarios de referencia, es decir, únicos y que, además sean accesibles.

3.2.2. El inventario actualizado de la colección de fósiles humanos

Hasta la fecha, además de la revisión hecha en el marco de esta tesis, diversos miembros el EIA han realizado revisiones del material faunístico, identificando entre él algunos nuevos restos humanos¹¹. Con las nuevas revisiones, se han identificado nuevos fósiles de los años 1994-96. Algunos de ellos, en realidad se habían publicado en el inventario del artículo de Fernández-Jalvo et al. 1999 (apéndice II, Tabla 1), aunque después no se incluyeron en los estudios específicos publicados agrupados por elementos anatómicos. Además, se encontraron fragmentos que contactan con el cuerpo mandibular ATD6-5 (Figura 11, ver apéndice III).

Identificar como resto humano un fragmento que en algún momento se descarte como tal, no sólo puede volver a pasar, sino que tampoco tiene por qué suponer ningún problema a efectos de inventario si, como se ha mencionado, si se le asigna una nueva sigla se mantiene la relación entre la sigla original (en este caso la de campo) y la nueva (en este caso la específica o sigla-homo), ya que la sigla de campo.

¹¹ Se tiene constancia de al menos dos revisiones. La realizada por P.Saladié en el marco de su investigación predoctoral (*Mossegades d'omnivors, aproximació experimental i aplicació zooarqueològica a la Sierra de Atapuerca*, 2009, Tarragona, URV), y la realizada por A. Gómez-Olivencia en 2014 con el objetivo específico de identificar fragmentos pertenecientes al esqueleto axial humano.



Figura 11. Fragmentos nuevos pertenecientes a la mandíbula ATD6-5.

El fragmento de la derecha, con los dientes incluidos, es ATD6-5 y forma parte del holotipo de la especie *Homo antecessor*. Los dos fragmentos de la izquierda, se encontraron durante la revisión de la colección de los años 90).

En el apéndice II de esta tesis se deja un catálogo completo de los fósiles identificados hasta la fecha como humanos, así como de otros por confirmar pero, por distintos motivos, con sigla-homo asignada.

El inventario de fósiles cuenta con una fotografía de cada uno de ellos para facilitar su identificación. Además, en el caso de los fósiles publicados, se recogen las referencias de las primeras publicaciones en las que aparecen, para así poder contrastar la información que se ofrece.

Actualmente hay 175 “siglas-homo” asignadas aunque hay 3 elementos anatómicos que tienen dos siglas homo (Tabla 3), por lo que, a efectos de inventario hay 172 fósiles individualizados. Hay que tener en cuenta que en realidad 13 pertenecen a fragmentos cuya asignación a Homo no está clara.

Aunque sólo se han incluido los que han sido determinados como humanos por diversos especialistas del EIA, buena parte de estos fósiles no se han estudiado en profundidad ni publicado, por lo que se podría dar alguna variación en la identificación, puede haber algún nuevo remontaje, algún descarte, etc.

3.3. Las intervenciones anteriores y el estado de conservación de los fósiles de la primera etapa

3.3.1. La restauración

La mayoría de los fósiles humanos recuperados en las primeras campañas (1994-96), se restauraron poco después de su descubrimiento. El maxilar ATD6-69 (Figura 12) aparece limpio en la publicación de 1997 (Bermúdez de Castro et al., 1997) y el resto de los fósiles también están restaurados en el número monográfico de la revista *Journal of Human Evolution* (1999, 37, 3-4), la primera publicación en la que se describe en detalle todo el material. Sin embargo, no hay publicaciones ni informes técnicos sobre los tratamientos de restauración que se hicieron. De hecho, la información de este apartado procede de diversas comunicaciones personales con miembros del Equipo de Investigación de Atapuerca (en adelante EIA); de uno de los diarios de excavación (el de 1994) en el que hay alguna referencia a algún tratamiento *in situ*; y, finalmente, de una entrevista con las dos restauradoras que entonces, y aún hoy, trabajaban en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (en adelante MNCN)¹².

Por comunicaciones personales, se sabe que el propio equipo de excavación fue el que realizó los tratamientos de “primeros auxilios” en el campo. En el diario de excavación de 1994¹³ se recogen un par de anotaciones sobre tratamientos *in situ*, y se refieren a dos fósiles a los que se hacen soportes con “papel” y gasa adheridos con Paraloid y pegamento lmedio. Según el diario, de esta manera se extrae la mandíbula ATD6-5 (Figura 11), de la cual se dice que se le aplicó primero una capa de papel y después otra de gasa, adheridas ambas con una mezcla de Paraloid, pegamento lmedio y acetona. Se trató de la misma manera un fragmento de hueso que en el diario no consta que sea humano. A parte de esta información, no se ha encontrado más información escrita relativa a los tratamientos de restauración *in situ*.

Algunos fósiles se trataron en el laboratorio de campo o en los distintos centros de investigación¹⁴. Su tratamiento debió ser parecido al que se realiza al resto de materiales recuperados en estos yacimientos en la actualidad: se lavan siempre que es posible con

¹² Las restauradoras son Blanca Gómez-Alonso y Paloma Gutiérrez del Solar, con las que se mantuvo una entrevista el 6/11/2008 en el laboratorio de Restauración del MNCN de Madrid.

¹³ Diario de excavación de los días 12 y 19 de Julio de 1994.

¹⁴ En estas fechas, el estudio paleoantropológico se realizaba en dos centros de Madrid: en la UCM estaba el equipo dirigido por J.L.Arsuaga y, en el MNCN, el equipo dirigido por J.M. Bermúdez de Castro (los fósiles no se llevaron a la universidad de Tarragona ni tampoco a Burgos, no existía aún el CENIEH).

agua; si es necesario, se limpian mecánicamente; si hace falta, se pegan y se consolidan (por la información se la que se dispone, las adhesiones debieron hacerse mayoritariamente con pegamento a base de nitrato de celulosa (Imedio banda azul) y las consolidaciones con Paraloid B72).



Figura 12. Maxilar ATD6-69.

Uno de los fósiles más relevantes de la primera etapa de excavación, el maxilar ATD6-69 (Figura 12), clave para proponer la nueva especie, fue tratado por las restauradoras del MNCN de Madrid (Gómez-Alonso y Gutiérrez del Solar, 2008). Este maxilar se levantó parcialmente incluido en sedimento. Este sedimento se retiró con diversos ácidos (acético entre ellos). Este trabajo se hizo con la ayuda de lupa binocular y aplicando el ácido de manera muy localizada. Una vez limpio, el fósil se consolidó con una resina acrílica, Synocryl (Gutiérrez del Solar, Com.pers.)¹⁵.

Una vez restaurados, la mayoría de los fósiles estuvieron durante mucho tiempo guardados en cajones de plástico, colocados sobre un lecho de algodón. Así se encontraron los fósiles de la colección del CENIEH cuando se realizó la revisión de los fósiles para esta tesis, mientras que los del Museo de Burgos, estaban en cajas de cartón incluidos en espuma de polietileno.

¹⁵ No está claro si se restauraron más fósiles humanos en el MNCN, aunque lo que sí se hizo en esta institución fue moldear buena parte de la colección de fósiles.

3.3.2. El moldeado de los fósiles: las técnicas y los efectos

Además de restaurados, la mayoría de los fósiles de *Homo antecessor* fueron moldeados. El proceso de moldeado implica riesgos, ya que hay que impregnar los fósiles con productos diversos (consolidantes, siliconas, desmoldeantes) y, además, durante el desmoldeo (al separar la silicona del fósil) se pueden causar fracturas y descamaciones en los fósiles. En definitiva, el moldeado es un proceso invasivo y, por ello, al igual que ocurre con la restauración, entre otras cosas, hay que dejar registro de los procedimientos y de los productos empleados. Sin embargo, en este caso tampoco hay documentación escrita sobre los trabajos de moldeado de los fósiles humanos de TD6 que permita conocer con certeza todos los productos y procedimientos empleados. No obstante, se sabe que se hicieron moldes en distintos centros, especialmente en el MNCN y en la UCM¹⁶.

A lo largo de estos años se han hecho dos tipos de moldes de estos fósiles humanos de TD6: 1) moldes “completos”, cuyo objetivo era obtener una réplica del fósil para su uso científico o divulgativo; 2) moldes “parciales”, aplicados a áreas reducidas y hechos con el objetivo de reproducir determinados elementos de los fósiles con fines analíticos (por ejemplo, moldes de los dientes para estudiar el desgaste o de zonas en las que se detectaron marcas de corte, normalmente para obtener réplicas para estudios microscópicos). Estos moldes dejaron algunas trazas en los fósiles, esencialmente restos de suciedad (plastilina, silicona, etc.).

Para entender mejor el origen de estos restos, así como los posibles efectos negativos de los moldes en general, se describe cómo se obtiene cada tipo de molde:

- *Moldes para obtener una réplica (completa).*

Para obtener un molde cuyo objetivo es reproducir el objeto entero, hay que incluirlo del todo en un elastómero como la silicona, que es el material que se ha usado con estos fósiles y, en realidad, es el material de uso más extendido. Previamente, hay que incluir el fósil en algún tipo de pasta de modelar (normalmente Plastilina), ya que antes de echar la silicona, hay que conformar las distintas piezas del molde (Figura 13 b y c). Generalmente hay que poner algún tipo de sustancia desmoldeante para que la silicona no se pegue en exceso (p.ej. vaselina, aceite de silicona, etc., Figura 13, d). Gracias a que la silicona es elástica, una vez terminado el molde, puede separarse del fósil con relativa facilidad (depende en parte de si la morfología del fósil es más o

¹⁶ Parte de los moldes del esqueleto postcraneal los hizo la autora de esta tesis entre 1998-2000, aunque muchos de los fósiles ya habían sido moldeados con anterioridad.

menos compleja y de que no se haya adherido a la superficie, algo que en principio se evita con los productos desmoldeantes).

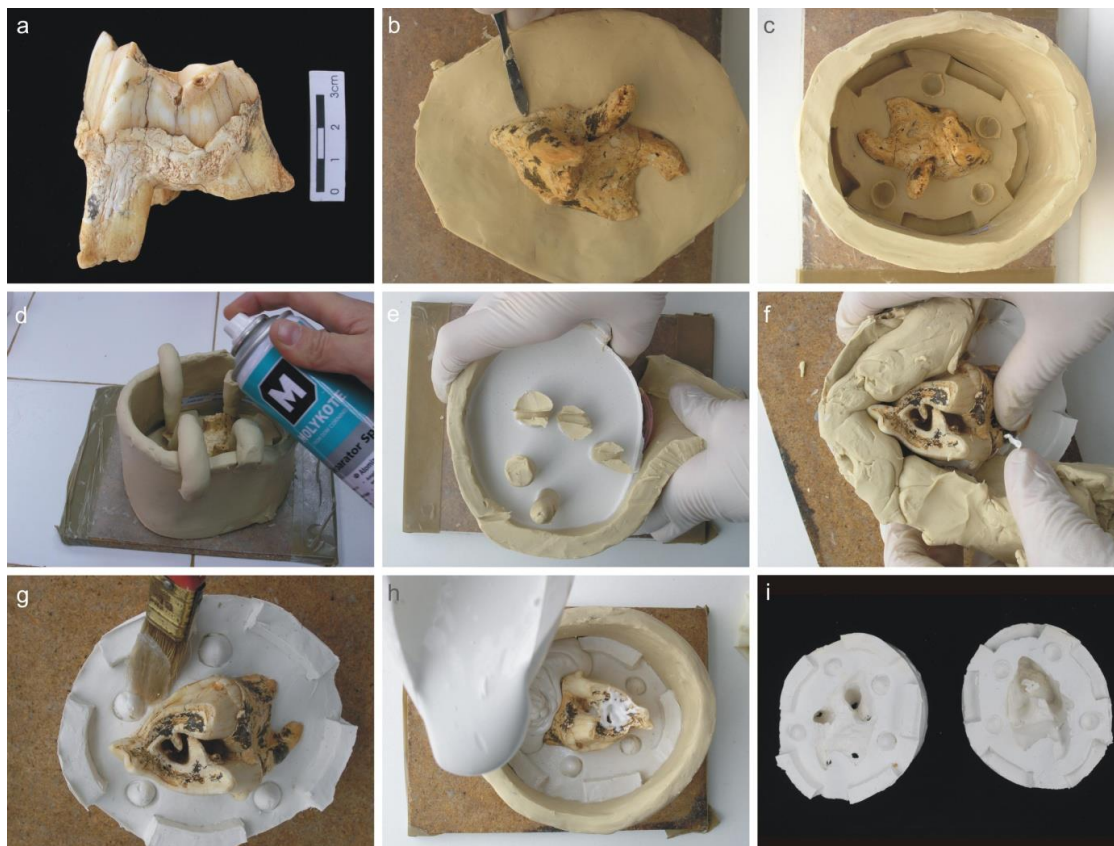


Figura 13. Proceso de moldeado para obtener una réplica de un fósil.

Moldeado de un diente de un herbívoro. El procedimiento es el mismo que se sigue habitualmente con otros fósiles. Los moldes se componen normalmente por dos mitades. Para obtenerlas, lo primero que hay que hacer es conformar “en negativo” lo que será la primera mitad de silicona. Esto se hace con pasta de modelar (tipo Plastilina). Para ello hay que incluir el fósil en esa plastilina, hacer paredes para contener la silicona (c), así como elementos en relieve que permitirán que las dos mitades encajen y se sujeten (c). Después, tras aplicar algún desmoldeante (d), se vierte la silicona de la primera mitad. Una vez solidificada (e), se retira la pasta de modelar (f). Antes de echar de nuevo silicona, hay que poner alguna sustancia desmoldeante -como la vaselina- (g), para evitar que la silicona nueva se pegue a la anterior. También hay que hacer de nuevo unas paredes para contenerla (h). Así se obtiene el molde en silicona a partir del cual se pueden obtener réplicas en distintos materiales (resina de poliuretano, etc.).

En caso de que la silicona se pegue accidentalmente, puede romperse el molde. Esto ocurre con frecuencia porque la silicona se queda enganchada en recovecos de los que es difícil sacarla (vértebra de la Figura 17). Pero también se corre el riesgo de lo que se rompa sea el fósil. Por eso los moldes de este tipo implican generalmente una preparación previa del fósil, que con frecuencia se consolida, puesto que durante

3 – La revisión de la colección de la primera etapa

la separación se ejerce presión. Además, a veces se tapan con plastilina u otros productos grietas, zonas de hueso esponjoso u orificios en general, en los que la silicona líquida puede colarse y de las cuales puede ser difícil de retirar. Así, también hay que proteger a los fósiles de los propios materiales de moldeo (plastilinas, siliconas, etc.), para evitar manchas o restos difíciles de quitar.

En definitiva, todo este proceso puede causar daños en los fósiles: pueden quedar restos de todas esas sustancias (silicona, plastilina, desmoldeantes, etc.) y, además, se pueden ocasionar fracturas o arranques de partículas durante la separación del fósil de la silicona.

- *Moldes “parciales”.*

Los moldes “parciales” son en general menos agresivos con los fósiles. Estos moldes se hacen esencialmente para obtener réplicas que se estudian al microscopio cuando por motivos diversos no pueden observarse directamente los originales (porque el microscopio no está en el centro en el que se encuentra el fósil, porque el fósil excede el tamaño que admite el aparato, etc.) (Figura 14).

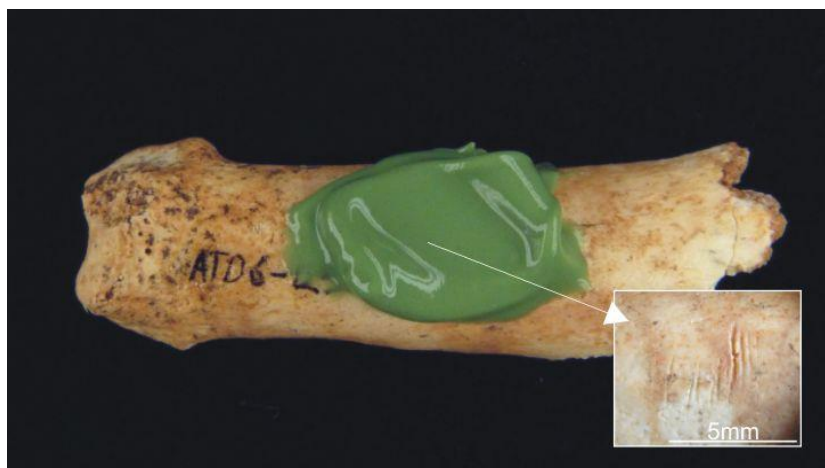


Figura 14. Molde parcial de la falange ATD6-123.
Molde de un área con marcas de corte.

Las siliconas que se emplean para este tipo de moldes parciales son normalmente las que se usan en el campo de la odontología, que dan una buena resolución y son fáciles de aplicar, ya que están preparadas para que curen con rapidez y para que no descuelguen. Estos moldes parciales son técnicamente más sencillos: el fósil no

requiere preparación previa, ni se incluye en Plastilina; tampoco se incluye por completo en la silicona ni es necesario emplear desmoldeantes. De hecho, se evita intencionalmente añadir cualquier producto entre la silicona y la superficie del fósil porque éste crearía una película que interferiría en la fidelidad del registro. En definitiva, en estos moldes, sólo entra en contacto con el fósil el elastómero – normalmente silicona- y, además, lo hace sólo en pequeñas zonas. Así, en general, el proceso es normalmente menos agresivo, aunque también puede producir manchas o dejar restos de la propia silicona.

Los fósiles humanos de TD6 de la década de 1990 se han moldeado siguiendo estos dos tipos de procedimientos, es decir, se han hecho moldes para obtener réplicas (moldes “completos”, Figura 13) y también moldes con fines de estudio, es decir, que registraban sólo áreas concretas (Figura 14).

Aun trabajando con toda precaución, el moldeo suele dejar trazas. De hecho, los moldes pueden suponer una intervención de mayor calado que determinados procedimientos de restauración. El fósil se impregna de diversos productos (consolidantes, desmoldeantes, elastómeros); además, tras incluirlos en plastilina, ésta se alisa normalmente repasando con herramientas, muchas veces metálicas, lo cual implica necesariamente contacto repetido con la superficie ósea en la zona de contacto entre la plastilina y el fósil, una zona que hay que alisar y definir con especial cuidado; y, finalmente, durante el desmoldeo, el fósil puede verse sometido a ciertos movimientos y presiones. Pero, además, después de hacer un molde, hay que limpiar el fósil y, si este proceso de limpieza no se realiza bien, suelen quedar trazas (Figura 15, Figura 17).

3 – La revisión de la colección de la primera etapa



Figura 15. Restos de materiales de moldeo en distintos fósiles humanos de TD6

(a) Cigomático ATD6-19 en el que quedaron restos de plastilina en una línea que se corresponde seguramente con la de separación de las dos mitades del molde (en ese plano de separación es dónde la plastilina se pega siempre más al objeto moldeado). Tanto en el molar ATD6-12 (b) como en el fragmento de mandíbula ATD6-5 (c), se observan restos de plastilina amarilla y de silicona azul y verde estas siliconas son las que se han empleado en estos fósiles para hacer moldes parciales. (La barra representa 1cm).

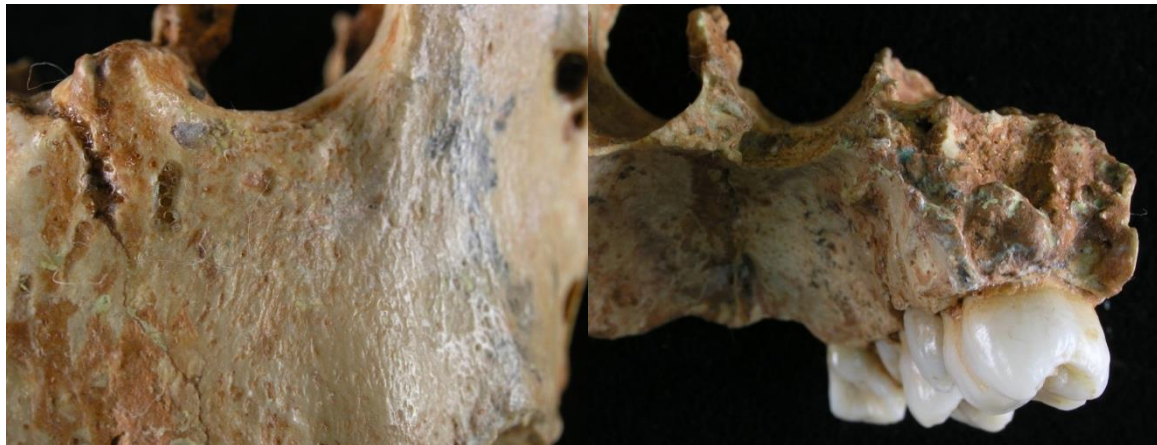


Figura 16. Maxilar ATD6-69 (detalles).

Dos de las imágenes de detalle hechas durante la revisión de la colección de los años 90. Arriba pueden verse restos de consolidante y de algodón. Abajo, restos de silicona (verde) y de plastilina (amarilla).

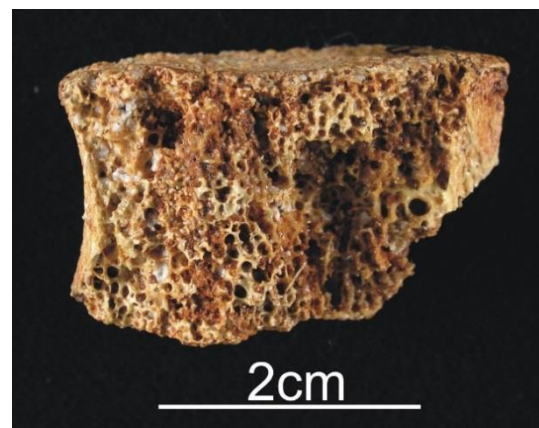


Figura 17. Fémur ATD6-76 y vértebra ATD6-74.

A la izquierda, en el fémur, el recuadro enmarca una zona con una mancha oscura (podría ser de silicona, ya que ésta a veces deja este tipo de manchas en materiales porosos).

A la derecha, en la vértebra, se observa cómo el proceso de moldeo dejó en este fósil restos de silicona blanca atrapada entre la trabécula.

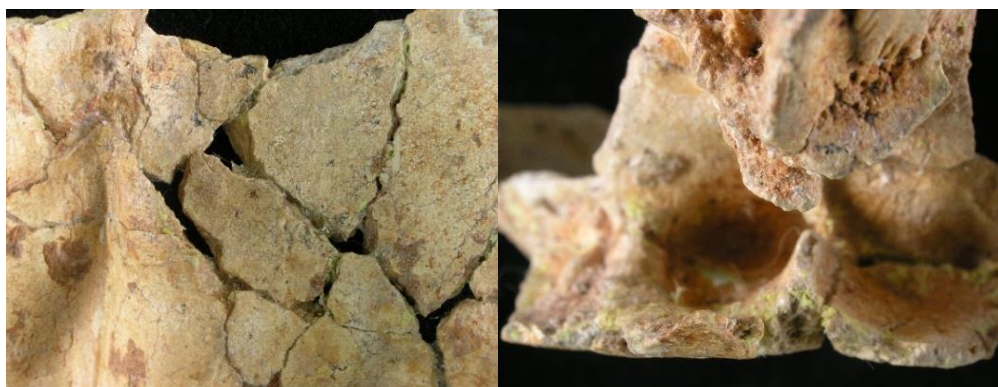


Figura 18. Frontal ATD6-15 (detalles)

Arriba, cara externa del frontal. Abajo, dos de las imágenes de detalle hechas durante la revisión de la colección. En ambas pueden verse restos de plastilina (amarilla) que quedó después del moldeado.

En los fósiles de TD6 revisados se documentaron restos de silicona de diversos tipos. Había restos de silicona blanca, de la empleada para hacer moldes completos y azul y verde, de la usada para hacer moldes parciales. También había restos de plastilina amarilla y gris¹⁷. Además, se detectaron algunos restos menos determinables. Asimismo, se observaron manchas, posiblemente producidas por la silicona. En cualquier caso, muchas de estas trazas se podían haber retirado con una intervención de limpieza, como de hecho se hizo con posterioridad a esta revisión¹⁸. Sin embargo, lo que no puede saberse sin documentación y sin fotografías de los fósiles antes del moldeo es si el proceso ocasionó algún otro daño como, por ejemplo, fracturas o pérdidas. Este tipo de daños no se pueden observar si no es por comparación del estado final con el estado del fósil antes de la intervención.

3.4. Conclusiones

En este apartado se han resumido los resultados de la revisión de la colección de fósiles humanos de TD6 recuperados en la década de 1990, tanto del inventario como del estado de conservación. Esto sirvió de punto de partida de esta tesis, ya que permitió reconocer algunas carencias y así diseñar mejor el trabajo de esta nueva etapa.

Respecto al inventariado y siglado de los fósiles, se concluyó que la gestión de la colección podía mejorar, especialmente por lo que respecta a la asignación de sigla específica de humanos y al registro cuidadoso de su correlación con la sigla de campo. Esta relación no estaba clara en algunos de los fósiles de la etapa anterior, en los cuales era difícil saber cuál era la sigla de campo de los fósiles, sin la cual se pierde la posibilidad de conocer la procedencia exacta. Por este motivo, con los fósiles humanos del segundo periodo de excavación (2003-2009), se ha procurado que la sigla específica de humanos que se rotulaba en el fósil, se introdujera a la vez en la base de datos general de la Trinchera del Ferrocarril. Además, se ha dejado el inventario con las dos siglas correlacionadas y una fotografía de los fósiles para facilitar su identificación (catálogo del apéndice II).

Algunas de las dificultades que se han hallado durante la revisión de las siglas de los fósiles, se podrían haber resuelto con mayor facilidad si hubiera existido información sobre el sistema y los criterios que se utilizaron. Lo mismo sucede con la restauración y los trabajos

¹⁷ La Plastilina amarilla se empleó habitualmente en el MNCN, y la blanca o gris, se usó habitualmente en la UCM.

¹⁸ Se limpiaron en el laboratorio de Conservación y Restauración del CENIEH después de esta revisión hecha entre noviembre y diciembre de 2006.

de moldeado realizados en la primera etapa de excavaciones, de los que apenas hay registro escrito o fotográfico.

La documentación de los tratamientos de restauración y de los procesos de moldeado es un requerimiento básico. El informe de restauración permite conocer las intervenciones y saber así que modificaciones o productos añadidos pueden haber afectado a los fósiles. La documentación puede contener también información valiosa por lo que respecta a los propios fósiles, puesto que se registra su estado inicial así como algunos estadios intermedios, detalles que a veces no pueden apreciarse una vez limpios o reconstruidos. Así, tras la revisión de la colección preexistente de fósiles humanos de *Homo antecessor*, se consideró que un objetivo específico de esta segunda etapa, era dejar bien documentados tanto las intervenciones de restauración.

Pero, además, esta revisión de la colección de la década de 1990 también ha servido a posteriori para valorar cuáles han sido las aportaciones principales de esta segunda etapa. Además de la documentación de los procedimientos, se han aportado algunas soluciones de restauración que, si no fuera por la comparación con las soluciones de la etapa anterior, podían haber pasado desapercibidas. Sin embargo, ha habido algunos cambios en cuanto a productos, herramientas y métodos empleados en los tratamientos de esta segunda etapa. Todo ello, se recoge en los siguientes capítulos.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

CAPÍTULO 4 – METODOLOGÍA

Esta tesis se basa en las intervenciones realizadas a los fósiles humanos de TD6 recuperados durante la segunda etapa de excavaciones (2003-2009), así como algunos de la etapa anterior (1994-1996) identificados durante estos años.

Los trabajos de restauración que se exponen son los que se realizaron en el laboratorio, ya que las intervenciones *in situ* las realizó el propio equipo de excavación, en el cual con frecuencia había otros restauradores también excavando.

En esta segunda etapa, se ha intentado mejorar tanto la metodología como los criterios de restauración. También se ha procurado solventar la falta de documentación de los tratamientos detectada en la etapa anterior. Además, se ha seguido un protocolo homogéneo de registro, inventariado y siglado de los fósiles. Todo ello, se describe en este capítulo.

4.1. Protocolo de restauración y siglado

Todo el material -restos faunísticos e industria lítica- recuperado en los yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril sigue el mismo protocolo desde su excavación: primero, se revisa en el laboratorio de campaña; después, la mayoría se lava, se sigla e identifica en ese

mismo laboratorio. Tan sólo una pequeña parte se deriva al laboratorio de restauración del cual, una vez tratados, vuelven al laboratorio general para que se continúe con el proceso de siglado e identificación. Pero con los fósiles humanos no se ha seguido este protocolo general: cuando se identificaban como resto humano -o se presumía que podía serlo- (Figura 19; coxal ATD6-120, apéndice IV), se derivaban directamente al laboratorio de restauración. Allí es donde se valoraba si se podían o no lavar, si era o no necesario intervenir y, finalmente, donde se siglaban y embalaban.

Algunos de los fósiles humanos, normalmente los que estaban en buen estado y apenas tenían sedimento adherido, se trataron directamente durante la campaña de excavación. La mayoría, sin embargo, se trasladaron al laboratorio de restauración del IPHES, donde se restauraron en años sucesivos, entre 2003 y 2015. A parte, algunos de los fósiles no se identificaron durante las campañas, sino en revisiones posteriores (ver capítulo 3, apartado 3.2.2.). En cualquier caso, siguieron el mismo protocolo: se entregaron al área de restauración y allí se trataron y siglaron igual que el resto.

El protocolo seguido en el laboratorio de restauración con estos fósiles determinados como humanos o como posibles humanos, desde su entrada hasta su salida del laboratorio, fue el siguiente:

- a) Documentación inicial: fotografías y descripción escrita.
- b) Tratamiento:
 - a. Primer tratamiento para confirmar el taxón:
 - i. En los que se sospechaba que podían ser humanos, se intervenía hasta que se puede determinar si es o no humano (Figura 19).
 - ii. Nueva revisión e identificación.
 - b. Con los restos que se determinaron como pertenecientes al género Homo:
 - i. Documentación acorde con el resto de la colección (más exhaustiva que con otros restos, ver fichas de tratamiento en apéndice IV).
 - Fotografías generales y de detalle antes y después de la intervención; en muchos casos, también durante la intervención.

- Registro escrito detallado de las intervenciones.

- ii. Asignación de la sigla específica de la colección de humanos (ATD6-número): asignación e introducción en la base de datos de dicha sigla y rotulado de la misma en el fósil antes de su salida del laboratorio de restauración

En los fósiles cuya determinación taxonómica no estaba clara, a veces, con el tratamiento apenas avanzado se podía ya confirmar o descartar su identificación. Si se descartaba, se seguía el protocolo estándar que, en muchos casos, suponía un grado de intervención menor y una documentación, en general, menos exhaustiva (siempre dependiendo de cada concreto).

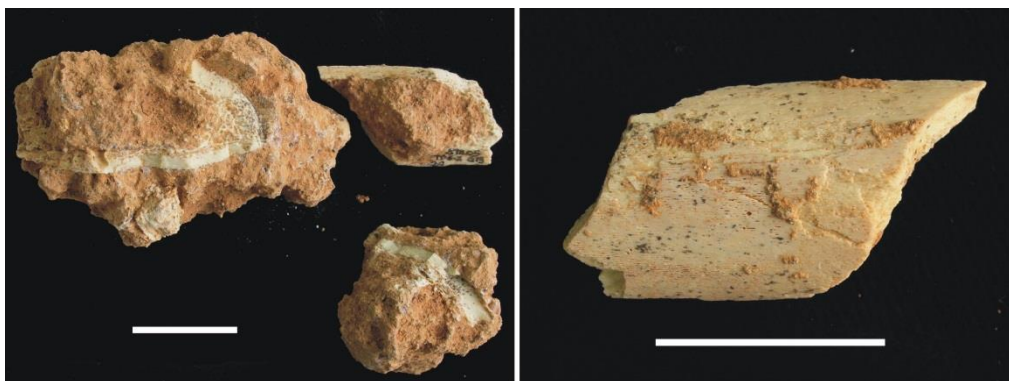


Figura 19. Fragmento óseo de TD6.

Estado inicial y tras el tratamiento (izquierda y derecha respectivamente) de uno de los huesos de TD6 (ATA05-TD6-2-G15-22) que se restauraron para poder determinar era o no humano.

En cuanto a la asignación de la sigla específica de humanos (ATD6-número), se hizo en el laboratorio de restauración. La sigla se asignaba a cada fósil y se introducía a la vez en la base de datos general, en la que se encuentran los datos de campo, con el objetivo de mantener a salvo la relación entre la sigla de campo y la específica (relación no del todo clara en algunos de los fósiles de la primera etapa; ver capítulo 3).

4.2. Metodología y criterios de las nuevas intervenciones de restauración (2003-2015)

En este apartado se describe la metodología de intervención empleada con los fósiles de TD6. Parte de la información se encuentra también en algunas de las publicaciones incluidas en esta tesis, pero en este apartado se presenta de manera más desarrollada.

4.2.1. Documentación y exámenes previos

4.2.1.1. Determinación de los fósiles y de sus rasgos relevantes

El primer paso antes de intervenir sobre cualquier objeto arqueológico o paleontológico es identificarlo, determinar qué es y saber dónde radica la información que se va a estudiar. Como el tratamiento de estos fósiles humanos de TD6 se ha hecho dentro del equipo de investigación de Atapuerca, se ha contado en todo momento con la ayuda de especialistas en paleoantropología, tafonomía y zooarqueología. Ellos han identificado los restos y analizado la anatomía, los elementos de interés tafonómico (p.ej. fracturas, marcas de corte, mordeduras, etc., Figura 9). Aunque a veces no es posible identificar los restos hasta que se restauran, esta identificación (elemento anatómico, especie, edad de muerte) se ha hecho, siempre que ha sido posible, antes de la intervención. Además de la ayuda de los especialistas, durante la restauración se han utilizado atlas de anatomía (Platzer, 2003; White y Folkens, 2005) y esqueletos de la colección de referencia del IPHES (Figura 20). Esta información permite documentar correctamente, realizando las fotografías *con los restos bien orientados. También describir y localizar bien las alteraciones*, refiriéndose bien en las descripciones de los tratamientos a las zonas intervenidas. También, a de manera más segura, especialmente durante las limpiezas, así como a realizar las reconstrucciones de manera más eficaz y fiable.

Además de la identificación anatómica, siempre que ha sido posible, se ha hecho un análisis tafonómico elemental antes de la restauración, con el objetivo de determinar si existían elementos que a priori, durante la restauración había que considerar, tanto para descubrirlos como para no erosionarlos o enmascararlos accidentalmente durante los tratamientos (Figura 9).



Figura 20. Clavícula ATD6-119 durante la restauración.

Fósil junto a una clavícula de la colección de referencia.

4.2.1.2. Las fotografías de los fósiles

El registro fotográfico de los fósiles y de las intervenciones de restauración ha sido uno de los aspectos especialmente cuidados. Como se ha mencionado, los trabajos que se describen aquí, son los de laboratorio, puesto que no se participó en la excavación. Así, para empezar, se han buscado las fotografías realizadas en *in situ* con el objetivo de completar la información sobre el estado de conservación en el que se hallaron (Figura 21). Todas estas fotografías se han incluido en las fichas individuales de cada fósil recogidas en el apéndice IV.

Ya en el laboratorio de restauración, se fotografiaron todos los fósiles determinados como humanos o “posibles humanos” (ver protocolo, 4.1.). Estas se realizaron con cámaras digitales estándar, tanto compactas como réflex, en general, con los fósiles en una posición anatómica estándar (Figura 35). Esto facilita que las fotos de antes y después sean fácilmente comparables y, también, que coincidan con las vistas de atlas y publicaciones científicas. Sin embargo, esto es posible con restos más o menos completos e identificables, pero no tanto cuando los restos están muy alterados. Así, se siguió esta norma en la medida de lo posible y, cuando estaban fragmentados, se colocaron en la posición más próxima a la que quedarían una vez reconstruidos (Figura 22).

4 – Metodología

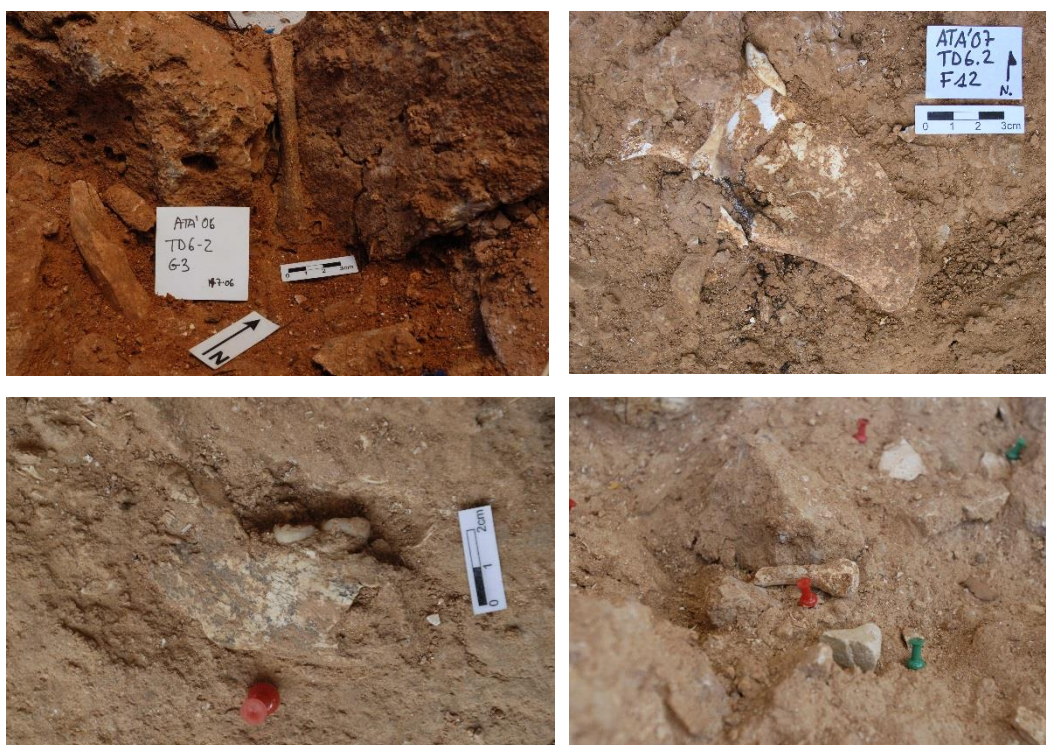


Figura 21. Fósiles humanos de TD6 *in situ*.

Ejemplos de algunos de las fotografías de los fósiles tomadas durante la excavación. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: húmero ATD6-121; escápula ATD6-118; mandíbula ATD6-113 y metatarso ATD6-124. Las imágenes son del archivo del IPHES (autores: A.Ollé (escápula) y J.Mestre (todas las demás).

Además de vistas generales, se hicieron fotografías de detalle, tanto de la superficie de los fósiles como de los bordes de fractura. En la mayoría de los fósiles se hicieron “barridos” fotográficos antes y después de la restauración (Figura 23; Figura 3 del artículo López-Polín, et al., 2008, capítulo 5). Es decir, se ha documentado toda la superficie a base de fotografías de pequeñas áreas realizadas con un objetivo macro. Este tipo de barrido permite documentar elementos que *a priori* pueden no haberse detectado (fracturas, marcas, etc.).

En los últimos fósiles tratados, se incorporó el uso de un microscopio digital (PCE-MM200 USB Digital Microscope (10X-200X), de manejo muy sencillo. Los aumentos utilizados han sido, tanto para observar como para documentar, entre 4-20x. Más aumentos pueden servir para analizar a otro nivel, pero para monitorizar procesos de restauración como la limpieza o la consolidación, ese rango normalmente es suficiente.



Figura 22. Costilla ATD6-97 antes y después de la restauración.

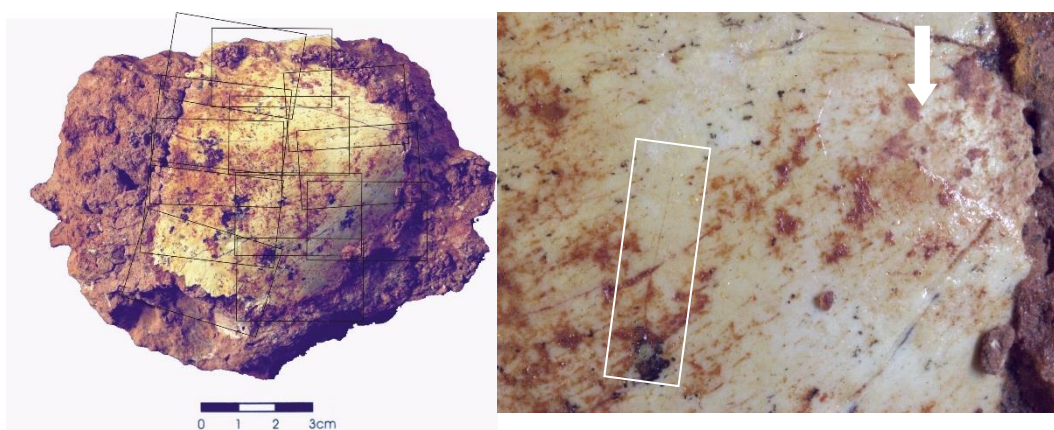


Figura 23. Barrido fotográfico del parietal ATD6-168 antes de la restauración.

En la imagen de la izquierda cada recuadro representa una de las fotografías macroscópicas que se tomaron antes del tratamiento. A la derecha, una de esas imágenes; en ella se documentó una marca de corte (en el recuadro); también se puede apreciar claramente la pequeña zona de la superficie del fósil que no cubrió el Paraloid B72 que se aplicó en el campo (señalada con la flecha).

4.2.1.3. Diagnóstico de las alteraciones

Antes de las intervenciones, se diagnostican las alteraciones, ya que de ello dependen las técnicas y los productos elegidos para el tratamiento. En esta fase, se utilizan más o menos técnicas o instrumentos dependiendo de las necesidades, de los recursos disponibles y, también, del conocimiento del material.

La inspección organoléptica -sólo con los sentidos y sin ningún instrumento auxiliar-, es siempre lo primero que se realiza. De hecho, un restaurador con experiencia y que conozca el material a tratar, a veces tiene suficiente con este tipo de examen. A partir de él, se decide si es conveniente realizar algún otro. Así, cuando es necesario, el examen organoléptico se complementa con análisis químicos o instrumentales efectuados con aparatos más o menos sofisticados. En general, este otro tipo de exámenes sirven para identificar y caracterizar los materiales, aunque también hay otros, como los realizados con rayos X, que permiten diagnosticar a partir de las imágenes.

Con estos fósiles humanos de TD6 ha predominado el examen organoléptico; se conocía bien este material y su comportamiento (resistencia, sensibilidad a cambios de humedad, etc.). Además, se han realizado exámenes de la superficie mediante lupa binocular y, en algún caso, tomografías (TAC) de los fósiles.

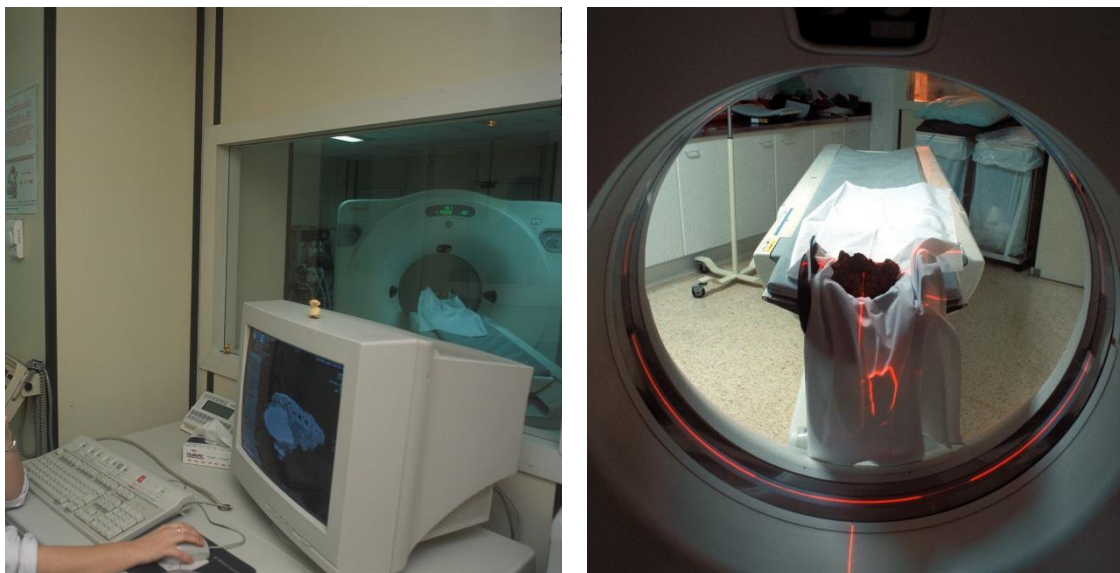


Figura 24. Tomografías (TC).

Proceso de tomografiado de la mandíbula ATD6-96. El aparato es el mismo empleado en el hospital para obtener imágenes de pacientes. En la pantalla se ve la imagen de la sección del fósil justo en el plano radiado.

El uso de radiografías y tomografías no es nuevo en restauración. Las radiografías se han usado con frecuencia para evaluar el estado de conservación de objetos metálicos (por ejemplo, Bertholon y Relier, 1990; Cronyn, 1990) y también para estudiar fósiles incluidos en sedimento (Harbersetzer, 1994). También hay ejemplos de tomografías para examinar fósiles, humanos incluidos, desde la década de 1980 (Conroy y Vannier, 1984; Clark, et al. 1994; Zollikofer y Ponce De Leon, 2005).

De los fósiles humanos de TD6 se han realizado tomografías de tres especímenes: la mandíbula ATD6-96; el parietal ATD6-168 y la escápula ATD6-116. Estos tres fósiles se extrajeron en bloque, es decir, incluidos en sedimento. Las tomografías sirvieron para ver qué había bajo el sedimento, tanto para ver qué se conservaba del propio fósil, como para descartar que pudiera haber otros fósiles incluidos en el bloque. Estas se hicieron en hospitales¹⁹, con el mismo aparato empleado para examinar pacientes (General Electric HiSpeed LX/i).

4.2.2. Determinación de los objetivos y los grados de intervención

De manera resumida, el problema esencial de los fósiles humanos de TD6 era que tenían restos de sedimento que impedían su visión y que estaban fragmentados. Por lo demás, el estado de conservación de los huesos, en general, no era malo, ya que se hallaban consistentes y sus superficies estaban bien conservadas. Además, son huesos poco sensibles a los cambios ambientales, de hecho, pueden lavarse y secarse sin problemas. Es decir, el trabajo que había que hacer era el de limpieza, reconstrucción y, en algunos casos, de consolidación. Por el contrario, en general no era necesario tomar medidas preventivas especiales.

Por otro lado, el objetivo inmediato de los tratamientos de restauración era el estudio científico de los fósiles. Por lo tanto, las intervenciones de restauración tenían que prepararlos para que pudieran ser manipulados, medidos, fotografiados y analizados a distintas escalas, macro y microscópica.

Teniendo en cuenta los problemas de los fósiles así como el uso para el que se tenían que preparar (la investigación), se ajustaron los grados de intervención. De manera genérica, los criterios generales fueron:

¹⁹ Las tomografías de la mandíbula y el parietal se realizaron en 2003 en el Hospital Sant Joan de Reus (Tarragona); la de la escápula en 2006 en el Hospital Joan XXIII de Tarragona.

a) Limpieza

El grado de limpieza sería el que permitiera el estudio anatómico y de las modificaciones tafonómicas. Para lo primero, había que descubrir la morfología, especialmente los rasgos más relevantes de cada elemento anatómico, en la práctica, apurar la limpieza. Para lo segundo, había que descubrir las zonas que podían contener información relevante (marcas en la superficie, bordes de fractura, etc.), pero sin incidir excesivamente en elementos que pudieran verse erosionados o enmascarados (p.ej. sin frotar o rellenar involuntariamente con partículas de sedimento, marcas como mordeduras, marcas de corte, etc.).

b) Consolidación:

Se limitaría al mínimo imprescindible para evitar 1) interferencias con análisis posteriores; 2) posibles problemas futuros derivados del deterioro de los productos consolidantes.

c) Reconstrucción

El criterio general con los restos óseos de los yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril es que los fragmentos separados por fracturas originadas antes de la excavación, no se adhieren (López-Polín et al., 2008). Este tipo de fracturas "antiguas" o previas a la excavación, normalmente no se pegan para facilitar el estudio zooarqueológico y tafonómico de los restos, ya que es más fácil estudiar el origen de la fracturación si se pueden examinar los bordes de los fragmentos y ver cuáles y cómo son las piezas que se han originado y su disposición y ubicación tras la fragmentación. Y si se pegan, ni se ven los bordes de fracturación ni los fragmentos "originales", en este caso, los que había antes de la excavación. Este es en realidad un criterio también aceptable desde el punto de vista de la restauración, ya que podría asimilarse este tipo de modificaciones a lo que en otro tipo de objetos se considera "pátina estable", es decir, un testimonio de los cambios sufridos por el objeto y que, si no produce daños, no tiene por qué ser eliminado.

Sin embargo, tal como se recoge en el capítulo de discusión, en el tratamiento de los fósiles humanos de TD6, se ha dado prioridad a las reconstrucciones completas, es decir, uniendo todos los fragmentos independientemente del origen de la fracturación (tal como parece que se hizo también con los fósiles de 1994-

1996). En cualquier caso, cuando se pegaron fracturas antiguas, se fotografiaron los bordes de contacto y se dejó explícitamente documentado también por escrito en el informe correspondiente (fichas de tratamiento del apéndice IV).

4.2.3. Las intervenciones de restauración

4.2.3.1. Limpieza

a) Definición y objetivos

En Restauración limpiar significa retirar todo aquello que desvirtúa el aspecto o la integridad originales de los objetos (Calvo Manuel, 1996). Es decir, puede haber dos motivos principales para limpiar un objeto: que no se pueda ver bien o que tenga materia que genere inestabilidad. En la práctica, cuando un restaurador tiene que ejecutar una limpieza, se enfrenta también a dos dilemas: distinguir el material que puede eliminarse del que no debe retirarse, y decidir el nivel de limpieza (hasta qué punto hay que limpiar para facilitar la apreciación y la estabilidad de los objetos)

En restos arqueopaleontológicos recién excavados, lo que hay que limpiar normalmente son restos de sedimento o de otras partículas (p.ej. concreciones de calcita) procedentes del medio de enterramiento. Puede ocurrir que estos restos generen inestabilidad, por ejemplo, una arcilla húmeda y sin compactar que, al deshidratarse, cause daños en el fósil (acentuando grietas, causando fracturas, desprendimientos...).

En los fósiles de TD6 el sedimento no provoca problemas de este tipo. Al contrario, les aporta cierta estabilidad mecánica. Las partículas que rellenan el esponjoso y los poros de los fósiles, en realidad, los refuerzan (Figura 25); y cuando el fósil se encuentra incluido en un bloque de sedimento, éste puede ser un elemento de protección. De hecho, cuando se retira este sedimento (durante la excavación o la limpieza) es cuando se provocan algunos de los daños principales, como fracturas, desprendimientos y las consecuentes pérdidas de material. En definitiva, estos fósiles, pueden preservarse en su matriz sedimentaria sin problemas y, por lo tanto, normalmente el único motivo por el que se retira es para permitir su identificación y estudio.



Figura 25. Detalle un plano de fractura reciente.

Plano de fractura de una costilla (no humana) de TD6. Se observan los huecos del tejido esponjoso rellenos de sedimento y de carbonato cálcico.

b) Procedimientos

Las categorías de limpieza se han establecido tradicionalmente en función del tipo de interacción que se da entre las partículas que se retiran y el elemento que se utiliza para hacerlo. Es decir, si se usa un bisturí para eliminar restos de sedimento, la interacción es mecánica, luego la limpieza se denomina “mecánica”. Mientras que si se utiliza ácido para eliminar un carbonato cálcico, la interacción es química y, por lo tanto, se denomina “limpieza química”. En la práctica, existe cierta tendencia a contraponer ambos tipos de limpieza. Así, con frecuencia se considera “química” toda la que no es mecánica. Sin embargo, estrictamente, la limpieza química debería implicar una reacción en la que algunas sustancias se transforman en otras, es decir, una reacción química (como ocurre con la reacción ácido base).

Pero, además de limpiar mecánica y químicamente, se pueden usar disolventes o agua. Así, algunos autores distinguen cuatro tipos de limpieza: mecánica, con disolventes orgánicos, con agua y con reactivos químicos (Moncrieff y Weaver, 1992; Wilson, 1995). Esta clasificación es la que seguimos en este trabajo.

En cualquier caso, en la práctica los procedimientos normalmente se mezclan. Por ejemplo, cuando se utilizan líquidos, con frecuencia también se da una acción mecánica, bien sea producida por el impacto del líquido en partículas poco coherentes o porque éste arrastre partículas abrasivas. O, cuando se utilizan torundas de algodón empapadas en algún disolvente, de nuevo se combina la acción mecánica del algodón con la del líquido o producto químico.

Además, a estos tipos hay que sumar otro, la limpieza con láser, cuyo mecanismo principal de actuación es la “ablación”, un término bajo el que se engloban una serie de procesos físico químicos. Con un equipo láser se hicieron diversas pruebas para ver su potencial (López-Polín et al. 2008, apéndice I). A pesar de que los resultados fueron prometedores, finalmente no se empleó en los fósiles humanos de TD6 (esencialmente, porque no se disponía del equipo²⁰). No obstante, podría ser una herramienta complementaria para retirar capas finas, especialmente en zonas en las que no es fácil acceder con herramientas mecánicas (recovecos como extremos de alveolos dentales, intersticios del esponjoso, etc.), así como de zonas en las que la presión de las herramientas mecánicas pueda ser excesiva.

Los procedimientos empleados con los fósiles humanos de TD6 se describen a continuación y también se sintetizan en los artículos del capítulo 5. De manera resumida, la limpieza de los fósiles humanos de TD6, igual que la de la mayoría de restos óseos de la Trinchera del Ferrocarril tratados hasta la fecha (López-Polín et al., 2008), se ha hecho esencialmente con herramientas manuales pequeñas (pinces, bisturís, etc.), así como con algunas herramientas automáticas (vibroincisores y espátulas de ultrasonidos). Esta limpieza mecánica normalmente se ha combinado con agua y alcohol para lavar y facilitar la retirada del sedimento. Apenas se ha usado ácido, ya que tan sólo se ha empleado en uno de los especímenes y de manera muy localizada.

²⁰ El equipo empleado es el del SCYR de la Universidad Autónoma de Madrid.

b.1. Limpieza mecánica

Pequeñas herramientas manuales

Las herramientas manuales como los bisturís las espátulas, los pinceles, etc., se utilizan ampliamente para preparar restos óseos (Rixon, 1976; Mallegni y Rubini, 1994; May et al., 1994; Marín Monfort, 2007). Con estos fósiles de TD6, este tipo de instrumental pequeño se ha empleado normalmente para retirar restos de sedimento poco compacto o para eliminar capas delgadas de sedimento más compacto y duro (Figura 14, p. 245).



Figura 26. Limpieza con pequeñas herramientas

Parietal ATD6-100 durante la limpieza, concretamente, en el momento en el que se eliminaba el sedimento menos compactado con un palillo de madera (Foto: A.Ollé).

Los pinceles suaves (pinceles naturales de pelo de buey) se han usado con mucha frecuencia, tanto en seco como con agua, alcohol o una mezcla de ambos, especialmente para retirar restos de sedimento poco coherentes. Aunque en menor medida, también se ha empleado hisopos o torundas de algodón empapado en disolvente (acetona o alcohol). Estos se han usado sólo en algunas zonas con restos de consolidante o adhesivo que, de otra manera, era difícil de retirar. En este caso, además de la acción del líquido, el algodón ejerce también una acción mecánica y, además, absorbe los restos de sustancias. El algodón se ha usado menos que el pincel porque deja fibras, a veces casi imperceptibles a

simple vista. Además, con el algodón normalmente se frota más la superficie que con un pincel (aunque esto depende en parte de cómo se utilice).

Cinzel

El cinzel se ha usado habitualmente para limpiar fósiles incluidos en sedimento duro y compacto. Su uso fue generalizado antes de que se popularizaran las herramientas eléctricas (Rixon, 1976; Whybrow, 1985). El impacto del cinzel puede ser fuerte y las ondas que genera son difíciles de controlar. Así, cuando se trabaja con esta herramienta, además de la experiencia y el control manual necesario, conviene conocer bien la morfología de los fósiles. Además, hay que sujetar bien el espécimen. Si éste es pequeño, normalmente basta con sujetarlo con las propias manos, pero a veces hay que buscar otros sistemas de sujeción (soportes a medida, cintas adhesivas, etc.). Aun así, con el cinzel es fácil que se produzcan grietas o fracturas en los fósiles durante la preparación.

Esta herramienta se ha empleado poco con los fósiles humanos de TD6. En general, las capas de sedimento gruesas se han retirado con vibroincisor (Figura 28), aunque en algunos casos se ha usado para reducir bloques de sedimento, como el de mayor tamaño entre los que llegaron al laboratorio, el de la escápula ATD6-118 (Figura 27 y apéndice IV).



Figura 27. Reducción del bloque de sedimento con cinzel.

Momento inicial del tratamiento de la escápula ATD6-118 en el cual se rebajó una parte del bloque de sedimento con cinzel (laboratorio de campaña, Burgos, 2007, fotografía de Eduardo Sáiz).

Herramientas percutoras automáticas: el vibroincisor

Hay diversas herramientas automáticas percutoras, es decir, que realizan la misma acción que un cincel y un martillo pero de forma automática. Estas herramientas ahorran esfuerzo y pueden percutir con mayor fuerza y velocidad. Algunos modelos de tornos micromotores tienen una función percutora, pero las herramientas ampliamente extendidas son el vibroincisor (o lápiz grabador neumático) y el microcincel.

La herramienta que se ha usado con estos fósiles es lápiz grabador neumático o vibroincisor (Figura 28), un instrumento que sirve para hacer grabados sobre piedra, metales y otros materiales duros, y que funciona impulsado por aire comprimido. Según Rixon (1976), la primera noticia sobre su uso en preparación de fósiles se dio en 1969 (Jones, 1969). Anteriormente, se usaban herramientas similares eléctricas, no neumáticas.

El vibroincisor está formado por una pieza en la se colocan puntas de distintas formas (cónicas, planas, etc.). Al recibir el aire, las puntas percuten. Hay distintos tipos de aparatos, más o menos potentes y con las puntas más o menos finas. Además, se puede modificar ligeramente la velocidad y potencia mediante la reducción del caudal o de la presión del aire comprimido.



Figura 28. Limpieza con vibroincisor (o lápiz grabador neumático).

Para estos fósiles de TD6 se ha utilizado un aparato de los que se ofertan habitualmente para trabajos de restauración, concretamente el Vibroincisor CTS-F1. Este puede generar 35.000 golpes/minuto y se ha utilizado con una punta cónica de widia de 2 mm de diámetro.

Con la punta cónica, se puede apurar bastante, puesto que permite trabajar con minuciosidad.

Esta herramienta se ha usado con frecuencia, para eliminar capas relativamente gruesas y compactas de sedimento. La punta, además de romper el sedimento en la zona de contacto, transmite una fuerte vibración que acentúa las fracturas, un efecto que puede ayudar a limpiar capas duras y compactas, pero que también puede causar fracturas en los fósiles. Es decir, al igual que el cincel, esta herramienta tiene que usarse con mucho cuidado, sujetando bien los fósiles durante el trabajo.

Herramientas automáticas rotatorias: el torno micromotor

El micromotor o “torno de dentista” es una herramienta automática rotatoria, que puede ser eléctrica o neumática, y que está compuesta por un vástago pequeño, manipulable con una sola mano, en cuyo extremo se introducen unas piezas que giran. Estas piezas pueden ser fresas –pequeñas brocas- de diferentes formas y materiales abrasivos (Figura 29); pueden ser cepillos metálicos o pueden ser discos cortantes. El material del que están compuestas las piezas condiciona que el umbral de dureza que es capaz de retirar la herramienta.



Figura 29. Reducción del bloque de sedimento con torno micromotor.

Esta escápula (ATD6-116) no se separó del bloque, pero sí se rebajó el sedimento de alrededor con el micromotor (con una fresa de carborundo).

Esta herramienta sirve para desbastar (rebajar a base de abrasión) o para cortar si el accesorio es un disco (metálico o con polvo de diamante sintético). La velocidad a la que gira la fresa suele ser regulable y así puede controlarse el proceso. Tal como señalan algunos autores (Rixon, 1976), al usar esta herramienta para rebajar el sedimento no hay que apurar demasiado, es decir, no hay que pretender llegar a la superficie misma del espécimen, puesto que la velocidad a la que giran hace que sean difíciles de controlar. El micromotor apenas se ha empleado con estos fósiles humanos de TD6. Tan sólo se ha usado en algún caso para rebajar o cortar algún bloque de sedimento (Figura 29; costilla ATD6-97 en apéndice IV).

Ultrasonidos: baños y “espátulas”

Las ondas de ultrasonidos son ondas acústicas cuya frecuencia está por encima de lo que el oído humano percibe (por encima de 20000 Hz). Uno de los efectos de estas ondas cuando se propagan es que provocan vibraciones. Además, cuando estas ondas se propagan en un líquido generan un fenómeno denominado “cavitación”, del que se sirven los baños de ultrasonidos para limpiar.

La cavitación consiste en la formación de burbujas de vapor. Estas burbujas se producen porque las ondas ultrasónicas provocan cambios en la presión del líquido, lo cual, produce la formación de unas burbujas denominadas técnicamente “cavidades”. Estas burbujas ejercen una acción mecánica (Moncrieff y Weaver, 1992).

Los baños de ultrasonidos pueden emplearse con agua o también con disolventes, para así potenciar sus efectos. En cualquier caso, antes usar el baño de ultrasonidos, hay que tener claro que el objeto puede soportar tanto la inmersión en líquido como los efectos de las ondas. En general, este tratamiento lo resisten materiales bien conservados y consistentes.

En estos fósiles de TD6 no se ha usado para quitar sedimento ya que, el suelto, se retiraba en general bien con un simple lavado, mientras que el concrecionado, apenas se movía con este sistema de limpieza. Así, sólo se ha usado en un caso para eliminar en realidad restos de consolidante, en este caso, mediante inmersión en disolventes (Figura 30).



Figura 30. Limpieza con baño de ultrasonidos.

Costilla ATD6-47 en el baño de ultrasonidos. Este fósil estaba impregnado por un consolidante indeterminado. Tras probar que con pincel y acetona apenas se retiraba, se probó por inmersión en acetona y en el baño de ultrasonidos (en la imagen). El disolvente tiene que estar dentro de un recipiente propio (en este caso bolsas), ya que la cubeta tiene que estar rellena de agua. En este caso, las bolsas también sirven para evitar roces entre los fragmentos o con las paredes de la cubeta, así como para contener posibles esquirlas desprendidas durante la limpieza.

Además de baños, hay también aparatos de ultrasonidos como los que emplean los dentistas para eliminar sarro, en los que se trabaja con una punta metálica insertada en un manipulador que está conectado a una unidad donde se generan ondas ultrasónicas. Esta “espátula de ultrasonidos” dispone de distintos tipos de puntas aunque, a diferencia del torno micromotor, en este caso varía sólo la forma y no el material (son todas metálicas). Tiene que usarse conectado a aire comprimido o agua para refrigerar la punta, que se calienta con facilidad. En restauración se ha usado para limpiar diversos materiales, entre ellos, hay algunos ejemplos de limpieza de fósiles (Fedak, 2000; Jakobsen y Feldman, 2004).

En los fósiles de TD6 se ha usado para eliminar restos de sedimento en diversos fósiles, siendo especialmente útil para el tratamiento de la mandíbula ATD6-112, descrito en López-Polín et al. 2011 (publicación incluida en el capítulo 5; en el apéndice IV hay más datos sobre el tratamiento de este fósil).

b.2. Limpieza con agua, disolventes y ácido

Cuando se utilizan líquidos para limpiar, se persigue normalmente un efecto disolvente o que se produzca una reacción química. Pero además los líquidos casi siempre producen un efecto mecánico de arrastre.

Con estos fósiles de TD6 la limpieza mecánica se combinado normalmente con agua o con alcohol para ayudar a retirar el sedimento. También se ha usado acetona cuando había que retirar restos de consolidante o de sedimento consolidado.

Agua

Cuando el agua es efectiva, es en realidad el líquido más recomendable, ya que disuelve muchas de las sustancias conocidas. De hecho, se usa mucho en limpiezas, sola o con algún aditivo, como por ejemplo, algún tipo de jabón. Frente a disolventes de otro tipo, presenta las ventajas de que es barata, resulta fácil de conseguir y, a diferencia de los disolventes y ácidos, no es una sustancia peligrosa. Y es que en la elección del líquido no sólo influye su eficacia, sino también su peligrosidad (toxicidad, inflamabilidad, etc.). Esta puede ser un factor limitante, especialmente cuando se trabaja en yacimientos, en los que con frecuencia se trabaja sobre superficies inestables, inclinadas..., o en laboratorios de campaña, en los que no suele haber sistemas de extracción de vapores y las medidas de protección normalmente son escasas. La peligrosidad también puede impedir que se transporten los líquidos en vehículos particulares o que crucen fronteras.

El agua que normalmente se recomienda para trabajos de restauración no es la del grifo, sino algún tipo de agua purificada (Moncrieff y Weaver, 1992). Esta recomendación se basa normalmente en que el agua del grifo contiene elementos que pueden ser nocivos, como el cloro o las sales solubles. Pero, además, el agua purificada es un producto estándar, de composición conocida y que no está sometido a las variaciones en composición que tiene el agua del grifo (que varía según el lugar, según el momento, el tipo de tratamiento, etc.).

Entre los tipos de agua purificada, se encuentra el agua desionizada o desmineralizada, a la que se le han quitado gran parte de los iones solubles. Estos iones, precisamente por su carácter soluble, pueden reaccionar fácilmente ante la presencia de humedad y, por lo tanto, generar algunos problemas (como eflorescencias, microfracturas por cristalización, etc.). También puede usarse agua destilada, en principio “agua pura”, sin iones pero también sin apenas ningún otro elemento ajeno a los componentes originales. Finalmente, hay aguas

purificadas mediante ósmosis, a las que normalmente se les quitan sales y también otros elementos. Según el aparato, pueden eliminarse los microorganismos etc., por lo que se obtienen aguas con distintos grados de pureza en función del sistema empleado.

Si bien en restauración se recomienda utilizar agua purificada, en la mayoría de yacimientos arqueológicos o paleontológicos, los materiales se lavan normalmente con agua del grifo. De hecho, en algunos yacimientos el agua puede proceder no sólo de la red de agua para consumo, sino de alguna otra fuente cercana (p.ej. río). De hecho, en los yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril, tanto la fauna como la industria lítica, se lavan normalmente con agua del grifo y por el momento no hay ninguna evidencia de que ésta haya ocasionado problemas en estos materiales. En cualquier caso, de manera preventiva, la mayoría de los fósiles humanos de TD6 incluidos en este trabajo se han lavado con agua purificada. Sólo la mayoría, ya que algunos de ellos se identificaron como humanos en realidad después de ser lavados en el laboratorio de campaña (luego con agua del grifo) y, aunque pocos, otros se recuperaron durante el lavado del sedimento que efectúa el equipo de investigación de microfauna en el río.

Pero incluso en los fósiles lavados directamente en el laboratorio de restauración, el tipo de agua ha variado, ya que los tratamientos que aquí se recogen abarcan un período de más de 10 años. Unos se hicieron en el laboratorio de campaña, en el cual se empleaba agua desmineralizada adquirida embotellada, mientras que otros se trataron en el laboratorio del IPHES, en el que inicialmente se usaba ese mismo tipo de agua y, posteriormente, otra purificada mediante un aparato de ósmosis inversa (Rios 3, Millipore).

En cualquier caso, sea cual sea el tipo, el agua se ha usado de manera generalizada para limpiar esos fósiles: la mayoría se han lavado por inmersión normalmente con un pincel suave (Figura 31). Este tipo de lavado ha supuesto toda la limpieza que han necesitado muchos de los fósiles. En otros, sin embargo, el agua sólo ha ayudado a retirar parte del sedimento. En cualquier caso, el agua se ha usado en general también para lavar partículas ya desprendidas y también para saturar los colores y facilitar así en parte la limpieza mecánica.



Figura 31. Lavado con agua.

El lavado con agua y con un pincel suave es un procedimiento habitual para retirar el sedimento sin compactar. En la imagen, la costilla ATD6-178 (los cuadrados miden 1cm de lado).

Disolventes orgánicos: alcohol y acetona

El alcohol se usa con frecuencia como sustituto del agua en las limpiezas. Con él se logra un efecto de disolución o arrastre parecido al del agua, pero como es más volátil, tiene la ventaja de que empapa menos que el agua. Además, en restauración se emplea con frecuencia una mezcla de agua y alcohol cuya proporción puede variar, aunque con frecuencia es a partes iguales (1:1). Con ella se buscan algunas propiedades “intermedias”. Por ejemplo, con ella se obtiene la acción disolvente o hidrante del agua pero, gracias a la presencia del alcohol, empapa menos que el agua sola.

Para estos fósiles de TD6 se ha empleado mayoritariamente agua sola; cuando no se quería empapar excesivamente, se ha usado alcohol y, en menor medida, esta mezcla 1:1. El alcohol utilizado ha sido alcohol etílico de 96° o Mostanol (una mezcla de alcohol etílico (65%) e isopropílico (35%). Mientras que el agua, en general ha sido agua desionizada (ver apartado anterior).



Figura 32. Desengasado con vapores de acetona.

El fragmento craneal ATD6-115 se extrajo del yacimiento “engasado”, es decir, con una gasa de algodón adherida al fósil con Paraloid B72. En las imágenes se muestra cómo se retira la gasa con la ayuda de “vapores de acetona” o dejando evaporar acetona dentro de un contenedor cerrado (imagen de la izquierda). Así, se ablanda el Paraloid, lo cual facilita que la gasa pueda retirarse tirando con suavidad. Aunque, con frecuencia, es necesario añadir algo de acetona a la gasa, siempre aplica menos de la que sería necesaria sin el efecto previo de los vapores.

El otro disolvente utilizado ha sido la acetona. Esta se ha usado sólo cuando había que retirar restos de consolidantes o adhesivos, tanto aplicados en el campo como en el propio laboratorio de restauración. Los restos de consolidante que se han retirado han sido, bien alguna gota accidental, o bien alguna película que involuntariamente había quedado demasiado gruesa. También en algún caso, se ha usado acetona para rectificar adhesiones. Finalmente, en un único caso, empleó acetona para retirar un “engasado” (un refuerzo con una gasa de algodón pegada con Paraloid) realizado en el yacimiento. En este caso, se creó una “cámara de vapor” (Davidson y Brown, 2012), es decir, se colocó el fósil junto a un recipiente con acetona sin cerrar, todo ello dentro de un recipiente cerrado (Figura 32); con este sistema, al evaporarse la acetona, se ablanda el adhesivo de la gasa, que se retira así con relativa facilidad. De esta manera, se invierte menos tiempo y disolvente en retirar el engasado, a la vez que el restaurador se expone menos al vapor de la acetona.

Las calidades de los disolventes varían en función de si contienen más o menos impurezas. Los más puros, se utilizan normalmente en procesos analíticos, en los que es crucial no añadir elementos distorsionantes. En restauración se emplean normalmente de buena calidad, pero no los “calidad analítica” (porque a medida que aumenta la pureza, aumenta también el precio). Tanto el alcohol como la acetona utilizados en la restauración de estos fósiles de TD6 han sido productos de pureza elevada; según datos del proveedor los grados de la acetona y el alcohol son de 99,5% y 96% respectivamente.

Ácido

El ácido se ha usado en restauración o preparación paleontológica desde hace tiempo para retirar matrices sedimentarias. Según recoge Whybrow (1985), ya a principios del siglo XX se menciona que se usa ácido clorhídrico (HCl) para retirar matrices carbonatadas (Hermann, 1909). Posteriormente, Toombs y Rixon (1950) presentaron el tratamiento ácido de manera más desarrollada y, más tarde, aparecieron publicaciones sobre otras matrices y con otros ácidos, como la de Howie (1974), que propuso el uso del ácido tioglicólico para eliminar hematites de fósiles.

El principio de esta técnica es que el ácido reacciona con los componentes de la matriz sedimentaria, convirtiendo compuestos insolubles en solubles, y provocando así la disgregación de dicha matriz. No obstante, el ácido puede afectar también al componente inorgánico del hueso (Lindsay, 1995), así que hay que emplearlo con sumo cuidado. De hecho, los ácidos que se emplean son normalmente ácidos orgánicos, como el acético o el oxálico, más débiles que los inorgánicos (como el clorhídrico). Además, se usan habitualmente dos sistemas para proteger el hueso del ataque ácido: 1) se cubren con consolidante –puede ser Paraloid B72– las áreas de hueso descubiertas desde el principio, así como las que se van exponiendo a medida que avanza la limpieza; y 2) se usan normalmente sustancias tampón o *buffers* para amortiguar la reacción. En cualquier caso, tras un tratamiento con ácido se requiere un lavado posterior con agua para eliminar todos los restos de ácido y de las sales producidas por la reacción química.

En los fósiles humanos de TD6, así como en el resto de material óseo de los yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril del Ferrocarril, apenas se ha empleado ácido para limpiar.

Estos huesos son bastante sensibles al ataque ácido, mientras que el sedimento, en general, no lo es tanto. Se sabe que se usó ácido en algunos de los fósiles tratados en la década de 1990 (ver apartado 3.3.1.). En esta segunda etapa de tratamientos, tan sólo se ha usado ácido acético puntualmente una vértebra (ATD6-150)²¹, no por inmersión, sino mediante una aplicación localizada con un hisopo de algodón. Con él se reblandeció la concreción que, después, se retiró mecánicamente. Como el ácido se usó de manera muy localizada, para retirarlo, tan sólo se hicieron sucesivos lavados del fósil.

²¹ También con un fragmento craneal ATD6-156 cuya restauración está en curso al cierre de esta tesis.

4.2.3.2. Consolidación

a) Definición y requisitos

Consolidar es devolver la solidez a un material que la ha perdido. Esta acción de refuerzo puede lograrse de distintas maneras; de hecho, hay autores que consideran refuerzos como los engasados, pueden considerarse consolidaciones. En esta tesis, no obstante, el término consolidación se refiere únicamente a la impregnación de los materiales con los productos llamados “consolidantes” (p.ej. Paraloid B72). Estos productos tienen en general propiedades adhesivas y, al aplicarse sobre los objetos, adhieren las partículas sueltas o incoherentes, a la vez que rellenan los poros y fisuras, de manera que, una vez sólidos o “curados”, refuerzan considerablemente el material.

Los consolidantes utilizados para materiales arqueológicos y paleontológicos son en general productos sintéticos, la mayoría de ellos, polímeros plásticos. Hay otros productos que no son plásticos, como el silicato de etilo y otros de base silícea, pero estos se destinan en general a la consolidación de materiales pétreos o productos de base mineral (morteros, escayolas, etc.).

Los primeros productos utilizados en restauración para reforzar diversos tipos de objetos, fueron productos naturales, como la goma laca o las colas de origen animal. Según recoge C.V. Horie en su obra de referencia “Materials for Conservation”, el nitrato de celulosa fue el primer polímero semi-sintético empleado en restauración; de él hay noticias ya en 1899, aunque no será hasta la década de 1940 cuando empiecen a emplearse de manera generalizada productos sintéticos que sustituyan a los naturales. Después del nitrato de celulosa, el primer producto sintético que parece haber sido utilizado es la baquelita, de cuyo uso se da noticia en 1925 (Shelton y Chaney, 1993). A esta siguieron los acetatos de polivinilo (PVA), como el Alvar 1570, que sustituyó en el tratamiento de restos paleontológicos a las colas vegetales y a los endurecedores de celulosa. El Alvar dejó de fabricarse y se vio reemplazado por el Butvar (polyvinyl butyral) (Whybrow, 1985). En la década de 1950, se introdujeron los primeros acrílicos, como el Bedacryl (Howie, 1984). Desde entonces hasta ahora, se han seguido usando mayoritariamente polímeros vinílicos y acrílicos, como el Paraloid (apartado siguiente), para consolidar materiales arqueológicos y paleontológicos en general.

Los productos consolidantes pueden presentarse en estado sólido o líquido. Los sólidos normalmente se aplican diluidos en disolventes orgánicos, mientras que los líquidos suelen ser emulsiones acuosas que pueden aplicarse sin más o rebajando algo la concentración

con agua. En su estado líquido, pueden aplicarse por goteo (p.ej. mediante jeringuilla), por pincelado, por inmersión y, también, se puede forzar su penetración mediante consolidación al vacío.

En general, se busca que los productos consolidantes cumplan requisitos básicos de cualquier intervención de restauración, es decir: que no provoquen daños (físicos o químicos); que no alteren el aspecto de los objetos sobre los que se aplican; y que sean estables y reversibles (que puedan retirarse).

Para que no cambien el aspecto, para empezar, el producto tiene que ser transparente y tener la capacidad de formar películas finas. Pero, además, para que no se generen películas gruesas que generen brillos y, a la vez, consolidar, hay que jugar con el grado de disolución, con el método de aplicación y con el tiempo de secado (que, a su vez, depende de factores como la temperatura ambiental o el disolvente utilizado). Por ejemplo: una aplicación de Paraloid al 5% en acetona, en las mismas condiciones ambientales, crea una película menos gruesa que uno al 20%; un disolvente como la acetona (muy volátil) da rapidez al trabajo, pero también ocasiona que se creen con facilidad acumulaciones de producto en la superficie, igual que lo facilita una temperatura ambiente elevada.

Pero, además, cada fósil o pieza tratada tiene unas características singulares. En función de su composición y, básicamente, de su porosidad y grado de consistencia, absorberá más o menos producto. Además, puede requerir más o menos consolidación según cuál sea su estado de conservación así como del uso que se le vaya a dar (hay que tener en cuenta si se va a manipular, por ejemplo, porque se vaya a analizar repetidamente). En definitiva, no hay recetas universales ni sobre la concentración ni sobre el método de aplicación adecuado, sino que, como en muchos de los procedimientos de restauración, la elección depende de diversos factores y, en gran parte, del conocimiento empírico que tenga el restaurador del material al que se enfrenta.

b) El Paraloid B72

Para consolidar estos fósiles humanos de TD6 se ha usado como consolidante el Paraloid B72. El Paraloid se ha usado también para reconstruir los fósiles, como adhesivo como y como componente de las masillas de reintegración (ver apartado 3.2.3.3.*Reconstrucción*). Este consolidante, además de probado en el campo de la restauración en general, se ha usado con frecuencia en los yacimientos de Atapuerca con buenos resultados.

El Paraloid es un polímero acrílico. Los acrílicos son una amplia familia de productos que se transforman en fibras, resinas, polvos, líquidos o láminas, y que sirven para aplicaciones muy diversas, desde tejidos a pinturas (Tilley, 1994). Las resinas acrílicas empleadas como consolidantes en restauración proceden de dos familias de monómeros: los acrilatos y los metacrilatos (Horie, 1987).

“Paraloid” es una marca registrada por Romh y Hass en la que se agrupan diversas líneas de productos (“Paraloid A”, “B”, “F”, etc.). De todas las líneas de Paraloid, sólo algunas de ellas son resinas (en concreto la A y la B), mientras que otras son aditivos u otros productos plásticos. Según el fabricante, el Paraloid B-72 es un copolímero de metacrilato de etilo (EMA) (Haas). Actualmente se distribuyen dos tipos de Paraloid B-72: uno sale de fábrica diluido en tolueno (el Paraloid B-72 50%); el otro, el Paraloid B-72 100%, se presenta en perlas sólidas, solubles en cetonas, ésteres, hidrocarburos aromáticos y clorurados.

El Paraloid es un consolidante ampliamente extendido en restauración arqueológica y paleontológica, y se usa para consolidar diversos tipos de materiales (entre otros, piedra, metal, vidrio, hueso...). Según Horie (1987), empezó a usarse como alternativa a otras resinas acrílicas empleadas en la década de 1930, como el Lucite (que luego pasó a llamarse Elvacite), porque algunos estudios apuntaron que, a largo plazo, éstas se volvían hasta un 50% más insolubles y, por el contrario, el Paraloid B-72, no se degradaba significativamente (Feller, 1978), si bien podía oxidarse y sufrir otros cambios lentamente (Ciabach, 1983, recogido en Horie, 1987).

Como se ha mencionado, los fósiles de TD6 se han consolidado cuando ha sido necesario, con Paraloid B72. En el campo se ha utilizado disuelto en acetona y en concentraciones variables, en general más elevadas que las que se usan en el laboratorio, ya que se buscaba una eficacia a corto plazo, para garantizar que el fósil llegara en buen estado al laboratorio. El inconveniente es que con concentraciones más elevadas, es decir, con un producto más denso, se originan con rapidez películas gruesas, que posteriormente hay que retirar.

En el laboratorio, el Paraloid B72 se ha aplicado en general disuelto en acetona, en algunos casos con xileno. Las concentraciones han sido en general inferiores al 10% (entre un 3-5%). Normalmente se ha aplicado con pincel y, en algunos casos, por inmersión. En cualquier caso, el número de fósiles consolidados es bajo (ver capítulo 5).

4.2.3.3. Reconstrucción

a) Definición y objetivos

Reconstruir es devolver al fósil a su forma “original”. Esta puede ser la que tenía el en el yacimiento en el momento de su hallazgo (por ejemplo, manteniendo deformaciones) o la que tendría originalmente el elemento anatómico. La discusión sobre los grados de reconstrucción se encuentra en uno de los artículos incluidos en esta tesis (López-Polín, 2015). En cualquier caso, el grado de reconstrucción está condicionado tanto por el estado inicial de los especímenes, como por el uso que se les vaya a dar (investigación, exposición, etc.).

El procedimiento elemental en cualquier trabajo de reconstrucción es la unión de fragmentos mediante adhesivos. Pero también se pueden rellenar grietas u oquedades con la finalidad de reforzar el material o “reintegrar” con la intención de restituir material donde hay “lagunas”, es decir, donde falta material, lo cual normalmente se hace con algún tipo de masilla). Finalmente, para reconstruir puede ser necesario reforzar las uniones mediante algún material de refuerzo, como por ejemplo tiras de tejido con adhesivo, o que haya que realizar algún tipo de soporte para mantener los fósiles en la posición deseada.

b) Procedimientos y materiales

b.1. Adhesiones

Para pegar estos fósiles se ha usado en general el mismo Paraloid B72 empleado como consolidante, algo que es habitual en trabajos de restauración (Podany et al., 2001). En algunos casos, se ha pegado con un adhesivo comercial (de HMG) cuya base es también el Paraloid B72, y que se vende como un producto específico para restauración. Además del Paraloid, este pegamento tiene una serie de aditivos que hacen que sea más fácil de aplicar que el Paraloid preparado en el laboratorio con un disolvente. Algunos autores señalan que, entre esos aditivos, hay nitrato de celulosa (Davidson y Brown, 2012), el componente básico de otro pegamento que se utiliza también con frecuencia en restauración, que se ha usado también puntualmente con estos fósiles, pero sobre el cual existe cierta controversia.

El pegamento de nitrato de celulosa es más conocido en España por su denominación comercial, “Imedio banda azul”, aunque hace tiempo convive en el mercado con otras marcas. Estos pegamentos a base de nitrato de celulosa, con frecuencia se descartan para

trabajos de restauración por su inestabilidad (Johnson, 1976; Koob, 1982; Green y Bradley, 1988; Selwitz, 1988). El inconveniente principal es que se deteriora deprisa, especialmente si recibe radiación ultravioleta. Entre otras cosas, con el tiempo amarillea y se vuelve quebradizo. Esto puede provocar que se rompan las uniones y, dadas sus buenas propiedades adhesivas, si se rompe el pegamento se corre el riesgo de que arrastre con él parte del material original, en este caso, del hueso. Sin embargo, sigue utilizándose en muchos trabajos puesto que tiene buenas propiedades adhesivas, es fácil de conseguir y de usar y, además, se puede retirar con facilidad con disolventes (p.ej. acetona) mucho tiempo después de haber sido aplicado.

En la práctica, la ventaja esencial del nitrato de celulosa frente al Paraloid B72 es que suele ser más fácil de aplicar (por su densidad, viscosidad, etc.) y que tienen mejores propiedades de adhesión. Además, la temperatura de transición vítrea (T_g) del Paraloid (40°C) es inferior a la de los pegamentos de nitrato de celulosa. La T_g es la temperatura en la que el producto empieza a recobrar la plasticidad, es decir, la temperatura a la que las adhesiones pueden sufrir movimientos. En teoría, 40° es una temperatura que no debería alcanzarse en un entorno controlado, sin embargo, en la práctica, se puede alcanzar fácilmente, por ejemplo, trabajando con los fósiles bajo una lámpara. Estos son algunos de los motivos por los cuales el pegamento de nitrato de celulosa sigue siendo útil tanto para reconstruir fósiles como objetos arqueológicos o paleontológicos en general.

Sin embargo, para evitar problemas futuros, el pegamento de nitrato de celulosa se ha descartado en general para estos fósiles humanos de TD6, que se han pegado en general con Paraloid B72. No obstante, se ha usado en algún caso puntual cuando no se lograba una buena adhesión con Paraloid, normalmente cuando los bordes de contacto eran muy escasos. Este pegamento se ha aplicado solo o mezclado con Paraloid; con esta mezcla, se obtiene un adhesivo más rápido y eficaz pero más plástico que el nitrato de celulosa solo (de hecho, se obtiene un producto que responde de manera similar al pegamento preparado de Paraloid B72 de HMG).

En general, las adhesiones se han hecho sujetando las piezas con las manos, sin soportes adicionales. Intencionalmente, se ha evitado el uso cintas adhesivas, elementos que emplean algunos restauradores como refuerzo temporal especialmente cuando se pega con Paraloid (dado su tiempo prolongado de curado). No se han usado este tipo de cintas adhesivas para evitar que quedase residuos de sus adhesivos o que, accidentalmente, se arrastrar al eliminarlas alguna partícula. En algunos casos, se ha recurrido a soportes a base

de lechos de arena (Figura 33) o espumas para mantener los fragmentos en la posición apropiada durante el proceso de curado del adhesivo.



Figura 33. Sujeción de los fósiles durante la adhesión de fragmentos.

Para mantener los fósiles en la posición adecuada durante el curado de los adhesivos, se ha usado el clásico lecho de arena (izquierda). En algunos casos se han usado bolsas con arena y trozos de espuma de polietileno (izquierda). En cualquier caso, para evitar que la arena rayara la superficie de los huesos, se interpone siempre plástico. Los fósiles son las costillas ATD6-170 a la izquierda y la ATD6-106 a la derecha.

b.2. Reintegraciones

Para reintegrar o rellenar lagunas y grietas, se utilizan normalmente masillas que una vez aplicadas endurecen (Figura 36). Materiales de reintegración tradicionales son la escayola o resinas como las epoxídicas (entre otros, Buttler, 1994), que normalmente se usan para reintegrar huecos grandes en materiales pesados. Para pequeñas fisuras o los materiales más ligeros, pueden usarse otro tipo de masillas, en general, mezclas de materiales sólidos en polvo con distintos adhesivos o consolidantes, desde cera mezclada con escayola en polvo (en seco) (White, 1991) a microesferas de vidrio y Paraloid como alternativa resistente y reversible (Larkin y Makridou, 1999).

Para estos fósiles humanos se han usado dos tipos de masilla: 1) Modostuc, una masilla comercial que se emplea de forma más habitual en restauración de escultura; esta masilla tiene la ventaja de que se aplica muy bien y, una vez endurecida, se retira con facilidad con la ayuda de acetona; y 2) una mezcla de Paraloid B72 con escayola en polvo (sin agua añadida); esta mezcla, la usamos por primera vez para reintegrar piezas de sílex, en realidad de manera accidental, porque no se disponía de carbonato cálcico que era la carga habitual; las propiedades de trabajo de esta mezcla resultaron válidas y, como no tiene agua

añadida, la escayola en realidad no fragua, por lo que también se retira con facilidad con acetona.

b.3. Refuerzos con tejido de fibra de vidrio

Algunas uniones hechas sólo con adhesivo pueden ser débiles. Esto ocurre normalmente cuando los fragmentos son pequeños o cuando el contacto entre ellos no es bueno porque falta hueso en la zona de contacto o porque hay escalones y deformaciones que lo dificultan. Pero las uniones también pueden ser débiles cuando, aun siendo bueno el contacto, el peso de los fragmentos es excesivo. En estos casos, pueden reforzarse mediante tiras de tejidos o varillas, sujetas o de diversos modo (apoyadas, pegadas, etc.).



Figura 34. Refuerzo con tiras de tejido de fibra de vidrio

Costilla ATD6-170. A la izquierda, momento de colocación del tejido, pegado con Paraloid B72 al fósil. Esta tira se dejó tras la restauración, como refuerzo “definitivo” de las uniones más débiles (imagen derecha).

En estos fósiles humanos de TD6 se han usado tiras de tejido de fibra de vidrio impregnadas con Paraloid B72 (Figura 34). Estas tiras se han usado a veces como refuerzo “temporal”, es decir, en algunos fósiles se pusieron para facilitar la reconstrucción, retirándose al final del tratamiento (por ejemplo, escápula ATD6-118, ver apéndice IV). En otros fósiles, las tiras se dejaron para dar más resistencia a las uniones (Figura 34).

4.2.4. La documentación de las intervenciones

La documentación de los tratamientos de estos fósiles humanos de TD6 ha consistido en el registro fotográfico y escrito de las intervenciones. Los fósiles se han fotografiado antes y después de las intervenciones (ver apartado 3.2.1.2.; Figura 35). En algunos casos, también se realizaron fotografías durante el tratamiento, tanto para documentar algunos de los procedimientos de restauración (ejemplos, Figura 26 a Figura 39), como estadios intermedios; esto es útil especialmente si una vez finalizado el tratamiento algunas partes serán inaccesibles, como por ejemplo, la raíz del M3 de la mandíbula ATD6-96, se fotografió antes de pegar el diente (figura 3 del artículo López-Polín, et al., 2008, capítulo 5).

La descripción de los tratamientos se introducido en una base de datos diseñada específicamente para registrar los tratamientos de restauración de estos fósiles, que es la que se ha usado en esta tesis para hacer recuentos y búsquedas sobre los tratamientos. Pero, además, se han introducido los datos en la “base de datos general” de los yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril²², ya que es esta base de datos la que está accesible para los miembros del equipo de investigación de Atapuerca.



Figura 35. Falange ATD6-123 antes y después de la restauración.

Ejemplo de documentación fotográfica. Arriba, vistas generales del fósil antes de la restauración. Abajo, las mismas vistas tras el tratamiento. En la secuencia inferior, también se muestra una de las fotografías de detalle de la zona central de la falange, dirigida a documentar las marcas de corte.

²² Además de los yacimientos de la Trinchera del F., en esta base de datos también se recogen los datos de El Mirador y de los yacimientos al aire libre de Valle de las Orquídeas, Huididero y Hotel California.

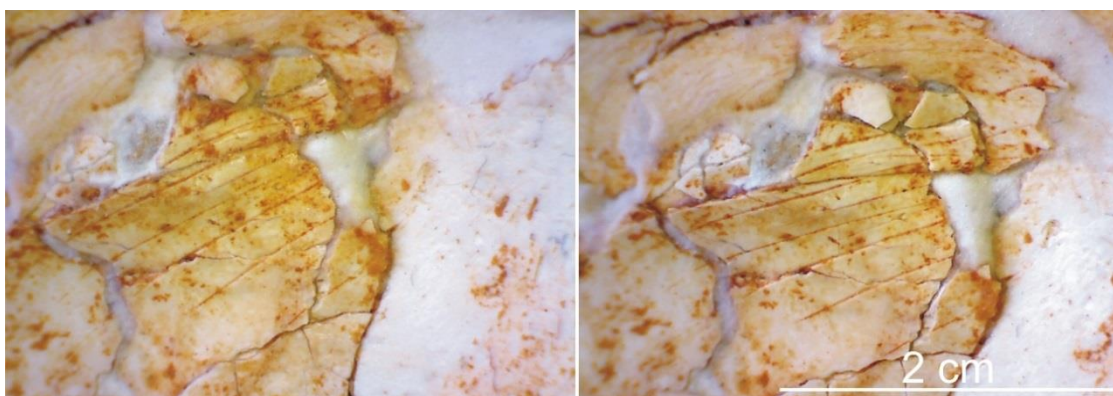


Figura 36. Detalle de la escápula ATD6-118.

Zona central de la fosa infraespinosa de la escápula durante la restauración (izquierda) y terminada (derecha). Las imágenes se tomaron con un microscopio digital USB. A la izquierda, tras la reintegración y antes de la limpieza definitiva; a la derecha, tras la limpieza definitiva (se tomaron a x10).

Esta base de datos “general” (ver punto 3.2.2.) se diseñó inicialmente para recoger la información de todos los restos coordinados en una serie de yacimientos, incluido Gran Dolina. Estos datos son los que permiten conocer la procedencia exacta de cada resto (yacimiento, nivel, subnivel, coordenadas x,y,z), y que constituyen a la vez los datos con los que se siglan los materiales, así como una serie de datos que permiten identificarlos (material, medidas, etc.). Pero además de estos datos, tomados ya en el campo, en la base de datos hay una serie de campos en los que se introduce la información derivada del análisis posterior y más detallado de los restos, en el caso de la fauna, elemento esquelético, edad, etc.

Después de algunos intentos previos de bases de datos aisladas para recoger los tratamientos de restauración, en 2004 se introdujeron en la misma base de datos general de la excavación un bloque de campos destinados a recoger la información sobre la restauración. Durante la restauración se anota la información en una ficha en papel y luego se traslada a la base de datos general (Figura 37). De esta manera, la información sobre los tratamientos está accesible y, además, está relacionada con el resto de los datos de los objetos, lo cual facilita que la información fluya en los dos sentidos: cualquier investigador puede saber qué se le ha hecho a un objeto y el restaurador puede tener más datos sobre su identificación, su origen, etc.

La información que se recoge en esta base de datos puede ser muy breve, es decir, hay unos campos que permiten describir con la información mínima tanto el estado de conservación como el tratamiento efectuado. Sobre lo primero, se puede hacer una descripción muy rápida, atendiendo a una serie de valores predeterminados (entero, fragmentado, con restos de sedimento, etc.). La descripción del tratamiento puede también ser muy breve y también existen valores predeterminados adaptados a las características de los yacimientos. De manera resumida, se anota si se consolida, si se limpia o si se reconstruye, y con qué materiales o herramientas se realizan estos pasos. Porque, en realidad, el primer objetivo de esta base de datos es que se recoja la información mínima necesaria para entender qué se ha hecho y qué productos puede haberse añadido a los objetos tratados. En cualquier caso, existen campos de texto ilimitado que permiten hacer descripciones tan extensas como se considere necesario, en función de la complejidad del tratamiento y de la relevancia (significado) del resto. En cualquier caso, las fotografías permiten ahorrar buena parte de las descripciones, especialmente por lo que respecta al estado inicial y final de los restos tratados.

En el caso de los tratamientos de los fósiles humanos de TD6, además de la información abreviada introducida en esta base de datos, y acorde con el nivel también más exhaustivo de registro fotográfico, se han hecho informes más detallados de cada fósil. Estos se han recopilado en el apéndice IV de esta tesis.

Yac.:	Nivel:	Sub.:	Cuadro:	Nº:
Fecha:	Material:		Categoría Restauración:	
IN SITU: <input type="checkbox"/> consolidado <input type="checkbox"/> engasado <input type="checkbox"/> pegado <input type="checkbox"/> en bloque Otros:.....				
ESTADO CONSERVACIÓN: <input type="checkbox"/> completo <input type="checkbox"/> fragmentado nº <input type="checkbox"/> incluido matriz carbonatada <input type="checkbox"/> falta cohesión <input type="checkbox"/> incompleto <input type="checkbox"/> un solo fragmento <input type="checkbox"/> pequeñas concreciones <input type="checkbox"/> superficie pulverulenta				
TRATAMIENTO Fecha inicio:				
Limpieza: <input type="checkbox"/> acetona <input type="checkbox"/> alcohol <input type="checkbox"/> instrumento metálico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> a. acético <input type="checkbox"/> algodón <input type="checkbox"/> micromotor <input type="checkbox"/> a. clorhídrico <input type="checkbox"/> bisturí <input type="checkbox"/> palillo <input type="checkbox"/> agua <input type="checkbox"/> cincel <input type="checkbox"/> pincel <input type="checkbox"/> agua destilada <input type="checkbox"/> gasa <input type="checkbox"/> vibroincisor				
Consolidación: paraloid B72 % acetona <input type="checkbox"/> aplicación: Otros:				
Reconstrucción: adhesión <i>medio</i> <input type="checkbox"/> Quedan fragmentos sin pegar <input type="checkbox"/> Otros adhesivos: Reintegración <input type="checkbox"/>				
				Terminado (Fecha final) Pasada <input type="checkbox"/>

Figura 37. Sistema de registro de los tratamientos de restauración.

En muchos de los yacimientos de Atapuerca, entre ellos, Gran Dolina se utiliza una ficha en papel para hacer anotaciones durante la restauración y la información se vuelca a la base de datos, la misma en la que hay otros datos sobre todos los objetos coordinados en la excavación.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS: LA RESTAURACIÓN DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6

Este capítulo lo componen tres artículos sobre el tratamiento de restauración de los fósiles humanos de TD6. Dos de ellos son sobre dos mandíbulas, ATD6-96 y ATD6-112, y el tercero es una síntesis de las intervenciones en todo el conjunto.

El artículo de la primera mandíbula, ATD6-96, muestra la metodología general de tratamiento: cómo se interviene, cómo el tratamiento responde a una fase de exámenes previos (entre otros, tomografías), cómo y para qué se documenta exhaustivamente. Con él se trata de mostrar que la restauración es algo más que un trabajo que requiera exclusivamente de habilidad manual.

En el segundo artículo se describe el tratamiento de la mandíbula ATD6-112. Esta se limpió con una espátula de ultrasonidos. En el artículo se describe el tratamiento y su resultado, así como las ventajas y desventajas de esta herramienta.

El último artículo es una síntesis de los tratamientos de restauración realizados a los fósiles humanos de TD6. Se incluyen todos los fósiles recuperados entre 2003 y 2009 e identificados como humanos hasta la fecha de cierre de esta tesis (ver tabla 1 del artículo). No se incluyen, por el contrario, los fósiles recuperados en la primera etapa de excavación (1994-96) y que se han restaurado recientemente, ni tampoco algunos fósiles de la segunda etapa identificados recientemente.²³ En realidad no se puede descartar que, en el futuro, se asignen al género Homo algunos fragmentos óseos, o que algunos fósiles se restauren de nuevo, por lo que la información que se recoge tanto en este artículo como en los apéndices de esta tesis, sólo responde a una fase concreta de los tratamientos de restauración. No obstante, los resultados que se presentan son representativos de la tanto los problemas que presentan los fósiles, como del tipo de soluciones técnicas que requieren.

Los tratamientos publicados en estos tres artículos se encuentran descritos con mayor detalle en el apéndice IV.

²³ Después de realizar este último artículo, se asignaron a Homo nuevos fósiles. De hecho, aún quedan algunos de los fósiles identificados por restaurar; en el catálogo de fósiles (apéndice II) se aclara cuáles han sido los restaurados y los que quedan aún por restaurar.

5.1. La metodología general de intervención

[Publicación 1] **Pleistocene human remains and conservation treatments: the case of a mandible from Atapuerca (Spain).**

López-Polín, L., Ollé, A., Cáceres, I., Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., 008. ***Journal of Human Evolution*** 54, 539-545.

[doi:10.1016/j.jhevol.2007.07.011](https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2007.07.011)

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague



Available online at www.sciencedirect.com



Journal of Human Evolution 54 (2008) 539–545



Pleistocene human remains and conservation treatments: the case of a mandible from Atapuerca (Spain)

Lucía López-Polín ^{a,*}, Andreu Ollé ^a, Isabel Cáceres ^a, Eudald Carbonell ^a,
José María Bermúdez de Castro ^b

^a Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili, Institut Català de Paleoeologia Humana i Evolució Social,
Pl. Imperial Tarraco, 1, 43005 Tarragona, Spain

^b Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), Avda. de la Paz 28, 09004, Burgos, Spain

Received 4 December 2006; accepted 30 July 2007

Abstract

Research on human evolution depends in many cases on the study of fossil remains that have been treated by conservators. Conservation is a discipline with its own principles and methods. Its goal is not only long-term preservation, but also information recovery and the facilitation of research. Therefore, specialists in conservation propose and carry out the interventions, while research requirements must act as a guide in many steps of the process.

In this article, we present an example of a strict conservation methodology applied to a human mandible from the Pleistocene site of Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Spain). An extensive diagnostic examination before the intervention included a computer tomography (CT) scan and stereoscopic light microscopy. This paper describes both the intervention and the mechanical preparation in detail. Finally, the intervention is discussed, as well as general conservation techniques. The compiled details show how this interdisciplinary work allowed retention of both the integrity of the specimen and its information. In conclusion, the development of a suitable method of conservation requires collaboration among all the specialists involved in the study of fossil remains.

© 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Resumen

La investigación en evolución humana depende en muchos casos de que los fósiles humanos hayan sido previamente restaurados. La Restauración es una disciplina con sus propios principios y métodos que persigue tanto la conservación a largo plazo de los restos, como la recuperación de la información que éstos contienen.

En este artículo se presenta un ejemplo de aplicación de metodología estricta de restauración. Se aplica a una mandíbula humana del yacimiento pleistoceno de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, España). Los exámenes diagnósticos previos incluyen el uso de tomografía computarizada (TC) y de microscopio estereoscópico. Se describe con detalle el tratamiento para mostrar cómo el trabajo interdisciplinario permite salvar tanto la integridad del espécimen como la información que contiene. En conclusión, el desarrollo de un método de restauración adecuado requiere la colaboración de todos los especialistas implicados en el estudio de los restos humanos.

© 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Conservation; Bone preparation; Cleaning; Consolidant; CT scan; Atapuerca TD6

* Corresponding author.

E-mail address: lucialp@prehistoria.urv.cat (L. López-Polín).

Introduction

Pleistocene human remains are always valuable because their scarcity means that any new samples found may provide new information. In many cases, these fossils must be treated before the work of paleoanthropologists and other specialists can begin. Although conservation is common practice and essential for studying the material, few treatments have been published. This difference between the importance of human fossils in the scientific field and their conservation is striking.

The basic principles and intervention methodology of the modern discipline of conservation appear in various official documents such as those of the International Council of Museums (ICOM, 1984), European Confederation of Conservator-Restorers' Organisations (ECCO, 2002–2003), and the American Institute for Conservation (AIC, 1994).

Explicitly, the work methodology involves an examination of the material and its alterations before initiating the intervention. This must not damage the integrity of the material and must be done, to the extent possible, with products that are compatible with the material being treated, that are easily reversible, and that will not interfere with future analyses. The initial and final condition of the material, the treatment used, and any relevant information must be documented.

Fossil context and recovery

This paper describes the treatment of a hominid left half mandible from level TD6 of the Gran Dolina site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). TD6 dates to between 780 and 857,000 years ago (Parés and Pérez-González, 1995, 1999; Falguères et al., 1999). Between 1994 and 1996, human remains associated with fauna and lithics were recovered from the upper part of the level known as Aurora stratum (Carbonell et al., 1995, 1999). These hominid fossils were attributed to a new species: *Homo antecessor* (Bermúdez de Castro et al., 1997). Many of the remains have human-induced damage, such as stone tool cutmarks and breakage suggesting marrow consumption, interpreted as evidence of cannibalism (Fernández-Jalvo et al., 1996, 1999). In 2003, the excavation of TD6 was resumed and new remains were recovered including the mandible discussed here (Carbonell et al., 2005).

The Aurora stratum is formed by lutites with small clasts of limestone (Parés and Pérez-González, 1999; Pérez-González et al., 2001; Vallverdú et al., 2001). Part of the sediment of this stratum is compact and hard due to the presence of calcic carbonate, which is common in calcareous karst infills. Because of this calcification, the sediment has to be broken with great force. In fact, the recovery of remains at the site is often the most critical moment in their history; even material in good condition can suffer serious alterations.

The mandible (ATD6-96) rested against a fragment of limestone to which it was strongly joined by a thin layer of sediment. It was difficult to completely delineate the specimen in the field without putting it in danger, so it was extracted by block lifting (i.e., a block of sediment in which the specimen is partially embedded is removed en masse). An acrylic

resin (Paraloid B-72, by Rohm and Haas) dissolved in acetone was applied as a consolidant prior to lifting. Special care was taken to apply it only to the fossil and to avoid extending it to the sediment through the careful application of a solution that was not highly diluted (approximately 20:80 with acetone). This procedure was sufficient to strengthen the fossil's resistance and, at the same time, to prevent the uncontrolled dispersion of the product. The fossil was successfully extracted. Its external aspect was visible only up to the alveolar process. Both the internal aspect and the area in which the series of teeth were presumed to exist remained concealed.

In the field, the use of consolidants and other simple recovery techniques are common practices (e.g., Sease, 1994; Watkinson and Neal, 1998). Paraloid is currently one of the most commonly used products because it meets all the necessary requirements of the work; it is reversible and its stability is attested to by extensive use and several studies (e.g., Koob, 1984; Johnson, 1994; Kres and Lovell, 1995; Shelton and Johnson, 1995; Down et al., 1996; Rossi et al., 2004). During excavation, consolidation is sometimes performed systematically, without assessing the inconvenience that the presence of consolidant may subsequently cause. In general, consolidated sediment is difficult to eliminate because it is more bound together and more strongly adhered to the fossil. Furthermore, in practice, it is almost impossible to completely eliminate a product that has impregnated a porous material, and only a part of such products can be removed (Horie, 1982). To eliminate such products, they have to be dissolved in conjunction with the mechanical action of tools (e.g., a paintbrush), or if possible, with agitation and immersion in solvent (e.g., ultrasonic bath). In any case, it is a risky and slow process. Therefore, it is better to limit the use of consolidants to cases in which they are absolutely necessary, and it is important to ensure that only the proper (i.e., bone) surface is impregnated.

Diagnostic examination

Following block removal, we carried out a series of tests to assess the fossil's state of preservation and the potential anatomical and taphonomic information that it might contain.

The visible surface of the fossil was jointly studied by the conservator and the taphonomist using 4× to 40× stereoscopic light microscopy (Olympus SZ40). We also did a photographic sweep with a macro lens. This consisted of taking 19 digital photographs (Fig. 1a). In this process we detected the presence of two very different elements that we would have to take into consideration: fissures and stone tool cutmarks (Fig. 1b). The existence of fissures in the bone represented a considerable risk for breakage during the removal of the sediment. The stone tool cutmarks were elements that we would have to try to preserve intact.

The photographic sweep of the surface proved itself a useful tool, not only for purposes of documentation, but also for analysis. For one, it allowed the enlarged images to be examined by different specialists at the same time. Secondly, it was useful for recording the initial aspect of the fossil, before the

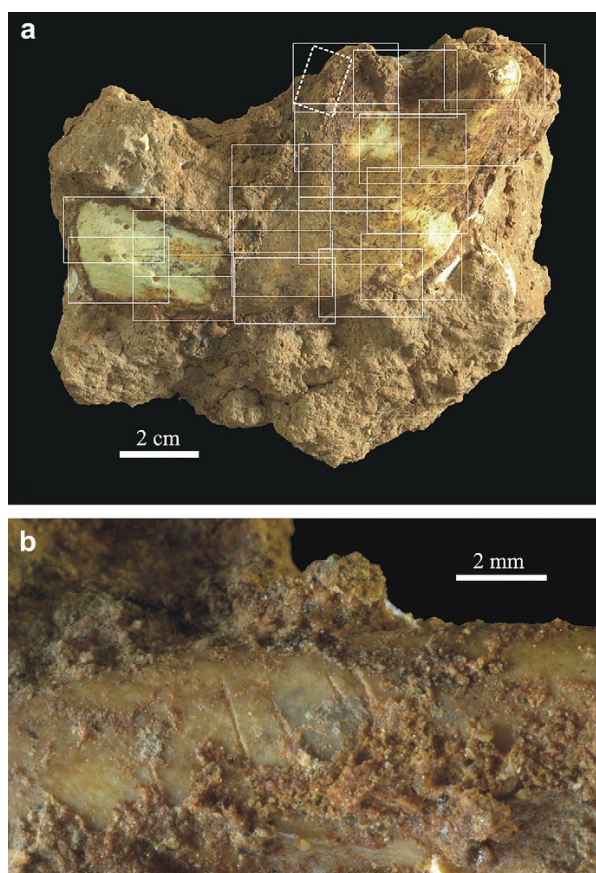


Fig. 1. (a) Mandible before treatment. Each box corresponds to a macro photo from the initial sweep. (b) Stone tool cutmarks on the buccal aspect of the coronoid process (in discontinuous, hatched, box in the Fig. 1a).

changes brought about by the intervention. Thus, it was useful for monitoring the effects of the conservation treatment. Furthermore, detailed photographs often are restricted to a certain area selected for its interest. The systematic sweep of the entire surface ensures a truly exhaustive record, as areas of interest are not predetermined.

To complete the diagnostic examination, we used a CT scan to analyze the fossil. Tomographs have been used since the mid 1980s to study fossils embedded in sediment and to analyze aspects of internal morphology (e.g., Conroy and Vannier, 1984; Wind, 1984). They have also been used in specific conservation projects for pre-cleaning examinations (Landucci et al., 2003). In this case, the tomographs were taken in a hospital, with the same equipment used to examine patients and without any special preparation of the fossil or of the machine itself (“General Electric HiSpeed LX/i” CT scan). Two series of images were taken (pixel size 0.283 mm, interslice distance 2 mm) following two perpendicular anatomical planes (one transverse and the other coronal). The tomographs confirmed the presence of premolars and molars (P_3 – M_3). They also allowed us to see the true reach of the fissures detected in the surface analysis. The largest of these completely split the mandibular body. This fissure was detected in the series of images

in the transverse plane and went from the base of the mandibular ramus below the M_3 root to approximately the level of the cervix of the M_3 (Fig. 2a), where it disappeared (Fig. 2b). Actually, at the height of the cervix, the fissure changed direction and split the crown transversely, which was subsequently discovered in a coronal image (Fig. 2c). Until the posterior preparation of the fossil, we did not know for certain that this line was the continuation of the large fissure.

Slices in only one plane are sufficient to detect the presence of anatomical elements (e.g., the existence of the teeth). Scan thickness may be relatively large depending on the dimensions of the element; precision of less than 2 mm may be unnecessary. However, to determine the unpredictable trajectory of fissures, it is important to examine a series of different planes and to keep the distance between slices to a minimum. As opposed to recognizing anatomical elements, you cannot know beforehand what you are looking for. Therefore, the examination has to be carried out systematically and exhaustively in order to properly diagnose the state of conservation and to confirm the presence of anatomical elements.

The data obtained from the examination of the surface and from the CT scan were combined with the visual and tactile inspection of the sediment, and the effect of water and hydrochloric acid was tested on it. Samples of sediment from different areas were taken and their reaction to the acid was tested. In all cases, the sediment effervesced, a reaction that indicates the presence of carbonate. In the lingual aspect of the fossil, the sediment was generally softer, had splitting cracks, and was slightly sensitive to water in some areas. The sediment that covered the buccal aspect of the dental series, however, was hard and unaffected by water. Overall, we found hard, partially-carbonated sediment that was only sensitive to water in isolated points. Embedded in it was a very complete fossil in a good state of preservation with well-demarcated fissures.

Conservation treatment

To extract osseous remains embedded in compact and carbonated matrices, one may employ two types of procedures: mechanical and chemical. The former is common but, with some exceptions (May et al., 1994; Wilson, 1995), it is not a procedure that has been widely treated in print. The latter is traditionally based on the use of acids (Rutzky et al., 1994; Lindsay, 1995). Recently, new methods of cleaning with lasers have been tested (Landucci et al., 2003), although their use is not widespread, and the majority of treatments continue to be done in the traditional manner.

In this case, the use of acid was ruled out from the start since it may influence bone, its dispersion is difficult to control, and it is difficult to completely eliminate acid residues. Therefore, we opted for a mechanical process, which is generally easier to control.

The main risk to the fossil was its possible fragmentation upon the removal of the sediment that supported it. We had to try to ensure that any fragmentation occurred in a controlled manner along the already existing fracture lines (without creating new fragmentation planes). Therefore, the use of electric

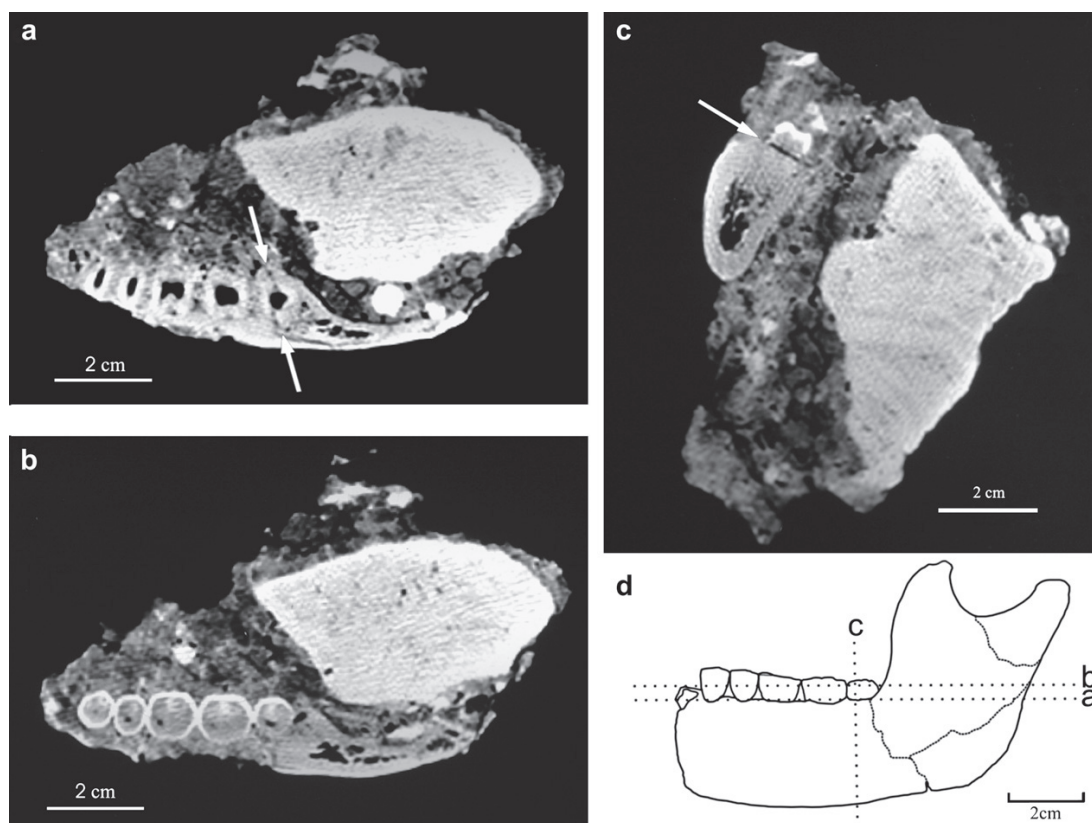


Fig. 2. CT images (a and b) in a transverse plane and superior view. (a) At the level of the cervix of the M₃. (b) At the level of the crown of the M₃. The arrows indicate the fissure that crossed the mandibular body and the root of the M₃ following in an approximately coronal plane. (c) CT coronal slice in posterior view. The arrow indicates the same fissure that cut the crown of the M₃ transversely. (d) Diagram showing the fragmentation of the mandible and the location of the CT slices.

or pneumatic tools that could cause difficult to control vibrations was ruled out, and manual tools were chosen instead. The fossil was mainly cleaned with metal medical instruments (scalpel and dental pick). To soften small areas of the sediment, we moistened it with demineralized water or a mixture of water and alcohol (50:50). Throughout the process, a stereoscopic light microscope was used to examine the area being treated, and to assist with guiding the cleaning of the fossil.

Preparation was begun on the buccal aspect of the mandible and proceeded until the teeth were revealed. Next, we continued cleaning the lingual aspect of the mandible. First, the limestone was extracted by cutting through the sediment with a scalpel; this separated it from the fossil. Then a small test pit was made in order to locate the fissure that split the mandibular body. We confirmed that the fissure was pronounced enough that it would lead to the fragmentation of the fossil when the sediment was eliminated. We continued with the gentle cleaning, avoiding movements that might force the split at times when it was not well supported. Finally, the mandible was divided into three fragments without any preparation damage to the fossil.

The M₃ fracture roughly followed two perpendicular anatomical planes that crossed at the level of the cervix. The fused root was split buccolingually from apex to cervix (Fig. 3). At

the same time, the entire crown was separated transversely from the anterior root fragment and remained joined to the posterior root fragment (Fig. 3b). Manganese and carbonate remains present on the surface of the root fracture attested to the age of the fissure. The pulp cavity was covered by a fine layer of carbonate produced by the entrance of water into the fissure. At this point, we discontinued the treatment so the dental specialist could directly study the degree of formation of the M₃ root. This information was important for the assignation of the individual's age at death (Carbonell et al., 2005).

Once the fracture planes were studied and documented, cleaning continued on the individual fragments, which were more easily manipulated than the hemi-mandible. When all the sediment had been removed, the condyle was also found to be fragmented. The fracture was recent, certainly caused by the vibrations suffered during the extraction process in the field. Although hardly noticeable to the naked eye, the fissure that was the origin of the fragmentation had been recorded during the initial photographic sweep.

To complete the fossil cleaning we had to remove the consolidant applied, in the field, to the buccal aspect of the mandible, which had agglutinated small particles of sediment. Different solvents were applied under magnification with

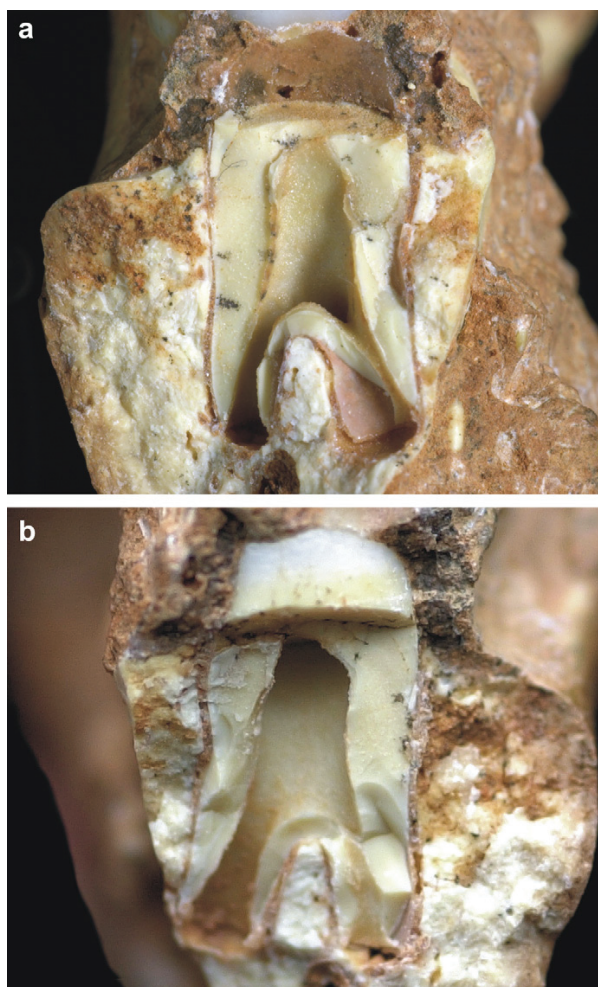


Fig. 3. Fragmentation of the M₃: (a) anterior (mesial) half of the sectioned root; (b) posterior (distal) half, with the attached crown.

a soft, sable-hair brush. This phase of the cleaning treated the areas where the stone tool cutmarks were located. Special care was taken not to make direct contact with the cutmarks and to avoid abrading them or filling them in with particles. First, a mixture of xylene and alcohol (50:50) was applied to eliminate the consolidant. Xylene dissolves Paraloid, while alcohol is better for removing any leftover clay present from the sediment, so the mixture was effective. Finally, we used a second application of a water and alcohol solution (50:50) in order to remove any remaining sediment particles.

As the last step in the conservation process, the fossil fragments were rejoined with Paraloid B72 prepared at 30% in an acetone and xylene solution (50:50). Upon completing treatment, the fossil was clean and sufficiently stable. Since the consistency of the mandible was adequate, we did not apply additional consolidant. In this way, its surface is somewhat less protected (against scratches, abrasions, or stains), but it is in the condition required for subsequent studies (Fig. 4).



Fig. 4. Restored mandible: buccal (above) and lingual (below) aspects.

Despite the fact that the consolidant remains soluble in the long term, as discussed earlier, it is difficult to eliminate entirely. The plastic films that consolidants form make basic study of the surface difficult. Furthermore, most of the products used are organic polymers that can distort biomolecular analysis and interfere in future studies (Hedges, 1987; Tuross and Fogel, 1992; Cooper, 1994; Johnson, 1994; Panagiaris, 2001; Nicholson et al., 2002). Although in some cases consolidants have been successfully removed (Moore, 1989), it is a good idea to reduce its use and apply it only when essential. In any case, to facilitate future work, it is extremely important to leave a record of the product used and ensure that the information remains available to future researchers.

After the treatment of the mandible, the surface was again photographed and new tomographs were taken. This documentation was useful for evaluating the treatment itself by comparing the photos taken in each phase, and for graphically documenting the final state of the fossil before permanently surrendering it to the researchers. The photographs will be useful for facilitating future work by researchers and conservators.

Detailed recording of interventions is what ensures that, in the future, better scientific analyses will be developed. Such recording also allows us to evaluate current conservation treatments. Obviously, future studies may have requirements that are not taken into consideration today, but this is why minimal intervention and reversibility have to be the standard premises and consistently present.

Final considerations

The conservation intervention carried out on this mandible essentially consisted of a mechanical preparation done with simple tools. The simplicity of technique used in this type of work, which can be extremely laborious, is frequently associated exclusively with manual dexterity and patience. However, there is a work method that involves the knowledge of the material treated, as well as the products and techniques that exist to diagnose the alterations and solve conservation problems.

Therefore, although manual skill is an indispensable requirement, an intervention's success depends on the application of acquired knowledge. The technical simplicity does not in any way imply conceptual simplicity. This false idea may be derived from the fact that not knowing the methodology has not prevented certain simple techniques from being applied in the recovery of material. For this reason, it is important to establish boundaries between interventions that may lack this fundamental conceptual framework—those that are a mere prolongation of the excavation work—and those that must not lack it.

The boundary between recovering or saving information and losing it is in the recognition of what is valuable. Establishing the value of the fossil, recognizing the information that it contains, and adapting the intervention to the necessities of the research require interdisciplinary dialog among different specialists who partake in the study, diffusion, and conservation of the material. In any case, the discipline involved in recovering and preserving such material is conservation and, therefore, it is that discipline that has to start this dialog. Diffusion of conservation work is the first necessary step for other professionals with no connection to conservation, but who are involved in the study of the material, to find out about this technical discipline and collaborate in its development and improvement.

Acknowledgements

We would like to thank Dr. B. Martínez-Navarro for his help, and particularly, for believing in the interest of this paper, and C. Lorenzo for his assistance and guidance in laboratory work. Both provided constructive comments on the manuscript. We are indebted to Dr. J.I. Barber, I. Barber, and R. Espax for the tomographic record (obtained in the Sant Joan Hospital of Reus, Spain). We extend thanks to all the members of the Atapuerca research team who participate in the Gran Dolina excavations. Fieldwork in Atapuerca sites was funded by Junta de Castilla y León and Dirección General de Investigación of Spain funded research (Project no. BOS2003-08938-C03). L. L.-P. benefits from a predoctoral research grant from the Rovira i Virgili University. We also thank Dr. S. Antón and two anonymous reviewers for their very helpful advice.

References

AIC, 1994. AIC Code of Ethics and Guidelines for Practice Available from: <http://aic.stanford.edu/about/coredocs/coe/index.html> (accessed 11.10.06).

- Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Carbonell, E., Rosas, A., Martínez, I., Mosquera, M., 1997. A hominid from the Lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: possible ancestor to Neandertals and modern humans. *Science* 276, 1392–1395.
- Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Díez, J.C., Rosas, A., Cuenca, G., Sala, R., Mosquera, M., Rodríguez, X.P., 1995. Lower Pleistocene hominids and artifacts from Atapuerca-TD6 (Spain). *Science* 269, 826–830.
- Carbonell, E., Esteban, M., Martín Nájera, A., Mosquera, M., Rodríguez, X.P., Ollé, A., Sala, R., Vergès, J.M., Bermúdez de Castro, J.M., Ortega, A.I., 1999. The Pleistocene site of Gran Dolina, Sierra de Atapuerca, Spain: a history of the archaeological investigations. *J. Hum. Evol.* 37, 313–324.
- Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Allué, E., Bastir, M., Benito, A., Cáceres, I., Canals, T., Díez, J.C., van der Made, J., Mosquera, M., Ollé, A., Pérez-González, A., Rodríguez, J., Rodríguez, X.P., Rosas, A., Rosell, J., Sala, R., Vallverdú, J., Vergès, J.M., 2005. An early Pleistocene hominin mandible from Atapuerca-TD6. Spain. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 102, 5674–5678.
- Conroy, G.C., Vannier, M.W., 1984. Noninvasive three-dimensional computer imaging of matrix-filled fossil skulls by high resolution computer tomography. *Science* 226, 456–458.
- Cooper, A., 1994. DNA from museum specimen. In: Herrmann, B., Hummel, S. (Eds.), *Ancient DNA: Recovery and Analysis of Genetic Material from Paleontological, Archaeological, Museum, Medical, and Forensic Specimens*. Springer Verlag, New York, pp. 149–165.
- Down, J.L., MacDonald, M.A., Tétreault, J., Williams, R.S., 1996. Adhesive testing at the Canadian Conservation Institute – an evaluation of selected poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives. *Stud. Conservat.* 41, 19–44.
- ECCO, 2002–2003. ECCO Professional Guidelines Available from: http://www.ecco-eu.info/index.php?container_id=163&doc_id=170 (accessed 11.11.06).
- Falguères, C., Bahain, J.-J., Yokoyama, Y., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., Bischoff, J.L., Dolo, J.-M., 1999. Earliest humans in Europe: the age of TD6 Gran Dolina, Atapuerca. Spain. *J. Hum. Evol.* 37, 343–352.
- Fernández-Jalvo, Y., Díez, J.C., Cáceres, I., Rosell, J., 1999. Human cannibalism in the early Pleistocene of Europe (Gran Dolina, Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *J. Hum. Evol.* 37, 591–622.
- Fernández-Jalvo, Y., Díez, J.C., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., Arsuaga, J.L., 1996. Evidence of early cannibalism. *Science* 271, 277–278.
- Hedges, R.E.M., 1987. Potential information from archaeological bone, its recovery and preservation. In: Starling, K., Watkinson, D. (Eds.), *Archaeological Bone, Antler and Ivory*. United Kingdom Institute for Conservation, London, pp. 22–23.
- Horie, C.V., 1982. Reversibility of polymer treatments. In: Tate, J.O., Tennent, N.H., Towsend, J.H. (Eds.), *Resins in Conservation*. Proceedings of the Symposium Edinburgh 1982. Scottish Society for Conservation and Research, Edinburgh, pp. 3.1–3.6.
- ICOM, 1984. *The Conservator-Restorer: a Definition of the Profession*. ICOM-CC, Paris.
- Johnson, J.S., 1994. Consolidation of archaeological bone: a conservation perspective. *J. Field Archaeol.* 21, 221–233.
- Koob, S.P., 1984. The consolidation of archaeological bone. In: Brommelle, N.S. (Ed.), *Adhesives and Consolidants*. IIC, London, pp. 98–102.
- Kres, L.A., Lovell, N.C., 1995. A comparison of consolidants for archaeological bone. *J. Field Archaeol.* 22, 508–515.
- Landucci, F., Pecchioni, E., Torre, D., Mazza, P., Pini, R., Siano, S., Salimbeni, R., 2003. Toward an optimized laser cleaning procedure to treat important palaeontological specimens. *J. Cult. Herit.* 4, 106–110.
- Lindsay, W., 1995. A review of the acid technique. In: Collins, C. (Ed.), *The Care and Conservation of Paleontological Material*. Butterworths-Heinemann, Oxford, pp. 95–101.
- May, P., Reser, P., Leiggi, P., 1994. Laboratory preparation: macrovertebrate preparation. In: Leiggi, P., May, P. (Eds.), *Vertebrate Paleontological Techniques*, 1. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 113–129.
- Moore, K.M., 1989. Dietary reconstruction from bones treated with preservatives. *J. Archaeol. Sci.* 16, 437–446.

- Nicholson, G.J., Tomiuk, J., Czarnetzki, A., Bachmann, L., Pusch, C.M., 2002. Detection of bone glue treatment as a major source of contamination in ancient DNA analyses. *Am. J. Phys. Anthropol.* 118, 117–120.
- Panagiaris, G., 2001. The influence of conservation treatments on physical anthropology research. In: Williams, E. (Ed.), *Human Remains: Conservation, Retrieval and Analysis*, BAR International Series, 934. Archaeopress, Oxford, pp. 95–102.
- Parés, J.M., Pérez-González, A., 1995. Paleomagnetic age for hominid fossils at Atapuerca archaeological site, Spain. *Science* 269, 830–832.
- Parés, J.M., Pérez-González, A., 1999. Magnetostratigraphy and stratigraphy at Gran Dolina Section, Atapuerca. *J. Hum. Evol.* 37, 325–342.
- Pérez-González, A., Parés, J.M., Carbonell, E., Aleixandre, T., Ortega, A.I., Benito, A., Martín Merino, M.Á., 2001. Géologie de la Sierra de Atapuerca et stratigraphie des remplissages karstiques de Galería et Dolina (Burgos, Espagne). *L'Anthropologie* 105, 27–43.
- Rossi, D., de Gruchy, S., Lovell, N.C., 2004. A comparative experiment in the consolidation of cremated bone. *Int. J. Osteoarchaeol.* 14, 104–111.
- Rutzky, I.S., Elvers, W.B., Maisey, J.G., Kellner, A.W.A., 1994. Chemical preparation techniques. In: Leiggi, P., May, P. (Eds.), *Vertebrate Paleontological Techniques*, vol. 1. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 3–34.
- Sease, C., 1994. *A Conservation Manual for the Field Archaeologist*. University of California, Los Angeles.
- Shelton, S.Y., Johnson, J., 1995. The conservation of sub-fossil bone. In: Collins, C. (Ed.), *The Care and Conservation of Palaeontological Material*. Butterworths-Heinemann, Oxford, pp. 59–71.
- Tuross, N., Fogel, M., 1992. The archaeological, conservation and scientific challenge of exceptional molecular preservation in the fossil record. In: Scott, D., Myers, P. (Eds.), *Archaeometry of Pre-Columbian Sites: Proceedings of a Symposium Organized by the UCLA Institute of Archaeology and the Getty Conservation Institute*, Los Angeles, California, March 23–27, 1992. UCLA Institute of Archaeology, Los Angeles, pp. 367–380.
- Vallverdú, J., Courty, M.A., Carbonell, E., Canals, A., Burjachs, F., 2001. Les sediments d'Homo Antecessor de Gran Dolina, (Sierra de Atapuerca, Burgos, Espagne). Interpretation micromorphologique des processus de formation et enregistrement paleoenvironnemental des sediments. *L'Anthropologie* 105, 45–69.
- Watkinson, D., Neal, V., 1998. *First Aid for Finds*. RESCUE/UKIC Archaeology Section, London.
- Wilson, J., 1995. Conservation and processing — cleaning and mechanical preparation. In: Collins, C. (Ed.), *The Care and Conservation of Palaeontological Material*. Butterworths-Heinemann, Oxford, pp. 89–94.
- Wind, J., 1984. Computerized X-ray tomography of fossil hominid skulls. *Am. J. Phys. Anthropol.* 63, 265–282.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

5.2. La limpieza con espátula de ultrasonidos

[Publicación 2] **Preparation of Pleistocene Human Bones with an Ultrasonic Scaler: The Case of Mandible ATD6-112 from Atapuerca (Spain).**

López-Polín, L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2011.
Archeosciences 35, 235-239.

<http://archeosciences.revues.org/3283>

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

Preparation of Pleistocene Human Bones with an Ultrasonic Scaler: The Case of Mandible ATD6-112 from Atapuerca (Spain)

Préparation des os humains pléistocènes à l'aide d'un détartreur à ultrason : le cas de la mandibule ATD6-112 d'Atapuerca (Espagne)

L. LÓPEZ-POLÍN*, **, J. M. BERMÚDEZ DE CASTRO*** and E. CARBONELL*, **, ****

Abstract: The preparation of recently recovered fossil bones often consists of removing sediment by means of mechanical cleaning. A variety of tools are commonly employed in this process (hammers and chisels, air abrasion devices, pneumatic engraving pens, etc). Another tool, however, has received less attention in the literature: the ultrasonic scaler. An ultrasonic scaler is an ultrasonic device used by dentists to remove hard calculus deposits and stains from the teeth. In this article, we describe the preparation of the human mandible ATD6-112 from the Pleistocene site of Gran Dolina (Atapuerca, Spain) with an ultrasonic scaler. This article aims to describe the advantages and drawbacks of this tool for use in some cleaning processes.

Résumé : La préparation des ossements fossiles récemment découverts dans les sites archéologiques, consiste souvent à enlever le sédiment par nettoyage mécanique. Pour cela, une variété d'outils a été largement utilisée (marteaux et burins, dispositifs d'abrasion d'air, stylos pneumatiques). Moins rapportée, est l'utilisation d'un détartreur ultrasonique (un appareil à ultrasons utilisé par les dentistes pour enlever le tartre et les taches des dents). Dans cet article, nous décrivons la préparation réussie de la mandibule humaine ATD-112 du site archéologique pléistocène de Gran Dolina (Atapuerca, Espagne) par détartreur ultrasonique. Cet article vise à exposer les avantages et les inconvénients de cet outil à des fins de nettoyage.

Keywords: Conservation, fossil preparation, ultrasonic scaler, Atapuerca.

Mots clé : Conservation-restauration, préparation d'os fossile, détartreur ultrasonique, Atapuerca.

1. INTRODUCTION

Fossil remains found in limestone caves frequently display problems related to the presence of calcium carbonate, which precipitates and hardens the sediment of the cave.

Because of its hardness, the sediment often has to be broken with great force. In fact, excavation is often the most critical moment for the remains; even material in good condition can suffer serious alterations due to the enclosing matrix (López-Polín *et al.*, 2008). Thus, it is common for the prepa-

* Institut Català de Paleocologia Humana i Evolució Social (IPHES), C/Escorxador s/n, 43003 Tarragona, Spain. (lucia.lopezpolin@iphes.cat)

** Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Avinguda de Catalunya 35, 43002 Tarragona, Spain

*** Centro Nacional de Investigación sobre Evolución Humana (CENIEH), Paseo Sierra de Atapuerca s/n, 09002 Burgos, Spain. (josemaria.bermudezdecastro@cenieh.es)

**** Visiting professor, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology of Beijing (IVPP). (eudald.carbonell@urv.cat)

ration laboratory to receive fossils that are either embedded in hard matrices or broken as a result of the excavation process. Mechanical tools are normally used to prepare such specimens. Preparation by means of mechanical methods has been widely reported, including the use of chisels, pneumatic engraving pens (also referred to as pneumatic scribes or engravers) and air abrasion devices (e.g. May *et al.*, 1994; Wilson, 1995). For this mandible we needed a tool that would provide a degree of precision close to that of a scalpel in order to clean the finer parts of the fossil (an immature mandible has many thin parts, especially in the alveolar process) but that, at the same time, would be powerful enough to break the matrix. In this case we ultimately chose the ultrasonic scaler. This device has certainly been used in many conservation or preparation projects; specifically, it has been referred to in relation to the preparation of microvertebrates in fossil preparation handbooks (e.g. Rixon, 1976; May *et al.*, 1994; Green, 2001) and articles (such as Jakobsen & Feldman, 2004), but has rarely been described in detail (with some exceptions, such as Fedak, 2000). The description of this case, demonstrating some of the advantages and disadvantages that we have experienced during the preparation of this fossil, aims to contribute to the body of knowledge about the ultrasonic scaler as a potential tool for use in the preparation of fossils.

2. MATERIALS AND METHODS

Here we present the preparation treatment of a hominin mandible from level TD6 of the Gran Dolina site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain), which dates to between 0.8 and 0.9 million years ago (Parés & Pérez-González, 1995; Falguères *et al.*, 1999; Berger *et al.*, 2008). Many human remains associated with fauna and lithics have been recovered in this level (Carbonell *et al.*, 1995; Carbonell *et al.*, 1999) and the hominin fossils have been attributed to the species *Homo antecessor* (Bermúdez de Castro *et al.*, 1997).

The specimen identified as ATD6-112, whose treatment we describe here, was recovered during the 2006 field season. It is the right half mandible of an immature individual that preserves some teeth in place at different stages of development (i.e. germens, deciduous and permanent teeth). It has provided valuable information about the development pattern of the species (Bermúdez de Castro *et al.*, 2010).

The mandible (ATD6-112) arrived at the conservation laboratory broken into six pieces (Fig. 1). Some of these pieces were firmly embedded in a hard sediment mass strongly adhered to the material, while others were only partially covered by a thinner layer of the same carbonate



Figure 1: Mandible ATD6-112 before treatment. It was broken into six pieces (numbered to document the conservation process). Fragment 1 (hereafter, F1, etc.) contains the symphysis and part of the germs of the permanent canine (C) and second incisor (I2). F2, almost imperceptible in this image, consists in part of the mandibular corpus including part of the germ of the canine. F3 contains the permanent first molar (M1) and a half of the deciduous second molar (dm2); the other half of the dm2 is in F4, which also contains the root of the deciduous first molar (dm1), the sockets of the canine and the lateral incisor, and the unerupted central incisor. In F5, the two crowns of the deciduous molars (dm1 and dm2) are completely embedded in the sediment. Picture by J. Mestre – IPHES.

Figure 1 : Mandibule ATD6-112 avant le traitement. Elle était brisée en six morceaux (numérotés afin de documenter le processus de restauration). Le fragment 1 (ci-après, F1, et ainsi de suite) contient la symphyse et une partie des germes de la canine permanente (C) et la deuxième incisive (I2). F2, presque imperceptible sur cette image, consiste en une partie du corps mandibulaire, y compris une partie du germe de la canine. F3 contient les premières molaires permanentes (M1) et une moitié de la deuxième molaire déciduale (dm2); l'autre moitié de la dm2 est dans F4, qui contient également la racine de la première molaire déciduale (dm1), les alvéoles de la canine et de l'incisive latérale, et l'incisive centrale n'ayant pas fait éruption. En F5, les deux couronnes des molaires déciduales (dm1 et dm2) sont complètement englobées dans le sédiment. Photographie J. Mestre-IPHES.

sediment. The reconstruction of the fossil did not present any problems but, during breakage some of the material at the contact areas came loose which made it impossible to conjoin some parts, specifically the two molars (dm1 and dm2). In addition, the excavation process resulted in microcracking in some parts of the fossil, especially those most affected by impacts and the associated vibrations (such as, again, the molars dm1 and dm2). This microcracking, along with the extreme thinness of some of the parts (e.g. the alveolar process), added to the difficulty of eliminating the sediment. Therefore, the main problem we were faced with when deciding on a preparation procedure was that we

had a delicate specimen with thin areas and microcracks that was partially embedded in a hard matrix. Due to its fragmentation, several transversal planes of the specimen could be observed without needing any additional examination technique (such as CT scan).

We prepared the specimen mainly using a CTS Art Piezo piezoelectric ultrasonic scaler (supplied by CTS España). Although this device is from a supplier specialising in conservation equipment, it has the same technical characteristics as the scalers often used by dentists to remove hard calculus deposits and stains. It is electric powered and must also be connected to a water or air source for cooling. Its control unit has ultrasonic power settings and air or water flow regulators (the cooling system). It has a hand-piece for which different tips (three in this model) can be chosen and its output power ranges from 20V A to 30 kHz. According to the supplier information, the ultrasound waves cause the tip to vibrate with minimum oscillation for precision control. In the presence of water it generates cavitation, the same effect by which ultrasound baths clean, thus increasing the power of the tool. For the preparation of mandible ATD6-112, we used the device with air as a coolant because using water would get the fossil excessively wet and flood the work area. We used all three types of tips supplied for this model. The tips have slightly different shapes and vary in thickness to allow more or less detailed action, which proved very useful for this task.

3. RESULTS

The specimen was cleaned primarily with the ultrasonic scaler, although occasionally and for limited areas other tools were also used. Specifically, when the scaler was not powerful enough to remove the extremely hard sediment, we used a pneumatic scribe. On the other hand, in some areas where the vibrations of the scaler were too strong, such as on some parts of the alveolar process and other thin parts, we used a scalpel instead. However, most of the sediment was removed by means of the ultrasonic scaler (Fig. 2). This tool allowed us to separate the fossil from the block sediment and perform the final cleaning. As a result, we obtained a well cleaned fossil, without any remarkable damage due to the preparation process (Fig. 3).

After the cleaning process, we ended up with seven fragments instead of the original six pieces: fragment number 5 was converted into two pieces because of the individualisation of the two molars. All the fragments fit well, with the exception of these two molars, which lost part of the material at the contact area between the crown (embedded into



Figure 2: Working with the ultrasonic scaler: removing fragment 1 from the matrix. Picture by A.Ollé – IPHES.

Figure 2 : Travail au détartreur à ultrason: dégagement du fragment 1 de la matrice. Photographie A. Ollé – IPHES.

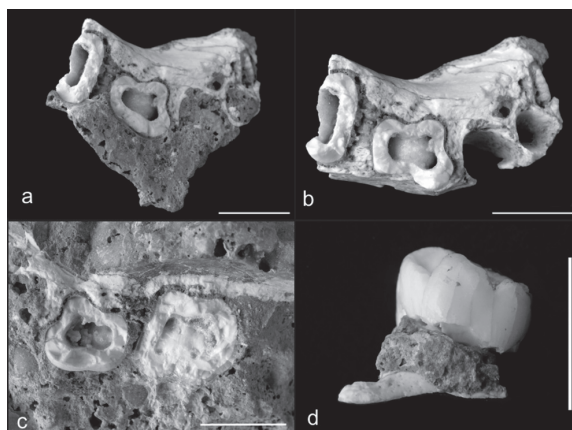


Figure 3: Fragments 4 and 5 before (a, c) and after (b, d) removing the sediment. In F4, the ultrasonic scaler allowed the sediment to be removed from the fragile and reduced area of the tooth sockets (a, b). In F5, we can observe the sectioned crown of the two molars (c); breakage in this part involved the loss of some small fragments of the teeth and microcracking of the remaining material. The molars were recovered separately because the remains of the alveolar bone were almost imperceptible and thus unsalvageable. Final aspect of the dm1 (d). Picture by L. López-Polín – IPHES.
Figure 3 : Fragments 4 et 5 avant (a, c) et après (b, d) le dégagement du sédiment. Sur F4, le détartreur à ultrason a permis de retirer le sédiment de la zone réduite et fragile des alvéoles dentaires (a, b). Sur F5, on peut observer la couronne sectionnée des deux molaires (c); la cassure dans cette zone a impliqué la perte de quelques petits fragments de dents et la microfissuration de la matière restante. Les molaires ont été récupérés séparément, car les restes de l'os alvéolaire étaient presque imperceptible et donc irrécupérables. Aspect final de la dm1 (d). Photographie L. López-Polín – IPHES.

a block of sediment) and the roots, included in a different bone fragment. This loss was present before the preparation treatment began, having occurred during the excavation process, and thus does not constitute an effect of the preparation process or the ultrasonic scaler itself. Although these two molars would need some filling material to perfectly fit them in place, the remainder of the pieces fit perfectly (Fig. 4). Nevertheless, in order to facilitate the subsequent palaeoanthropological study, none of the fragments of this mandible were adhered and a virtual reconstruction of the fossil was created from the 3D image of each piece (Bermúdez de Castro *et al.*, 2010).

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

The aim of this paper was to contribute to publicising the possibilities of the ultrasonic scaler in the preparation of fossil bones. The tool was used to clean a human mandible embedded in a hard matrix of carbonated clay that was firmly joined to its surface. The fossil had many delicate areas covered and filled by this sediment; the alveolar process



Figure 4: Mandible after the cleaning process. Superior view with the two molars (dm1 and dm2) in place. The fragments fit well, with the exception of the two molars: the loss of material at the basis of these elements prevented the perfect refit at the end of the restoration process (they would need some filling material in the event of a final restoration). The mandible was left unadhered to facilitate the subsequent palaeoanthropological study. Picture by L. López-Polín – IPHES.

Figure 4 : Mandibule après le processus de nettoyage. Vue supérieure avec les deux molaires (dm1 et dm2) en place. Les fragments s'intègrent bien, à l'exception des deux molaires: la perte de matériel à la base de ces dents a empêché la remise en état parfaite à la fin du processus de restauration (cela nécessiterait l'utilisation de matériaux de remplissage dans le cas d'une restauration finale). La mandibule a été laissée sans coller les fragments afin de faciliter l'étude paléoanthropologique ultérieure. Photographie L. López-Polín – IPHES.

was especially difficult to clean due to the thinness of the alveolar bone and the small dimensions of the tooth sockets. The combination of hard matrix and delicate, thin parts of the fossil led us to rule out the possibility of using some of the more forceful tools available to us (such as the pneumatic engraver) and, at the same time, to choose a tool that would be more powerful than the scalpel (or similar tools).

The ultrasonic scaler was designed for use in the field of dentistry. There are therefore some drawbacks that we think may be due to the lack of the tool's adaptation to preparation work. To begin with, the apparatus needs to be cooled by a continuous jet of water or air. In accordance with the supplier's instructions, the specific model that we used can be connected to an air compressor. We performed the preparation in this way, but the tips nevertheless got warm very quickly, meaning that we often had to stop working to allow them to cool down. Apart from this, continuous air projection can be a problem for treating some specimens, as it immediately disperses the debris, so the conservator must pay attention and stop working if detachments occur. Another problem was that the tips wore down quite quickly, especially when we treated the hardest areas. Of course, the more frequently we have to replace the tip, the more expensive the treatment is. Tip wear might be decreased through modifications such as those suggested by some authors, in which an ultrasonic scaler was adapted by replacing the tip with a carbide rod. In addition, this new, straight tip seems to be more suitable for this type of work than the original curved tips (Fedak, 2000). However, we did not test these alternative tips and we therefore did not check their efficacy. Finally, another disadvantage worth mentioning is that the ultrasonic scaler generates vibrations that, despite being milder than those produced by the pneumatic engraver, can be too intense for some purposes. For example, in this specific case, we had to use the scalpel instead of the scaler on some parts of the tooth sockets which were too reduced and fragile for the vibrations of the tip.

We have detailed the disadvantages in order to better assess the cleaning method, but in fact the ultrasonic scaler was the solution to our problem, as it allowed us to remove the hard and firmly adhered sediment from the more delicate parts of the specimen, and also allowed us to empty the small tooth sockets that would be difficult to hollow out using any other tool.

To conclude, the ultrasonic scaler can be more efficient than the scalpel or other similar small tools, although it is sometimes too time consuming or inefficient for removing carbonated clay matrixes. On the other hand, it is more precise than more powerful tools. Therefore, the ultrasonic scaler is worth considering for some preparation purposes,

as it is a good intermediate option between small tools such as scalpels or other small tools and more powerful tools such as chisels or pneumatic air scribes.

Acknowledgements

We acknowledge all the members of the Atapuerca Research Team involved in the recovery and study of the archaeopaleontological record. Field work is supported by Junta de Castilla y León and Fundación Atapuerca. The preparation of the fossil ATD6-112 was developed at the IPHES (Tarragona), where many people enrich our work on a daily basis. This research has been developed in the framework of the Spanish MICINN project CGL2009-12703-C03-02. Thanks to the two reviewers for their useful comments.

References

- BERGUER, W. G., PÉREZ-GONZÁLEZ, A., CARBONELL, E., ARSUAGA, J. L., BERMÚDEZ DE CASTRO, J. M. and KU, T. L., 2008. Luminescence chronology of cave sediments at the Atapuerca paleoanthropological site, Spain. *Journal of Human Evolution*, 55 (2): 300-311.
- BERMÚDEZ DE CASTRO, J. M., ARSUAGA, J. L., CARBONELL, E., ROSAS, A., MARTÍNEZ, I. and MOSQUERA, M., 1997. A hominid from the Lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: possible ancestor to Neandertals and modern humans. *Science*, 276: 1392-1395.
- BERMÚDEZ DE CASTRO, J. M., MARTÍNÓN-TORRES, M., PRADO, L., GÓMEZ-ROBLES, A., ROSELL, J., LÓPEZ-POLÍN, L., ARSUAGA, J. L. and CARBONELL, E., 2010. New immature hominin fossil from European Lower Pleistocene shows the earliest evidence of a modern human dental development pattern. *PNAS*, 107: 11739-11744.
- CARBONELL, E., BERMÚDEZ DE CASTRO, J. M., ARSUAGA, J. L., DIEZ, J. C., ROSAS, A., CUENCA, G., SALA, R., MOSQUERA, M. and RODRÍGUEZ, X. P., 1995. Lower Pleistocene hominids and artifacts from Atapuerca-TD6 (Spain). *Science*, 269: 826-830.
- CARBONELL, E., ESTEBAN, M., MARTÍN NÁJERA, A., MOSQUERA, M., RODRÍGUEZ, X. P., OLLÉ, A., SALA, R., VERGÈS, J. M.,

- BERMÚDEZ DE CASTRO, J. M. and ORTEGA, A. I., 1999. The Pleistocene site of Gran Dolina, Sierra de Atapuerca, Spain: a history of the archaeological investigations. *Journal of Human Evolution*, 37: 313-324.
- FALGUÈRES, C., BAHAIN, J.-J., YOKOYAMA, Y., ARSUAGA, J. L., BERMÚDEZ DE CASTRO, J. M., CARBONELL, E., BISCHOFF, J. L. and DOLO, J.-M., 1999. Earliest humans in Europe: the age of TD6 Gran Dolina, Atapuerca, Spain. *Journal of Human Evolution*, 37: 343-352.
- FEDAK, T. J., 2000. The Creation of a Micro-Scribe for the Preparation of Small, Delicate Fossil Material. *Society of Vertebrate Paleontology Technical Papers*, 1. From [<http://www.vertpaleo.org/education/preptechpapers1.cfm>].
- GREEN, O. R., 2001. *A Manual of Practical Laboratory and Field Techniques in Paleobiology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- JAKOBSEN, S. L. and FELDMAN, R. M., 2004. Epibionts on *Dromiopsis rugosa* (Decapoda: Brachyura) from the late middle Danian limestones at Fakse Quarry, Denmark: novel preparation techniques yield amazing results. *Journal of Paleontology*, 78: 953-960.
- LÓPEZ-POLÍN, L., OLLÉ, A., CÁCERES, I., CARBONELL, E. and BERMÚDEZ DE CASTRO, J. M., 2008. Pleistocene human remains and conservation treatments: the case of a mandible from Atapuerca (Spain). *Journal of Human Evolution*, 54: 539-545.
- MAY, P., RESER, P. and LEIGGI, P., 1994. Laboratory preparation. Macrovertebrate preparation. In P. Leiggi & P. May (Eds.) *Vertebrate paleontological techniques*. Cambridge University Press, Cambridge, 113-129.
- PARÉS, J. M. and PÉREZ-GONZÁLEZ, A., 1995. Paleomagnetic age for hominid fossils at Atapuerca archaeological site, Spain. *Science*, 269: 830-832.
- RIXON, A. E., 1976. *Fossil Animal Remains. Their preparation and conservation*. University of London, London.
- WILSON, J., 1995. Conservation and processing – cleaning and mechanical preparation. In C. Collins (Ed) *The Care and Conservation of Palaeontological Material*. Butterworths-Heinemann, Oxford, 89-94.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

5.3. Síntesis: el tratamiento de los fósiles humanos de TD6

[Publicación 3] **The preparation and conservation treatments of the human fossils from Lower Pleistocene unit TD6 (Gran Dolina site, Atapuerca) – the 2003-2009 record**

López-Polín, L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., (en prensa)
Quaternary International

<http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.036>

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague



Contents lists available at ScienceDirect

Quaternary International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/quaint



The preparation and conservation treatments of the human fossils from Lower Pleistocene unit TD6 (Gran Dolina site, Atapuerca) – The 2003–2009 record

L. López-Polín ^{a, b, *}, J.M. Bermúdez de Castro ^c, E. Carbonell ^{a, b}

^a IPHES (Institut Català de Paleoeologia Humana i Evolució Social), Zona Educacional 4, Campus Sescelades (Edifici W3), 43007 Tarragona, Spain

^b Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili, Avinguda Catalunya 35, 43002 Tarragona, Spain

^c Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), Paseo de la Sierra de Atapuerca 3, 09002 Burgos, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Available online xxx

Keywords:

Homo antecessor

Atapuerca

Human fossils

Conservation–restoration

Preparation

ABSTRACT

The Lower Pleistocene unit TD6 at the Gran Dolina site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain) has yielded human remains attributed to *Homo antecessor*. Many of these require some conservation treatment after recovery in order to be visible and consistent enough to be studied, safely handled, and preserved.

In this paper we report the conservation tasks carried out on the human fossils collected during the second period of the excavation of unit TD6 (2003–2011). The main problems with these fossils are derived from the karst sediment filling in which they are found, essentially made up of clays, silt, and gravels that may be compacted and cemented and occasionally solidly adhered to the bones. In short, the treatments consisted of removing the matrix with manual and automatic tools, consolidating and rebuilding the fossils. The extent of treatments was adapted to the needs of the research and the entire process as well as the fossils before and after the intervention were strictly recorded.

With this paper, we primarily aim to provide information that often remains unpublished and to share procedures that may be applied to fossils with similar problems. But in describing these treatments, we also aim to show that remedial conservation methodology is based equally on the mastery of the techniques and materials used for treatment and on the knowledge of fossils and the requirements of the studies conducted on them.

© 2015 Elsevier Ltd and INQUA. All rights reserved.

1. Introduction

Many remains recovered from archaeopaleontological sites need conservation treatments before being handled or studied. Conservation is a discipline with a methodology and general criteria for a wide field of action, covering all materials and objects that make up cultural heritage (Caple, 2000; Appelbaum, 2007).

Among other things, the criteria emphasize practical aspects like using stable and reversible materials, as well as ethical issues, such as acting only when it is truly necessary (trying to stop damage by means of preventive measures, e.g. controlling the environment). Furthermore, the methodology includes a necessary

first step of diagnosing problems before acting, as well as documenting all treatments in writing and graphically, including the techniques and the products used, and the change in the condition of the objects treated (initial and final conditions, as well as changes made, e.g. additions). Within this methodological framework, the procedures are adapted to each material, also considering the use of the specimen after treatment (exhibition, scientific analysis, etc.). With bone remains to be subjected to archaeological and paleontological analyses, conservation tasks are performed considering research needs in order to maximize the information recovered (López-Polín et al., 2008; López-Polín, in press).

Lower Pleistocene hominin skeletal remains are scarce, so each fossil provides unique information. Although many of them have undergone conservation or preparation treatments in order to be studied, these treatments are rarely published in detail. Even the interventions on the Atapuerca fossils have not been widely reported. To date, only three works based on the treatment of single

* Corresponding author. IPHES (Institut Català de Paleoeologia Humana i Evolució Social), Zona Educacional 4, Campus Sescelades (Edifici W3), 43007 Tarragona, Spain.

E-mail address: lucia.lopezpolin@gmail.com (L. López-Polín).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.036>

1040-6182/© 2015 Elsevier Ltd and INQUA. All rights reserved.

ARTICLE IN PRESS

2

L. López-Polín et al. / Quaternary International xxx (2015) 1–12

fossils have been published, specifically, two of the mandibles from TD6 that are also included in this paper (López-Polín et al., 2008, 2011) and one femur from the Sima de los Huesos site (Ortega et al., 2009).

In this article, we describe the conservation treatments that have been used on the human fossils recovered in the 2003–2011 stage of excavation of unit TD6. Our goal is twofold: 1) to disseminate information that may be useful in addressing the treatment of other fossils and that often is difficult to ascertain in less accessible technical reports; and 2) to demonstrate that working with conservation methodology and criteria is the best way to retrieve and preserve information (as conservation entails more than simply removing sediment or correctly gluing).

1.1. The site and the human fossils

The Gran Dolina site (Fig. 1) is one of the karst cavities located in the area called Trinchera del Ferrocarril (“railway trench” in Spanish) in the Sierra de Atapuerca (Burgos, Spain). The cavity was completely filled in by Pleistocene sedimentary deposits that were



Fig. 1. View of the Gran Dolina site in which unit TD10 (top) and unit TD6 (bottom) are simultaneously excavated (Photo by J. Mestre – IPHES).

exposed by a trench excavated at the end of 19th century for the passage of the railway (Carbonell et al., 1999).

The sedimentary deposits at Gran Dolina are about 18 m thick, comprised of interior and exterior facies deposits. Unit TD6, which is roughly in the middle of the sequence, is the only unit at Gran Dolina to yield human fossils to date.

TD6 was excavated in successive summer field seasons in two different periods. The first stage took place between 1994 and 1996 and consisted of a small test pit of just 6 m² in which numerous faunal, lithic industry and human fossils were recovered (Carbonell et al., 1995, 1999). The human fossils were attributed to a new species: *Homo antecessor* (Bermúdez de Castro et al., 1997). The combination of paleomagnetic data and US-ESR ages dated unit TD6 between 0.78 and 0.86 Ma (Parés and Pérez-González, 1995). More recent ages by thermoluminescence (Berger, 2008), ESR on quartz (Moreno, in press) as well as new paleomagnetic data (Parés et al., 2013) are coherent with these dates.

Between 2003 and 2011, the excavation was extended approximately 13 m², which increased the number of recovered items, including new human fossils. This new excavation also led to a new lithostratigraphic description of the central area (Bermúdez de Castro et al., 2008), the area next to the test pit excavated in the 1990's in which most of the hominin fossils were found.

In short, the sequence of unit TD6 is made up of different intercalated layers of gravels, clay, and silt. Most of the human fossils from this second stage come from a set of six layers called AAS (the Aurora archaeostratigraphic set), which are correlated to the *Aurora stratum* layer that yielded the human fossils in the 1990's. Some of the new human remains (e.g. mandible ATD6-112) come from layers above AAS, but still within TD6, from which no human fossils were documented in the previous period of excavation.

Lithostratigraphy is not the focus of this paper, but the kind of sedimentary matrix that surrounds the fossils plays a critical role in their recovery. However, from the conservator's point of view, the crucial aspect is not so much the stratigraphic sequence but rather the practical effects on the fossils: whether the sedimentary matrix is cemented or not, whether it has more or fewer clasts that impede removal of the matrix, and whether it is adhered to the bone or not (i.e. whether it is easily separable or not). However, we have seen some correlation between these layers distinguished by lithological criteria and some of the problems documented on the fossils (see the case study in section 3.4).

In the second stage of excavation of unit TD6, at least fifty-nine new human fossils were identified. Although unit TD6 was excavated until 2011, the human fossils come from the areas dug between 2003 and 2009. Some have been published (Carbonell et al., 2005; Bermúdez de Castro et al., 2008, 2010, 2012; Gómez-Olivencia et al., 2010; Pablos et al., 2012; Prado-Simón et al., 2012), while others are still under study.

This article covers the results of the treatments of most (49 out of 59) human fossils from this stage (Table 1). Two of them are not included because they have been recently attributed to the genus *Homo*, and are still undergoing preparation. In fact, future revisions may increase the number of fossils identified, but the treatments that we present in this paper are a representative sample of the problems and possible solutions.

ARTICLE IN PRESS

L. López-Polín et al. / Quaternary International xxx (2015) 1–12

3

Table 1

Inventory of the fossils included in this paper and summary of the main products and techniques of treatment for each specimen.

Label	Element	Field technique	Consolidation	Cleaning
ATD6-92	Tooth	—	—	Washed
ATD6-93	Tooth	—	—	Washed
ATD6-95	Talus	—	Lab.	Small tools
ATD6-96	Mandible	Block	Field	Small tools
ATD6-97	Rib	—	—	Small tools
ATD6-99	Phalanx	Block	—	Small tools
ATD6-100	Skull	Block	—	Small tools
ATD6-101	Tooth	—	—	Untreated
ATD6-102	Tooth	—	—	Washed
ATD6-103	Tooth	—	—	Washed
ATD6-104	Tooth	—	—	Small tools
ATD6-105	Vertebra	—	Lab.	Small tools
ATD6-112	Mandible	—	Lab.	Ultrasonic scaler
ATD6-113	Mandible	—	Lab.	Small tools
ATD6-115	Skull	Block/bandage	Field	Small tools
ATD6-116	Scapula	Block	Lab.	Rotary tool
ATD6-117	Calcaneus	—	—	Small tools
ATD6-118	Scapula	Block	Lab.	Small tools
ATD6-119	Clavicle	Block	—	Small tools
ATD6-120	Coxae	Block	Lab.	Small tools
ATD6-121	Humerus	—	Lab.	Small tools
ATD6-122	Phalanx	—	—	Washed
ATD6-123	Phalanx	—	—	Washed
ATD6-124	Metatarsal	—	—	Small tools
ATD6-125	Tooth	—	Lab.	Washed
ATD6-126	Phalanx	—	Lab.	Small tools
ATD6-127	Vertebra	—	—	Small tools
ATD6-128	Skull	—	—	Small tools
ATD6-132	Rib	—	—	Washed
ATD6-133	Humerus	—	Lab.	Washed
ATD6-135	Vertebra	—	Lab.	Washed
ATD6-136	Rib	—	—	Washed
ATD6-137	Rib	—	—	Washed
ATD6-138	Rib	—	Lab.	Small tools
ATD6-139	Rib	—	Field/Lab.	Small tools
ATD6-140	Vertebra	—	Lab.	Small tools
ATD6-141	Phalanx	—	—	Washed
ATD6-142	Carpal	—	Lab.	Small tools
ATD6-143	Tooth	—	—	Small tools
ATD6-144	Tooth	—	—	Small tools
ATD6-145	Carpal	—	Lab.	Washed
ATD6-146	Tooth	—	Lab.	Washed
ATD6-147	Carpal	—	Lab.	Washed
ATD6-148	Humerus	—	Lab.	Pneumatic engraver
ATD6-149	Skull	—	Lab.	Small tools
ATD6-150	Vertebra	—	Lab.	Acetic acid
ATD6-151	Fibula	—	Lab.	Small tools
ATD6-152	Rib	—	Field/Lab.	Small tools
ATD6-168	Skull	Block	Field	Small tools

2. Materials and methods

2.1. The fossils and their initial condition

The sample includes elements belonging to the entire skeleton: skull fragments, mandibles and teeth; bones of the postcranial axial skeleton (ribs and vertebrae); and bones of the appendicular skeleton (scapula, clavicle, metacarpal, talus, etc.) (Table 1).

Most fossils are small: nearly 64% are less than 5 cm, nearly 24% are between 5 and 10 cm, very few of them exceed 10 cm (approximately 14%), and none have a maximum dimension of over 20 cm. It should be noted that these remains are generally highly fragmented, largely due to anthropic actions (Fernández-Jalvo et al., 1996, 1999; Saladié et al., 2011, 2012, 2014).

To date, no studies have been conducted on the state of preservation of the original components of these fossils (e.g. histological analyses, studies on the degree of preservation of collagen); therefore, we had to characterize the degree of preservation of

these components without the benefit of such information. But according to empirical data, the fossils are well preserved, and even extremely fine and delicate elements have been preserved (e.g. the two scapulae). The bones' surfaces have no significant or generalized alterations caused by weathering or diagenetic processes (e.g. erosions, cracks, exfoliations, etc.). Consequently, the modifications produced by hominins or carnivores (cut marks, tooth marks, percussion pits, etc.) are also well preserved. Furthermore, the bones are not friable, nor did problems appear when exposed to air after excavation (e.g. new cracks, desquamations, etc.) and they can even be washed by immersion in water and left to air dry at room temperature. In fact, most did not require consolidating products and were lifted without taking special measures in the field (Figs. 2 and 3).

As mentioned in the introduction, the main problem with these fossils is the kind of sediment in which they are found, which is often very compacted and cemented, sometimes including gravels. The excavation has to be carried out with hand tools like chisels, and sometimes even with pneumatic hammers. In addition to being hard, the sediment can be also strongly adhered to the fossils. This has two consequences: the fossils might break during excavation, and they may be recovered still partially embedded in the sedimentary matrix.

In fact, precisely to prevent fossils from breaking, some of them were intentionally block lifted (Cronyn, 1990; Sease, 1994). That is to say, the upper part of the fossil was fully outlined, but part of the sediment around and beneath was left undisturbed, so the fossil and sediment were lifted together (in a block). In the fossils from TD6 that were block lifted, the sediment was compact and attached so that the fossils were perfectly encapsulated and protected to be taken to the laboratory where the excavation work was completed. In total, nine fossils were block lifted (Table 1). Among these were the two scapulae (ATD6-116 and ATD6-118) with preserved subscapular and infraspinous fossa that were very thin (just only 1 mm in some areas) and two of the larger fossils (mandible ATD6-96, Fig. 4, and clavicle ATD6-119, Fig. 5).

To prevent damage, the excavation team also used two more techniques (mostly applied to the block lifted fossils): consolidation by impregnation with Paraloid B-72, which was applied to five fossils; and strengthening with cotton gauze directly stuck onto the



Fig. 2. Metatarsal ATD6-124 just after lifting. This is a representative example of the fossils that hardly needed conservation treatment because they were recovered in good condition and have neither significant remains of sediment nor other alterations and, consequently, were just gently washed at the laboratory (Photo by J. Mestre – IPHES).



Fig. 3. Mandible ATD6-113 arrived at the laboratory almost free of sediment and in one piece (except for one small unattached shard). Therefore, its treatment consisted of simply removing the sediment by washing and occasionally using a scalpel.

bone with the same consolidant product, which was used for a single fossil.

But in spite of the care taken by the excavation team, the excavation was not easy and most fossils were fractured to some degree. Those that did not break were essentially small remains with regular morphologies and proportionally balanced dimensions (e.g. teeth, taluses, carpals, etc.). In contrast, the skeletal elements most often broken were ribs, which are long and proportionately narrow.

Thus, the main problems were that the fossils were broken and that they contained remains of sediment. In a few cases, there was a thin layer (<2 mm) of carbonated concretion caused by the precipitation of calcium compounds from the host rock. However, these thin layers were not significant in this set of fossils and more common was that they arrived to the laboratory with thicker layers and, as mentioned, even in a block of sediment. We have to remark that these sediment remains were mechanically stable – compacted and cemented – and they did not respond to humidity changes, at least not to a perceptible degree that might compromise the state of preservation of the fossils.

2.2. The conservation treatments

2.2.1. Criteria and methodology

Unlike the remains of other species, all of the human remains from unit TD6 were systematically sent to the conservation laboratory, where their condition was assessed and the need for further intervention was determined. Some were treated at the field

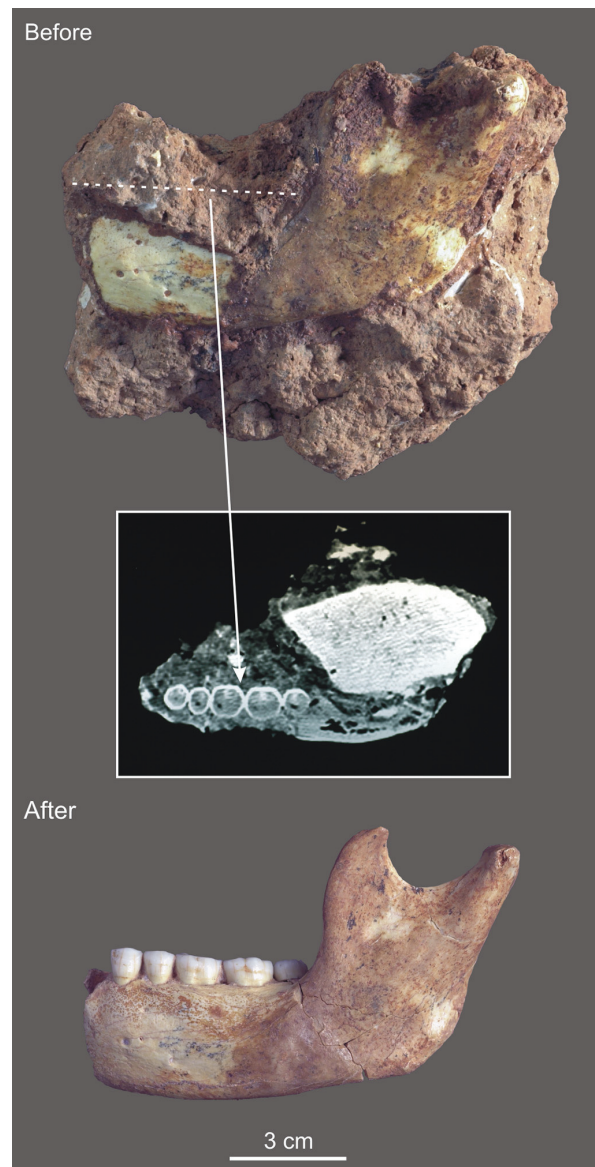


Fig. 4. Mandible ATD6-96 was block lifted (top). Before the treatment, a series of TAC images were taken that revealed the teeth under the sediment, as well as some fissures.

laboratory, but most at the IPHES conservation laboratory. During the entire process, the conservator was in constant contact with the team of paleoanthropologists and archaeologists that were studying them. This helped, before and during the intervention, to identify the anatomical, zooarchaeological and taphonomic points of major interest, as well as to ascertain the correct degree of cleaning and reassembling required for each specimen.

Whenever the initial condition of the fossil allowed it, a taphonomic analysis was conducted to determine the relevant points to recover and to preserve prior to the conservation treatment. These fossils have tooth, cut, and other marks that could be eroded or covered during the cleaning and consolidation processes. Identifying these in time makes it easier to recover and preserve them (López-Polín et al., 2008; López-Polín, 2012).

ARTICLE IN PRESS

L. López-Polín et al. / Quaternary International xxx (2015) 1–12

5

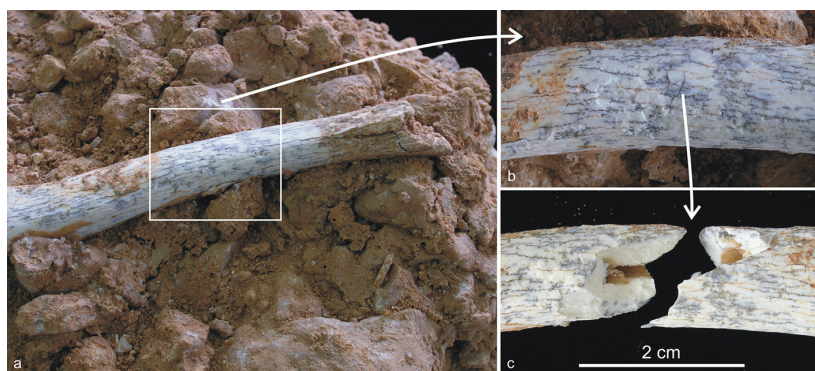


Fig. 5. Clavicle ATD6-119 that was block lifted. As in other fossils, a fracture that originated during excavation (a) eventually led to the separation of the pieces at the laboratory (b & c). These types of 'clean' fractures can usually be easily adhered.

As a general rule, at Gran Dolina and the rest of the sites in the Trinchera del Ferrocarril, only 'fresh fractures' (i.e. caused during or after excavation) in faunal remains are joined, while pre-excavation fractures are not. This is done to facilitate the zooarchaeological and taphonomic analyses of the record, specifically the origin of the breakage. Nevertheless, this general rule is not followed when the informative value of the reassembled fossil is greater than keeping the pieces apart (as it was in general with the human fossils). Whenever these fragments broken previous to excavation are joined, the researchers involved are consulted, a photo of the fragments is taken and everything is recorded in the treatment report in order to facilitate subsequent interpretation.

Not only the controversial fragments, but all of the fossils were photographed before and after the interventions. Although sometimes the state of preservation did not allow them to be fully viewed or to place them well, whenever possible, they were positioned anatomically. This is useful for better understanding the fossil and comparing it with illustrations in scientific publications. Other images were added to document the alterations and, in the larger fossils, detailed photographs were taken through a systematic sweep of the surface (e.g. López-Polín et al., 2008). Cracks and visible marks that occurred during the conservation treatment were also documented.

In a few cases, CT-scans were also performed before treatment in order to assess the state of preservation of the fossils and also to see if there were any other bones included in the sediment. Specifically, we scanned the mandible ATD6-96 (López-Polín et al., 2008) (Fig. 4), a cranial fragment (ATD6-168), and a scapula (ATD6-116). The tomographs were taken at two different hospitals and with the same equipment used to examine patients and without any special preparation of the fossil or of the machine itself (using a General Electric HiSpeed LX/i CT scanner). Series of images with a 2 mm interslice distance were taken with the fossils in different positions.

As with all of the bone remains and lithic artefacts from the Trinchera sites, the written descriptions of the initial and final condition of the fossils as well as the techniques and products used during the treatments were recorded in the general database for these sites. In addition, the treatments of these human fossils were also described in a more detailed technical report.

2.2.2. *Interventive conservation treatments*

2.2.2.1. *Cleaning: removing the matrix and the consolidant.* Cleaning was mostly carried out with the naked eye, although occasionally and to treat small areas, we used different stereoscopic light microscopes (between 6 and 20 magnifications).

The human fossils discussed here were mostly cleaned mechanically, i.e. with tools (manual and automatic). The type of tool was selected according to the state of preservation of the fossil and the type and thickness of the sediment to be removed.

- Manual tools: 1) small wooden and Teflon spatulas (which leave fewer marks on the surface than metal tools) to remove somewhat compacted and cemented remains of sediment; and 2) small surgical tools (especially scalpels) for thin layers of concretion, but also for thicker remains of sediment on fragile specimens.
- Automatic tools: 1) a piezoelectric ultrasonic scaler (CTS Art Piezo, Fig. 6); 2) a pneumatic engraver; and 3) an electric micromotor (rotary tool) with diamond and grinding wheels to cut and reduce blocks of sediment.

To minimize risks of breakage during mechanical cleaning, especially with automatic tools that cause vibrations, we sometimes used bases to buffer the shock, such as foam bases, sand bags or just our hands. Equally, throughout the process all the actions were gentle and controlled to prevent sediment particles from scratching the surface of the bones, and to generate as few marks as possible with the tools.

Together with these tools, we used purified water and ethyl alcohol to help to remove the sediment whenever possible (Fig. 7). The liquids also help to distinguish the bone from the sediment. As the colours saturate and the contrast increases, it becomes easier to perform detailed cleanings.

We used acetic acid on a single specimen (vertebra ATD6-150). As a general rule, during acid treatments, the exposed bone surfaces must be protected with consolidants and the specimens are then immersed in diluted weak organic acid. Buffer substances are normally used to protect the bone. After treatment, the specimens are rinsed thoroughly with water to remove traces of acid (Lindsay, 1995). With this fossil from TD6, we used acetic acid diluted in two parts water (1:2) and we protected it with Paraloid B72, but we did not follow this protocol exactly. We did not immerse the fossil in acid, but rather the acid was applied by means of a cotton swab on a small area of concretion. After a very short time (less than a minute), the area was rinsed with water and the weakened concretion removed by scalpel. The entire process did not take more than an hour, after which the fossil was again washed.

In addition to sediment, in a few cases we also had to remove the Paraloid B72 applied in the field, which was done with acetone. The solvent by itself makes the product sticky, but does not eliminate it. So, to remove it, it has to be swept off the fossil (e.g. by brushing) or

ARTICLE IN PRESS

6

L. López-Polín et al. / Quaternary International xxx (2015) 1–12

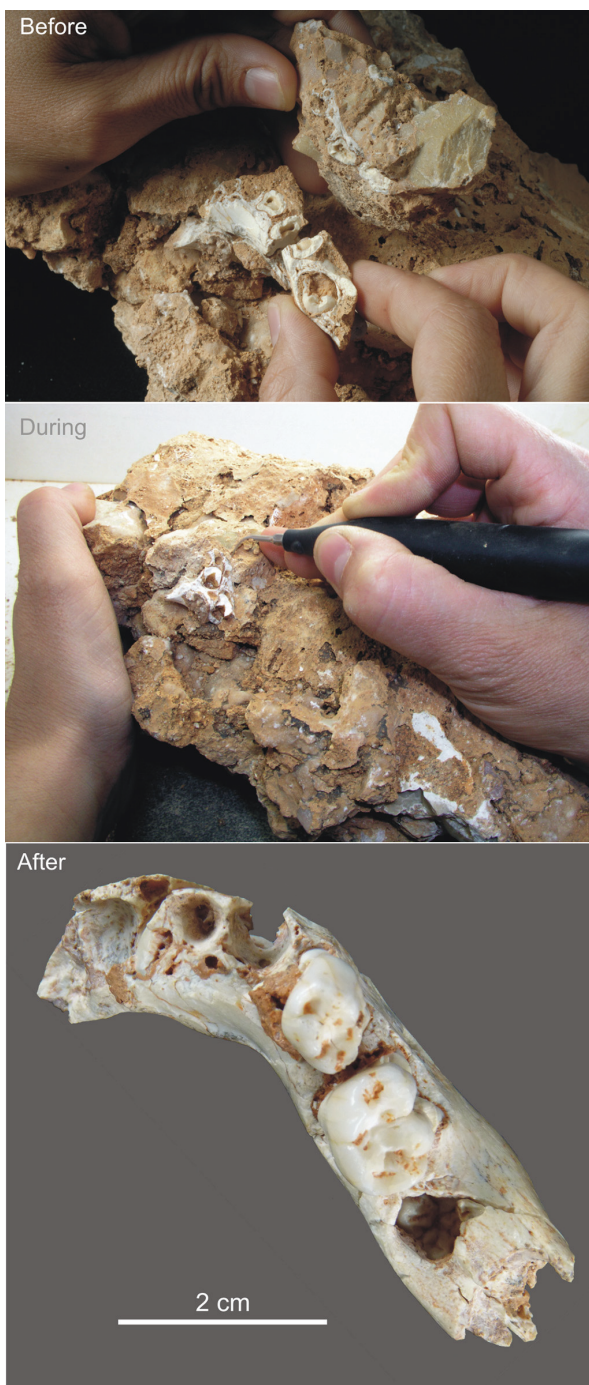


Fig. 6. Mandible ATD6-112 was broken during excavation and recovered embedded in a heavily cemented matrix. It was mostly prepared by means of an ultrasonic scaler (middle image). The bottom image shows the molars located roughly in place, although, like the rest of the pieces, they were not glued after the treatment to allow for improved study of the fossil (Top photo by J. Mestre – IPHES).

absorbed (e.g. with cotton or paper). This must be done gently because the sediment particles, which agglutinate the consolidant (especially in the case of field treatments), can easily scratch the surface. We therefore used soft brushes with natural bristles, and

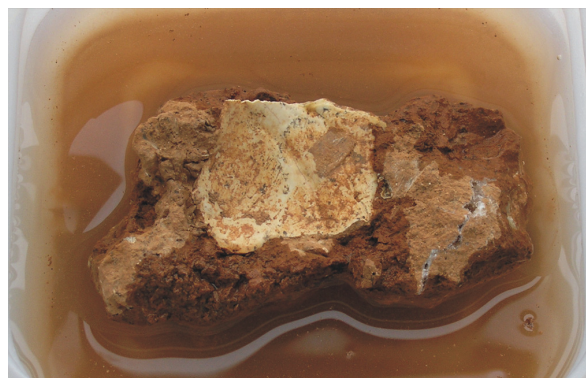


Fig. 7. Skull fragment ATD6-100 during the treatment with the block of sediment underneath immersed in water. With all of the fossils, whenever the state of preservation allowed it, the first action was usually to wet the matrix to make it easier to remove.

when using absorbing materials, we laid them on the surface and then removed them (without rubbing).

We also had to remove a bandage adhered with Paraloid on one fossil (ATD6-115, cranial fragment) to reinforce it during lifting. For this, we used a 'vapour chamber', a method used in conservation for different purposes (Ortega et al., 2009; Davidson and Brown, 2012). It involves placing the fossil next to a container of solvent and then putting all of this together inside a well-sealed container. The vapour of the solvent acts on the consolidant and the gauze can then be easily separated by simply pulling it off (sometimes some solvent has to be added, but always a lesser amount than would be needed if the consolidant had not been exposed to the solvent vapours).

2.2.2.2. Consolidation. Consolidation consists of reinforcing fossils by impregnating them with plastic products. These consolidant products are usually applied in a dissolved state or as water emulsions and become effective when the solvent evaporates. The plastic remains in the fossils, acting as a filler and/or glue.

For these fossils, we used Paraloid™ B-72 100% resin (manufactured by Rohm and Haas; hereafter Paraloid B-72), an acrylic resin that was initially manufactured for other purposes (surface coating, inks, etc.) and that has long been put to use in the conservation of a variety of different materials (ceramics, stone, bones, etc.). It is an effective product that also has good stability properties and does not easily yellow (Down et al., 1996). It can be easily removed by adding solvents (amongst others, acetone).

Paraloid-B72 is supplied as solid pellets and must be diluted to be applied. Like most consolidant products, Paraloid can be used in stronger and weaker concentrations, making it more or less dense. For the fossils from TD6, we used acetone in a range of concentrations between 3 and 20 g of Paraloid for each litre of solution (3–20% w/v). We used 5–10% solutions for consolidating (for impregnating the fossils), and solutions of approximately 20% for gluing. Lower concentrations usually improve distribution of the product, that filling in all irregularities and not forming a plastic film noticeable to the naked eye. On the other hand, at the highest concentrations, films form easily even in the initial applications and the consolidant does not adapt as well to all of the fine details. It is also a denser product, which can be used as an adhesive.

The consolidant can be applied using different methods. We combined drip application (i.e. just letting the product fall gently on the bone without touching it with any tool), brushing, and immersion. For drip application, we used syringes. This method is

ARTICLE IN PRESS

L. López-Polín et al. / Quaternary International xxx (2015) 1–12

7

especially suitable in the presence of sediment (e.g. in the field) to avoid brushing particles that can scratch the surface. Conversely, consolidation by brushing should be done on clean surfaces to avoid dragging erosive particles; the type of brush used and the intensity of the action are also relevant. With these fossils, we mostly applied Paraloid by brush, specifically using soft paint-brushes made of natural bristles (ox hair). We also consolidated by completely immersing the fossil in the consolidant. This method helps the consolidant spread and penetrate better than by dripping or brushing, but can only be used with fossils that can withstand immersion.

2.2.2.3. Reassembling. For gluing, we mainly used the same product as for consolidating, Paraloid B72, about 15–20% in acetone or in a mixture of acetone and xylene. We also used a commercial Paraloid B72 based adhesive (by HMG Paints Ltd), a product developed especially for conservation work that, in addition to Paraloid, contains additives that facilitate its application. As these fossils are small and lightweight, and as a general rule they did not require any kind of special support while the glue cured, and most were simply joined by holding the fragments together manually and waiting a few minutes to ensure proper curing.

Once the pieces were glued, some fossils were completely rebuilt and stable enough to be handled without risk. Others, however, had very weak bonds (e.g. thin pieces) or “gaps” caused by the loss of fragments, which could reduce the strength of the fossil. To reinforce some of the weak bonds we used strips of ultrathin fibreglass fabric (48 g/m²) (Fig. 8) adhered to the bones with Paraloid. These strips can be used as a temporary solution (and then removed with acetone) or can be left as permanent reinforcement. To fill gaps we used two different fillers. The first was a mixture made with gypsum powder and Paraloid B72 in acetone instead of water. As there is no water added, the gypsum acts as an inert filler and, once hardened, it can be removed using acetone (unlike gypsum set with water). The ratio of gypsum to consolidant varied



Fig. 8. Two views of the same end of rib ATD6-152 in which a strip of fibreglass cloth, glued with Paraloid B-72, was used as a permanent reinforcement of this fragile area composed by several small pieces.

depending on whether the gap required a thicker or thinner putty. In practice, the mixture is generally either 1:1 or another composition containing more gypsum. In any event, enough plaster must be added to prevent the formation of bubbles in the Paraloid. We also used a commercial filler, Modostuc, designed to fill in gaps in stucco plaster preparations on wooden pieces. This putty is ready to use, and is simply applied and shaped with a spatula. Like the previous filler, it is also softened by acetone, a solvent that can be used to polish the finish or to remove it.

3. Results and discussion

3.1. Untreated fossils

Of the forty-nine human fossils included in this article, sixteen were simply washed with water and a soft brush, while thirty-three required some other type of conservation action, e.g. more complete cleaning with water and brushes, consolidation or reconstruction (Table 1).

But the entire assemblage was managed in the same way, and even the fossils that were only washed were documented (initial and final state, as well as the type of cleaning applied). This uniform treatment of the information makes it possible to gain a complete overview of the problems that these fossils have.

3.2. Block-lifted fossils

Nine fossils were block lifted (see section 2.1). This technique contributed to safely removing and transporting delicate specimens, including two scapulae with extremely thin subscapulars and infraspinous fossas that would have otherwise been difficult to save. In fact, it was decided that one of the scapulae (ATD6-116) should be left embedded in the block.

With fossils embedded in sediment, tomographic examination is certainly helpful since it allows the condition of fossil to be assessed and reveals whether the block contains other fossils.

Specimens recovered in this way always require the digging to be completed in the laboratory. This usually means that the specimens are recovered in better condition than they are in the field, but does not guarantee that new fractures will not occur. In fact, among these fossils extracted from blocks, half of them also suffered fractures or broke along pre-existing fissures in the laboratory during the conservation process. However, the fractures are more controlled at the laboratory than in the field, so the contact edges tend to be more complete (Figs. 5 and 9) and it is easier to save small fragments that may be key to rebuilding the fossil.

Nevertheless, this method is primarily useful for well delimited fossils and for reduced blocks, and only when it is indispensable to lift the fossil in better condition, because extracting blocks involves the ‘blind’ removal of portions of the sediment around and beneath the target piece, which can damage previously undetected elements. Furthermore, the removal of a portion of an archaeological surface inherently interrupts the systematic layer-by-layer digging work, which may involve the loss of spatial and stratigraphic information and prevent the field recording of possible anatomical connections.

3.3. Remedial treatments

3.3.1. Removing the matrix

The sedimentary matrix remaining on the fossils was undoubtedly the most important problem that we treated. This sediment, as described above, is generally mechanically stable. In fact, it is usually riskier to remove it than to leave it, because the cleaning process can generate fractures and alterations on the

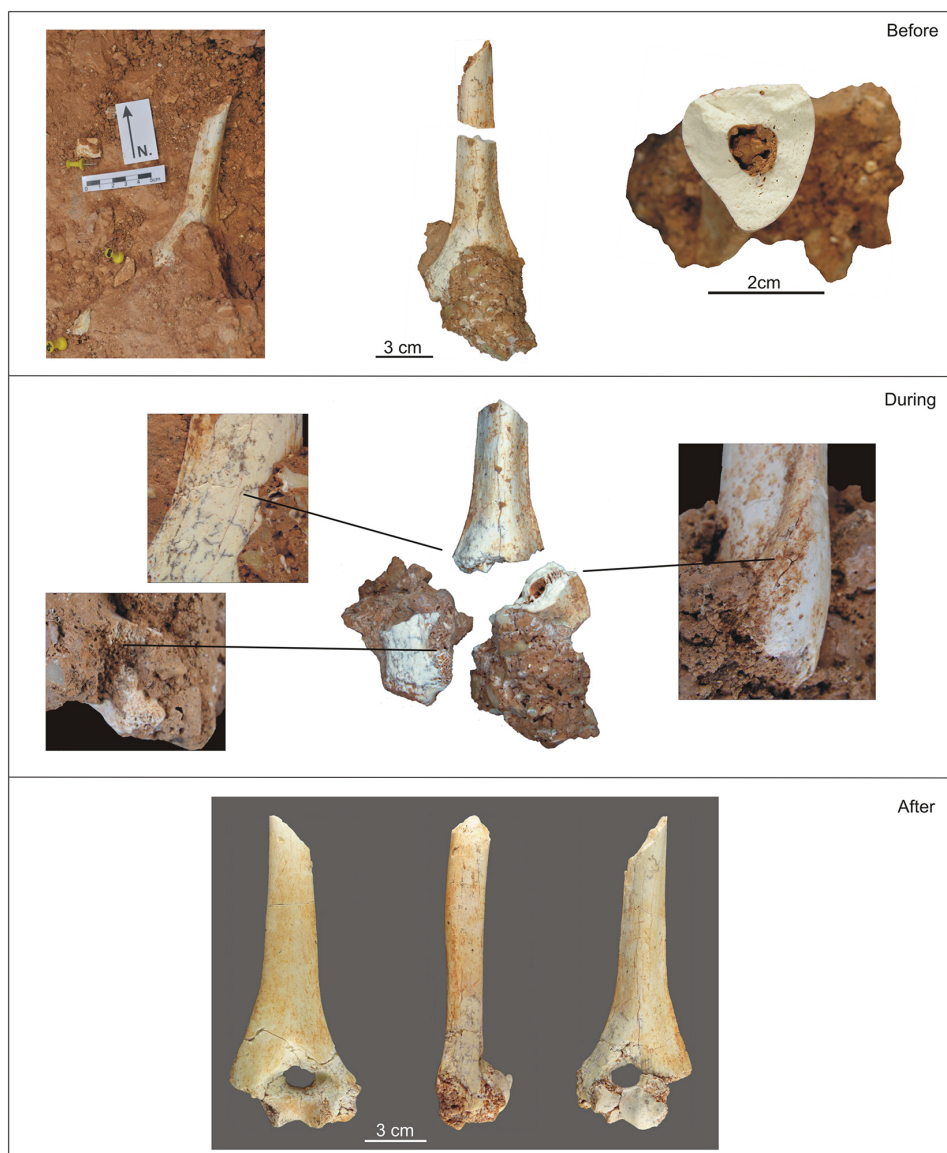


Fig. 9. Humerus ATD6-148 was recovered in two pieces. The distal epiphysis was partially included in the sedimentary matrix. This sediment was removed with a pneumatic engraver. During this process, the epiphysis split along pre-existing fissures. The fractures were clean and pieces were easily rebuilt.

surfaces of the bones. Therefore, we did not focus on any residue remaining in internal areas, and adjusted our level of intervention to the minimum required to enable the fossils to be understood and analyzed.

Excluding the fossils in which the sediment was removed only with water and brush (16 out of 49), the other were treated predominantly mechanically, though this was typically complemented by washing or wetting the pieces with purified water (distilled or demineralized). Acetic acid was only used in one case (Table 1).

Small concretions of less than 2 mm thick were mechanically removed, typically with a scalpel. In some fossils, we chose to use a scalpel even though the concretion was abundant (e.g. mandible ATD6-96, Fig. 4) because it was considered the safest method for the fossil (López-Polín et al., 2008).

However, in most cases of abundant sediment remains, we used also automatic tools. An ultrasonic spatula was used on the other mandible (ATD6-112, Fig. 6). In two other cases, we used a pneumatic engraver (humerus ATD6-148, Fig. 9, and cranial fragment ATD6-115) because the concretion was difficult to remove and the fossils were strong enough to withstand the vibration. Both are tools that have been found to be useful with this matrix. The first allows the conservator to work with more precision, but it has some drawbacks, for example, the tips heat up quickly and easily wear out (López-Polín et al., 2011). The second is very useful for these materials, but has the disadvantage of generating powerful vibrations that can fracture the bones. Both tools were used to remove sediment, even when it was in direct contact with fossils. On the other hand, the micromotor was only used to initially reduce thick

ARTICLE IN PRESS

L. López-Polín et al. / *Quaternary International* xxx (2015) 1–12

9

sediment layers, but not in areas near the fossil. In one case (rib ATD6-97), we used the micromotor with a diamond wheel to cut down the block, while in the case of the scapula left in the original block (ATD6-116), we used a carborundum wheel to define the outer edge of the fossil. Unlike the pneumatic engraver or the ultrasound spatula, this tool does not cause the sediment to skip from the bone, but rather continues to plane it down until it reaches the bone, it therefore can also erode the bone itself.

All mentioned automatic tools generate vibrations the extent of which is difficult to control, and can therefore cause new cracks or emphasize pre-existing ones. Manual tools, on the other hand, are more controllable, but are sometimes insufficient for a particular process and always entail slower treatments. In addition, all tools, manual and automatic, can cause surface marks, so the areas cleaned by means of tools should be well documented, particularly when marks have already been detected during preparation, to avoid misinterpretations (e.g. White and Toth, 1989).

Acid treatment has none of these drawbacks and does not generate vibrations or leave marks. However, in addition to the calcium carbonate of the matrix, it also affects the carbonated hydroxyapatite of the bones. However, this negative effect can be minimized using buffering substances, for this reason, in acid treatments the uncovered bone is protected by a coating of consolidant. Within this group of fossils, we chose acid cleaning for only one specimen (vertebra ATD6-150) where the concretion was embedded in an area of fragile spongy bone, which was barely large enough for the tip of any kind of tool and which could be affected by even the slightest pressure. The acid decreased the cementation of the matrix, which, once weakened, could be removed by brush. However, the acid also affected the sediment that filled in and glued a crack, ultimately leading to the breakage of the fossil.

From our experience with many other materials from Gran Dolina, acetic acid is actually not very effective for removing this matrix. In the case of some lithic materials, such as quartzite and quartz stone tools, we successfully use hydrochloric acid, but this acid is too harsh for the treatment of bones. We would need to attempt further chemical cleaning to reach any firm conclusions, but our current experience shows that the efficacy of acetic acid with this matrix is limited. Furthermore, the acid also dissolves the precipitated carbonate that reinforces the fossils, thereby weakening them. Therefore, it is our position that these materials should be mechanically cleaned whenever possible and that acid is useful only when, for some reason, mechanical cleaning is ineffective or less suitable for the fossil.

3.3.2. Consolidating and removing the consolidant

About half of the fossils in this sample were consolidated. In fact, five arrived consolidated from the field. Of these, two were re-consolidated in the laboratory. By contrast, in two of them, a cranial fragment (ATD6-168, Fig. 10) and a mandible (ATD6-96, Fig. 4), we removed the Paraloid B72 applied in the field as much as possible in the laboratory.

To remove the consolidant, we always used acetone, sometimes by brushing it on and sometimes by applying it with poultices: in this case, paper soaked in acetone that was left to act for a while and then removed. This method seeks to minimize the abrasive effect of sediment particles removed when a brush is used to remove the consolidant. It should be noted that with fossils consolidated in the field, despite using solvent, it is difficult to reach the same degree of cleanliness as with unconsolidated fragments (Fig. 10). Consolidated sediment is much more difficult to remove and requires solvent in addition to mechanical action (e.g. brushing).

In the laboratory, most fossils were only partially consolidated, only in those areas that specifically required reinforcement,

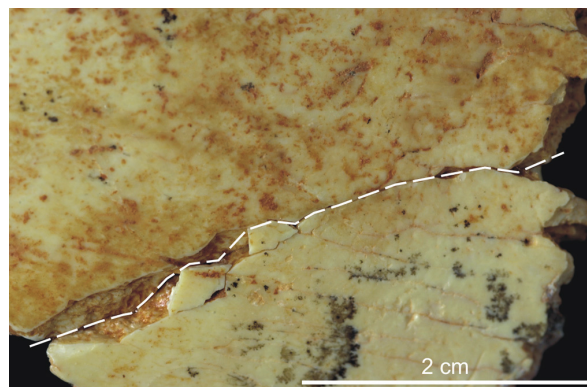


Fig. 10. Detail of skull fragment ATD6-168. The white line separates the piece that was consolidated in the field (above the line) from the piece that was not consolidated (below the line), which is clearly cleaner. Abundant solvent was brushed on to remove the consolidant from the upper piece, but as typically happens, it is not easy to achieve the same degree of cleanliness in consolidated material as in unconsolidated material (Photo by A. Ollé – IPHES).

especially fracture edges and spongy tissue. We most often applied consolidant by brushing. As a general rule, this method allows for more controlled distribution than the drip method (and obviously, than immersion). In these cases, the Paraloid-B72 was applied by brush and in concentrations between 5 and 10% in acetone. In four fossils, we consolidated by immersion in 3% Paraloid-B72. All of them were especially porous and required strengthening, and they were also in one piece, small and sufficiently robust to withstand immersion (nasal ATD6-149; humerus ATD6-133, fibula ATD6-151; semilunar ATD6-147). In another two cases, consolidation was undertaken not so much to strengthen the fossil, but to protect it during treatment. The vertebra treated with acid (ATD6-150) was protected with Paraloid-B72 prior to immersion. On scapula ATD6-118, the same product was applied in part to prevent the filler (Fig. 11) from staining the surface.

In general, we limited the use of consolidants. These remains are relatively well preserved and we preferred not to add any product, which, although very stable, might ultimately deteriorate and give rise to new problems. Although the use of Paraloid-B72 is reversible, removing it completely from a porous material is difficult. Furthermore, removal means using solvents and mechanical actions, etc. that, depending on to the condition of fossils, are not always possible or entirely safe. In addition, films that inevitably form on bone surfaces can mask some taphonomic features (marks of various types, etc.) (López-Polín, 2012).

3.3.3. Reassembling

In forty-four fossils, recent fractures (i.e. fragments broken during excavation or preparation) were glued. Meanwhile, on a cranial fragment, we did not follow the general criteria for faunal remains on this site and rebuilt it from two fragments separated prior to excavation (ATD6-168 and ATD6-100).

Almost all of the adhesions (22 fossils) were done with Paraloid-B72 dissolved in acetone at concentrations of between 15 and 20% or in a mixture of acetone and xylene (1:1). Additionally, in three fossils, the commercial adhesive prepared from Paraloid-B72 (HMG) was used. This adhesive is easy to apply and seems more effective with some materials. However, some authors suggest that it may contain cellulose nitrate (Davidson and Brown, 2012), a common component in other glues that have been disputed by many authors precisely because they easily degrade, becoming brittle and yellow (Koob, 1982; Shashoua et al., 1992).

ARTICLE IN PRESS

Recent fractures are not a problem if the contact edges are well preserved (Figs. 5 and 9). In fact, all of the fossils were glued without problems except three: a vertebra (ATD6-105), a carpal bone (ATD6-145) and the mandible ATD6-112 (see case studies). All of them had lost material on the edges of some the fragments, which prevented them from being restored, and the pieces were kept apart. We used filling materials and strips of fibreglass cloth to reinforce the joints on only two fossils. On one rib (ATD6-152, Fig. 8), the ends were reinforced with fibreglass cloth and filled with the commercial putty Modostuc. And on one scapula (ATD6-118), we used the same type of strips as a temporary reinforcement during the reassembling process, which also entailed filling the gaps with a mixture made up of Paraloid and powdered plaster of Paris (Fig. 11).

Plaster of Paris has traditionally been used as a filler, but mixed with water. In this way, when it sets becomes a hard material. In fact, it is too hard for use with the bones in our sample (they do not need it) and, moreover, it is not soluble and can only be removed mechanically. This is already known, and to replace this traditional material, different mixtures of consolidating products with inert powder additives have been used, typically calcium carbonate, glass beads, etc. (Larkin and Makridou, 1999; Andrew, 2009). These mixtures result in less rigid fillers that are also soluble and therefore more easily removable. We used plaster instead of the mentioned alternatives because almost accidentally (during a field season in which there was only gypsum available), we worked with this mixture of gypsum plus Paraloid, finding it more easily workable and equally effective as the calcium carbonate that we used to work with.

3.4. Case study: three mandibles illustrating the extent of the conservation problems

The three mandibles of this group of fossils illustrate well the scale of the problems and conservation treatments of the TD6 human fossils. All were well preserved: the bone was consistent; the teeth were in place; and they preserved very thin parts (e.g. alveolar bone of the child mandible ATD6-112); the surfaces were well preserved (without alterations that prevent the analysis of pre-burial marks, amongst others, the cut marks on ATD6-96).

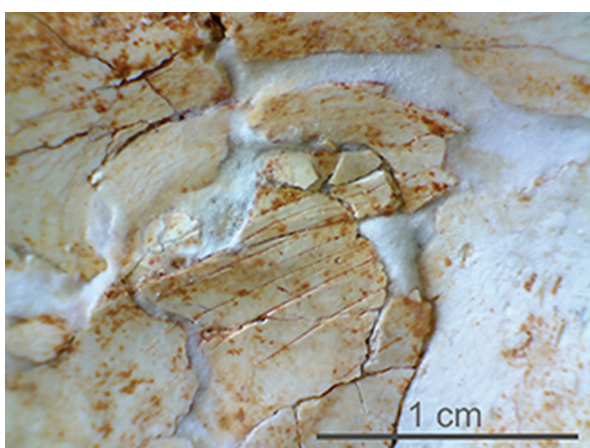


Fig. 11. Detail of scapula ATD6-118. It is an area of the thin subscapular fossa that required the filling material. The filler was a mixture of gypsum with Paraloid B-72. As it was filling the gaps of an area with cut marks, the filling task was carried out with special care and the contact areas between the bone and the putty were checked and cleaned under a stereoscopic microscope.

The three mandibles were recovered in close proximity: the maximum distance between them was less than three meters and maximum depth separation was less than one meter. They were however found in different lithological layers, which significantly influenced the problems they presented:

- ATD6-113 (Fig. 3) was found in one of the layers of the so-called Aurora archaeostratigraphic set (AAS), which consisted of a 9 cm thick bed of silt (Bermúdez de Castro et al., 2008). The sediment surrounding the mandible was loose and could be delimited in the field with small hand tools, with little striking and no special field conservation techniques.

The fossil came to the laboratory in a single fragment with very little sediment adhered to it. It was cleaned just by gentle brushing with water and alcohol and occasionally with scalpel. Only the ends of the mandibular fragment were weak, and were therefore consolidated with Paraloid B-72. During this quick and simple treatment, the fossil neither broke nor lost any material.

- ATD6-96 (Fig. 4) was found at the bottom of the AAS in a 12-cm thick clay bed (Carbonell et al., 2005; Bermúdez de Castro et al., 2008). The sediment surrounding the fossil, unlike mandible ATD6-113, was compact and adhered to the bone. The excavation team lift it in block.

ATD6-96 represents an intermediate stage of this set of mandibles, as it was included in slightly compact sediment, with some uncemented areas. The treatment (described in López-Polín et al., 2008) was slower than with the previous mandible (ATD6-113), but the sediment in some areas was not entirely hardened and could be removed with hand tools, avoiding the use of automatic tools (and the vibrations that they generate). Still, the mandible separated during preparation due to some of the cracks caused during excavation. One of these fractures exposed the root of the M3, which was taken advantage to analyze the state of development of the root (Carbonell et al., 2005).

- ATD6-112 (Fig. 6) was recovered on the top of the sequence of the layers of unit TD6 containing the human fossils. Specifically, in an area identified as a water channel and made up of thin layers of gravel intercalated between thin clay and silt layers (Bermúdez de Castro et al., 2008, 2010). This matrix, very cemented and compact, and including small limestone clasts, meant that excavation was difficult and required the use of both hand tools (i.e. chisels, hammers, etc.) and automatic tools (jackhammer). In these circumstances, some fossils are in fact recognized after being broken, like this mandible that was recovered in several fragments (some of them completely embedded in the matrix).

ATD6-112 is a good representative of the most complex of cases: a fossil broken during excavation and embedded in a strongly cemented layer. Of these three mandibles, the matrix on this one was the most cemented and it contained more calcareous clasts, making it the most difficult to remove. Unlike in the previous fossils, hand tools were not effective with this matrix. As described in López-Polín et al. (2011), the use of the pneumatic engraver was ruled out, as the specimen was very thin and included delicate parts and, ultimately, we mainly used an ultrasonic scaler.

The two molars (dm1 and dm2) broke during excavation, and the roots and the crowns were separated and the contact edges were lost. Refitting these pieces would require adding filler to restore the small part that was missing between the crowns and the roots. Eventually, the fossil was only virtually reconstructed from the digitalized images of the pieces (Bermúdez de Castro et al., 2010).

ARTICLE IN PRESS

L. López-Polín et al. / *Quaternary International* xxx (2015) 1–12

11

This three mandibles recovered in different lithological layers illustrate well how the sediment matrix determines the recovery and treatment of fossils that are otherwise well preserved. Briefly, the extent of the problems we faced is graded. The less cemented and more easily excavated the sediment was, the better (easier and safer) the lifting operations and preparation treatments were.

With this regard, although lithological descriptions provide insight into and generally describe these problems, for conservation purposes, a smaller scale study on how the matrix and the fossils interact is still needed in order to understand what determines the degree of adherence of the sediment to the fossil. Certainly, one key factor is the presence of precipitated carbonate, but the truth is that this factor has not been studied in detail, and other factors such as the sediment grain size should be considered.

4. Final remarks

The human fossils from unit TD6 are well preserved: the bone is very consistent and, in general, they rarely needed to be consolidated. In fact, two scapulae that maintained extremely thin areas were preserved. The bone surfaces are also well preserved, they are little affected by weathering or diagenetic processes and retain some pre-burial taphonomic indicators such as tooth marks, cut marks, etc. From the conservator's point of view, the main problems with these fossils are derived from the sediment in which they were found, which may be hard and compact and strongly adhered to the surface of the fossil. These problems are common in many other materials from the sites of Trinchera del Ferrocarril (Gran Dolina, Galería and Sima del Elefante), as well as from other Pleistocene cave sites (e.g. López-Polín et al., 2010).

Block lifting may help to minimize damage during excavation. The fractures in the field usually cause less clean fracture edges and may also involve the loss of fragments that can prevent the complete rebuilding of the fossil. However, we recommend lifting blocks whenever the fossil is well delimited, but not cutting large blocks involving moving the excavation to the laboratory in pieces. As discussed earlier, making and moving blocks usually entails some risk for other fossils as well as the loss of some contextual information.

Mechanical preparation with manual and automatic tools combined has been predominantly used. Although in one specimen acetic acid served to clean an area which were too sensitive to minimal pressure, this acid is not very effective with this matrix. It also affects the precipitated calcium carbonate that is actually reinforcing the fossils, and consequently considerably weakens them. Thus, although further work should be developed and more chemicals tested, mechanical preparation with manual and automatic tools combined has proven to be sufficiently effective with these fossils.

Consolidant (Paraloid B72) was applied on almost half of the fossils, but mostly in specific and reduced areas of the specimens. As a general rule, we limited consolidation to prevent long-term problems, because in spite of its stability, it will undergo its own deterioration process, and also to avoid the interference posed by the film of product for detailed studies of the surface as well as other future analysis.

For joining purposes, we successfully used Paraloid B72 and we also applied strips of fibreglass cloth adhered directly to the fossils with the same product, which strengthen weak bonds and in addition are a combination of stable materials.

In the treatments of these human fossils from TD6, we considered the requirements of some of the studies that are conducted on them. Specifically, during cleaning and consolidation, the marks of taphonomic interest on the surface were carefully cleaned to avoid wear or infilling, and the use of consolidants was limited to avoid

covering them over (which makes detailed observation difficult or impossible). In order to benefit anatomical studies, the specimens were rebuilt in an attempt to recover the original anatomical morphology, rather than maintaining taphonomic deformations or breakage.

Everything we did was thoroughly documented, both the treatments and the initial and final condition of the fossils, as well as intermediate states (e.g. M3 of ATD6-96). The fact that these are human fossils (i.e. scarce and valuable), rather than determining the techniques or the products used, influenced the need for exhaustive recording. Knowing the products that were used will make easier to carry out future treatments. Recording the final condition serves to monitor possible changes. Additionally, all documentation becomes a unique record containing original components that may disappear with treatment (e.g. sediment that was in contact with the fossil, fractures or deformations rebuilt by the treatments, etc.), as well as any changes or effects that might otherwise be misleading (e.g. marks during preparation, chemicals that alter test results, etc.).

The problems with these fossils and the technical solutions for treating them are not overly complicated. But, compared to the first stage of excavation of unit TD6 in the 1990's, some new products and techniques have been applied, for instance, preparation with automatic tools and fillers and fibreglass cloth reinforcement. Thus, the use of some technically simple advances clearly needs a certain degree of specialization. However, strictly speaking, none of these novelties are truly new for conservation purposes. Proposing that conservation treatments must be recorded is also no revelation, but conservation treatments, in the best-case scenario, are described in technical reports, but rarely published. In fact, the treatments carried out on the human fossils from the previous stage of excavation were not reported. Finally, some research requirements that influence basic decisions on methods and degrees of intervention are barely reported, categorized or even discussed. In conclusion, conservation treatments like those performed on the human fossils from TD6 must be publicized to illustrate that obtaining a clean and rebuilt fossil is certainly a result, but not the only outcome of a conservation treatment. During the treatment, information can be gained or, conversely, lost, depending on the techniques and products used, but only by recording the treatment and the initial condition of the fossils is it possible to assess what is present (or absent).

Acknowledgements

This article is an extended version of the poster presented at the XVII UISSPP World Conference, session 'What's happening now in Atapuerca?'. The research was funded by 1) MINECO Project 'Comportamiento ecosocial de los homínidos de la Sierra de Atapuerca durante el Cuaternario III' (CGL2012-38434-C03-03); 2) AGAUR project 'Evolució social, cultural i biològica al Pliocè inferior i mitjà' (SGR899). CT scans were performed at the Hospital Universitari Sant Joan de Reus and Hospital Universitari Joan XIII de Tarragona. Thanks to Dr A. Ollé and the referees for their contributions to the manuscript. Special thanks to all the members of the Atapuerca team, especially to all the researchers who study the human remains from TD6, as well to the excavation team led by Dr J. Rosell. To Jaume Guiu – in memoriam.

References

- Andrew, K., 2009. Gap fills for geological specimens — or making gap fills with Paraloid. *NatSCA News* 16, 41–45.
- Appelbaum, B., 2007. *Conservation Treatment Methodology*. Butterworth-Heinemann, Oxford.

ARTICLE IN PRESS

12

L. López-Polín et al. / Quaternary International xxx (2015) 1–12

- Berger, G.W., Pérez-González, A., Carbonell, E., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Ku, T.L., 2008. Luminescence chronology of cave sediments at the Atapuerca paleoanthropological site, Spain. *Journal of Human Evolution* 55, 300–311.
- Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Carbonell, E., Rosas, A., Martínez, I., Mosquera, M., 1997. A hominid from the Lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: possible ancestor to Neandertals and modern humans. *Science* 276, 1392–1395.
- Bermúdez de Castro, J.M., Pérez González, A., Martín-Torres, M., Gómez-Robles, A., Rosell, J., Prado, L., Sarmiento, S., Carbonell, E., 2008. A new early Pleistocene hominin mandible from Atapuerca-TD6, Spain. *Journal of Human Evolution* 55, 729–735.
- Bermúdez de Castro, J.M., Martín-Torres, M., Prado, L., Gómez-Robles, A., Rosell, J., López-Polín, L., Arsuaga, J.L., Carbonell, E., 2010. New immature hominin fossil from European Lower Pleistocene shows the earliest evidence of a modern human dental development pattern. *PNAS* 107, 11739–11744.
- Bermúdez de Castro, J.M., Carretero, J.M., García-González, R., Rodríguez-García, L., Martín-Torres, M., Rosell, J., Blasco, R., Martín-Francés, L., Modesto, M., Carbonell, E., 2012. Early Pleistocene human humeri from the Gran Dolina-TD6 Site (Sierra de Atapuerca, Spain). *American Journal of Physical Anthropology* 147, 604–617.
- Caple, C., 2000. *Conservation Ethics, Conservation Skills, Judgement, Method and Decision Making*. Routledge, London.
- Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Díez, J.C., Rosas, A., Cuenca, G., Sala, R., Mosquera, M., Rodríguez, X.P., 1995. Lower Pleistocene hominids and artifacts from Atapuerca-TD6 (Spain). *Science* 269, 826–830.
- Carbonell, E., Esteban, M., Martín Nájera, A., Mosquera, M., Rodríguez, X.P., Ollé, A., Sala, R., Vergés, J.M., Bermúdez de Castro, J.M., Ortega, A.I., 1999. The Pleistocene site of Gran Dolina, Sierra de Atapuerca, Spain: a history of the archaeological investigations. *Journal of Human Evolution* 37, 313–324.
- Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Allué, E., Bastir, M., Benito, A., Cáceres, I., Canals, T., Díez, J.C., van der Made, J., Mosquera, M., Ollé, A., Pérez-González, A., Rodríguez, J., Rodríguez, X.P., Rosas, A., Rosell, J., Sala, R., Vallverdú, J., Vergés, J.M., 2005. An early Pleistocene hominin mandible from Atapuerca-TD6, Spain. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102, 5674–5678.
- Cronyn, J.M., 1990. *The Elements of Archaeological Conservation*. Routledge, London.
- Davidson, A., Brown, G.W., 2012. Paraloid B-72: practical tips for the vertebrate fossil preparator. *Collection Forum* 26 (1–2), 99–119.
- Down, J.L., MacDonald, M.A., Tétreault, J., Williams, R.S., 1996. Adhesive testing at the Canadian Conservation Institute — an evaluation of selected poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives. *Studies in Conservation* 41, 19–44.
- Fernández-Jalvo, Y., Díez, J.C., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., Arsuaga, J.L., 1996. Evidence of early Cannibalism. *Science* 271, 277–278.
- Fernández-Jalvo, Y., Díez, J.C., Cáceres, I., Rosell, J., 1999. Human cannibalism in the Early Pleistocene of Europe (Gran Dolina, Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution* 37, 591–622.
- Gómez-Olivencia, A., Carretero, J.M., Lorenzo, C., Arsuaga, J.L., Castro, J.M.B.d., Carbonell, E., 2010. The costal skeleton of *Homo antecessor*: first results. *Journal of Human Evolution* 59, 620–640.
- Koob, S., 1982. The instability of cellulose nitrate adhesives. *The Conservator* 6, 30–34.
- Larkin, N.R., Makridou, E., 1999. Comparing gap-fillers used in conserving sub-fossil material. *Geological Curator* 2, 81–90.
- Lindsay, W., 1995. A review of the acid technique. In: Collis, C. (Ed.), *The Care and Conservation of Paleontological Material*. Butterworth-Heinemann, Oxford, pp. 95–101.
- López-Polín, L., 2012. Possible interferences of some conservation treatments with subsequent studies on fossil bones: a conservator's overview. *Quaternary International* 275, 120–127.
- López-Polín, L., 2015. Interventive conservation treatments (or preparation) of Pleistocene bones: criteria for covering information from the archaeological record. *Quaternary International*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.05.031> (in press).
- López-Polín, L., Ollé, A., Cáceres, I., Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., 2008. Pleistocene human remains and conservation treatments: the case of a mandible from Atapuerca (Spain). *Journal of Human Evolution* 54, 539–545.
- López-Polín, L., Bertral, A., Font, B., Ollé, A., 2010. Preparation and conservation treatments of the Pleistocene fossil vertebrate remains from the cave site of Tossal de la Font (Vilafamés, Castelló, Spain). In: Cancelo Fernández, C., Val Molina, S., Marigó Cortés, J., Celià Gelabert, L. (Eds.), *I Conservation Workshop: Finding Global Solutions for Natural History Collections*. Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, Sabadell, pp. 225–231.
- López-Polín, L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2011. Preparation of Pleistocene human bones with an ultrasonic scaler: the case of mandible ATD6-112 from Atapuerca (Spain). *Archeosciences* 35, 235–239.
- Moreno, D., Falguères, C., Pérez-González, A., Voinchet, P., Ghaleb, B., Despriée, J., Bahain, J.-J., Sala, R., Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., 2015. New radiometric dates on the lowest stratigraphical section (TD1 to TD6) of Gran Dolina site (Atapuerca, Spain). *Quaternary Geochronology*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quageo.2015.05.007> (in press).
- Ortega, M.C., Gracia, A., Carretero, J.M., Martínez, I., Quam, R., Arsuaga, J.L., 2009. Restauration d'un fémur fossile humain du site de la Sima de los Huesos (Atapuerca, Espagne). *L'Anthropologie* 113, 233–244.
- Pablos, A., Lorenzo, C., Martínez, I., Bermúdez de Castro, J.M., Martín-Torres, M., Carbonell, E., Arsuaga, J.L., 2012. New foot remains from the Gran Dolina-TD6 Early Pleistocene site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution* 63, 610–623.
- Parés, J.M., Pérez-González, A., 1995. Paleomagnetic age for hominid fossils at Atapuerca archaeological site, Spain. *Science* 269, 830–832.
- Parés, J.M., Arnold, L., Duval, M., Demuro, M., Pérez-González, A., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., Arsuaga, J.L., 2013. Reassessing the age of Atapuerca-TD6 (Spain): new paleomagnetic results. *Journal of Archaeological Science* 40, 4586–4595.
- Prado-Simón, L., Martín-Torres, M., Baca, P., Olejniczak, A.J., Gómez-Robles, A., Lapresa, M., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., 2012. Three-dimensional evaluation of root canal morphology in lower second premolars of early and middle Pleistocene human populations from Atapuerca (Burgos, Spain). *American Journal of Physical Anthropology* 147, 452–461.
- Saladié, P., Huguet, R., Díez, C., Rodríguez-Hidalgo, A., Cáceres, I., Vallverdú, J., Rosell, J., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2011. Carcass transport decisions in *Homo antecessor* subsistence strategies. *Journal of Human Evolution* 61, 425–446.
- Saladié, P., Huguet, R., Rodríguez-Hidalgo, A., Cáceres, I., Esteban-Nadal, M., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2012. Intergroup cannibalism in the European Early Pleistocene: the range expansion and imbalance of power hypotheses. *Journal of Human Evolution* 63, 682–695.
- Saladié, P., Rodríguez-Hidalgo, A., Huguet, R., Cáceres, I., Díez, C., Vallverdú, J., Canals, A., Soto, M., Santander, B., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Carbonell, E., 2014. The role of carnivores and their relationship to hominin settlements in the TD6-2 level from Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Spain). *Quaternary Science Reviews* 93, 47–66.
- Sease, C., 1994. *A Conservation Manual for the Field Archaeologist*, 3rd ed. University of California, Los Angeles.
- Shashoua, Y., Bradley, S.M., Daniels, V.D., 1992. Degradation of cellulose nitrate adhesive. *Studies in Conservation* 37, 113–119.
- White, T.D., Toth, N., 1989. Engis: preparation damage, not ancient cutmarks. *American Journal of Physical Anthropology* 78, 361–367.

CAPÍTULO 6 – **DISCUSIÓN**

Este apartado de discusión tiene dos partes. En la primera se realiza una valoración de los tratamientos realizados a los fósiles de TD6 en los que se centra esta tesis y, en la segunda, compuesta por dos artículos, en los que se discute sobre la metodología y los criterios de intervención de los restos óseos procedentes de yacimientos arqueopaleontológicos en general.

6.1. Las intervenciones de restauración en los fósiles humanos de TD6

En este apartado se presentan las aportaciones que han supuesto los nuevos tratamientos de los fósiles humanos de TD6. Esto se hace en gran parte por comparación, especialmente con los tratamientos de los fósiles recuperados en la primera etapa de excavaciones (1994-1996). Pero, además, en Atapuerca se restauran más restos óseos del mismo nivel TD6 de la Gran Dolina del que proceden estos fósiles humanos, y de otros muchos niveles y yacimientos, ¿qué es lo especial? ¿qué diferencia el tratamiento de estos huesos de los de otros restos? La valoración de los tratamientos también se basa en la respuesta que se ha dado a estas preguntas.

6.1.1. Procedimientos y materiales de restauración

Los procedimientos y técnicas de restauración empleados con los fósiles humanos del nivel TD6 de la Gran Dolina incluidos en esta tesis, no distan excesivamente los que se usaron con los fósiles recuperados en la década de 1990: se han realizado limpiezas mecánicas y reconstrucciones, de manera similar a lo que se hizo con anterioridad. Los tratamientos coinciden en lo esencial, porque tanto los problemas de los fósiles como el objetivo de los tratamientos (prepararlos para su estudio) han sido los mismos. No obstante, se han introducido algunas novedades en cuanto a herramientas y procedimientos.

En la etapa anterior, el sedimento se retiró esencialmente con pequeñas herramientas mecánicas. Al menos en algún caso, parece que se usó algún ácido²⁴. Sin embargo, no hay constancia de que se usaran herramientas automáticas (vibroincisores, tornos micromotores, etc.). Por su parte, los consolidantes empleados parecen haber sido dos: el Paraloid (seguramente B72) y, probablemente, el Xynocril. Finalmente, el adhesivo empleado en la primera etapa debió ser mayoritariamente nitrato de celulosa (Imedio banda azul).

En esta segunda etapa, para empezar, se han usado algunas herramientas automáticas. Concretamente, el vibroincisor y la espátula de ultrasonidos. El primero, comparado con un martillo y un cincel, ahorra esfuerzo y permite mayor precisión (depende de la punta y de la potencia del aparato empleado). Este aparato genera vibraciones potentes y permite trabajar deprisa. Estas propiedades, óptimas para retirar sedimento difícil, son también los principales inconvenientes cuando se trata de zonas delicadas.

Con más cuidado permite trabajar la espátula de ultrasonidos, una herramienta que ha dado buenos resultados, especialmente en los casos en los que había fragmentos de hueso finos incrustados en sedimento, entre otros, con algunos de los fragmentos de la escápula ATD6-116 (Figura 38) y la mandíbula ATD6-112 (López-Polín et al. 2011, capítulo 5). Su principal inconveniente es que no está diseñada para retirar capas gruesas o partículas excesivamente duras, con lo cual, las puntas se desgastan y el aparato se calienta con facilidad, por lo que hay que limitar su uso a capas finas o porciones pequeñas de sedimento.

²⁴ Usado al menos en alguno de los especímenes tratados en el MNCN de Madrid, según comunicación personal con las restauradoras (ver capítulo 3).

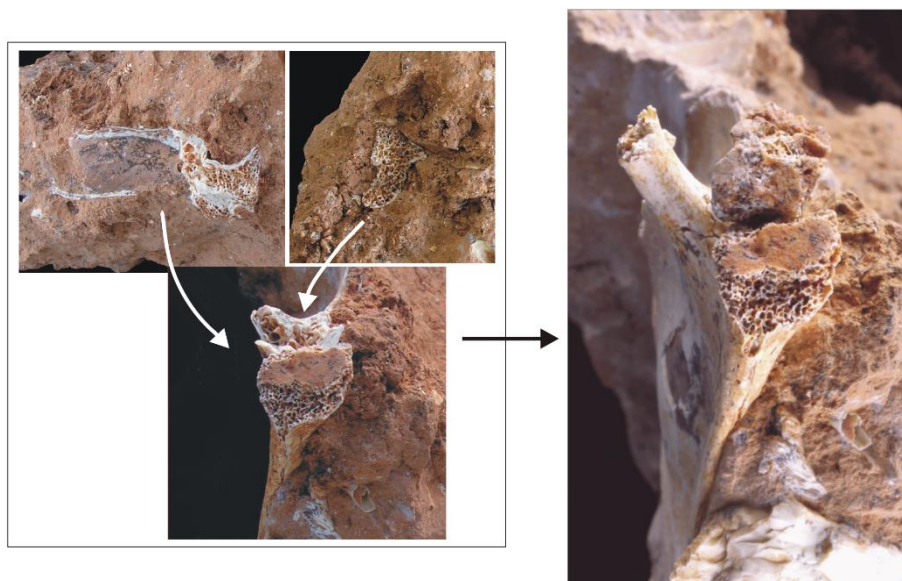


Figura 38. Escápula ATD6-116 antes y después de la restauración.

A la izquierda imagen de antes de la restauración. Arriba se ven dos fotografías con sendos fragmentos de fósil incluidos en el sedimento. Se extrajeron con bisturí y espátula de ultrasonidos. A la derecha, la recomposición que se logró con estos fragmentos adheridos.

Estas herramientas automáticas han dado buenos resultados y han sido un avance respecto a la primera etapa. Convendría, no obstante, desarrollar el trabajo con otras. Entre ellas, los equipos de proyección de abrasivos, una herramienta de limpieza también mecánica como las anteriores y, también de los equipos láser. Con ambos tipos de aparatos se han hecho algunas aproximaciones, que indican que el primero podría ser útil para desbastar bloques de sedimento, más que zonas próximas al hueso, mientras el segundo, sería más bien para trabajos de mayor precisión, y para retirar partículas o capas de partículas finas (ver apéndice I).

Del mismo modo, convendría desarrollar pruebas con productos químicos para ver el potencial de este tipo de limpiezas. En este conjunto, apenas se han usado. Tan sólo se ha empleado en uno de los fósiles ácido acético, en poca cantidad, aplicado de manera puntual con un hisopo de algodón y como complemento de la limpieza mecánica. A pesar de que es probable que la química no sea la limpieza recomendable en general (por sus efectos sobre los huesos, por su toxicidad, por lo difícil que es neutralizar los restos de productos), habría

6- Discusión

que ver si, en determinadas ocasiones, en recovecos y en zonas internas o delicadas, puede suponer una mejora frente a la limpieza mecánica.

Por lo que respecta a las reconstrucciones, también se han introducido algunas técnicas y materiales nuevos. Concretamente, las tiras de tejido y las masillas de relleno. Las tiras de tejido de fibra de vidrio adheridas con Paraloid B72 se han usado en ocasiones como sistema de sujeción definitivo, supliendo a otros elementos empleados con anterioridad, como un fragmento de palillos de madera (Figura 39). La fibra de vidrio, es algo más que una mejora estética: es un material más estable que la madera, que se degrada con menos facilidad y que, además, se adapta muy bien a superficies irregulares.

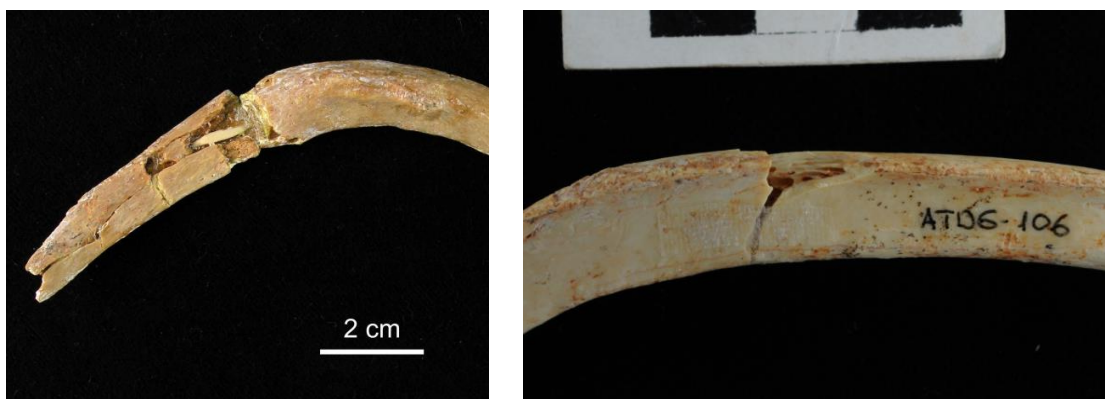


Figura 39. Sistemas de refuerzo.

A la izquierda, costilla ATD6-79 en la que se utilizó un fragmento de palillo de madera para reforzar una unión. A la derecha, ATD6-106, otra costilla restaurada recientemente y en la que el refuerzo se ha hecho mediante un tejido de fibra de vidrio adherido con Paraloid B-72.

Las reintegraciones con masilla de Paraloid B72 y carga mineral (escayola o carbonato cálcico) también se han introducido en esta segunda etapa, solas o combinadas con las tiras de tejido de fibra de vidrio. Esta combinación, de tiras y masilla de reintegración, ha facilitado la reconstrucción de uno de los fósiles más complejos en este aspecto, la escápula ATD6-118 (Figura 40). En este caso, las tiras sirvieron de refuerzo temporal: se pusieron para sujetar los fragmentos durante la reconstrucción y sirvieron para sujetar los fragmentos para poder aplicar la masilla; de otra manera, esos fragmentos tan finos, difícilmente se habrían podido mantener en la posición adecuada. Una vez endurecida la masilla, esta permitió que el fósil aguantara ya sin necesidad de los refuerzos de fibra de vidrio, que se eliminaron

simplemente, aplicando un poco de acetona y arrastrándolos con un pincel suave. Gracias a la masilla de relleno, la escápula pudo reconstruirse por completo (Figura 41).

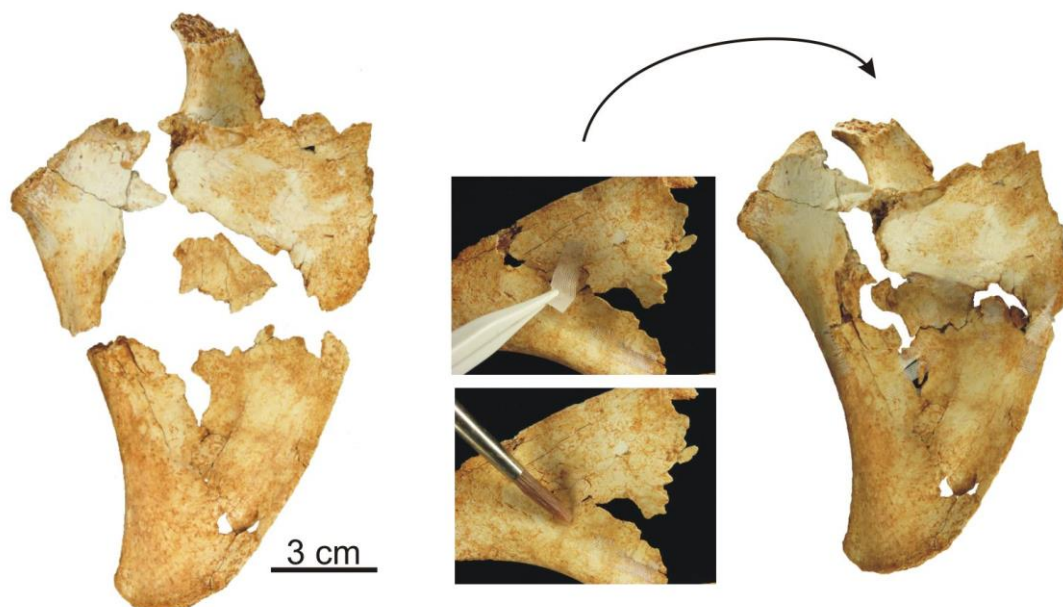


Figura 40. Escápula ATD6-118 durante la reconstrucción.

A la izquierda, la escápula reconstruida hasta el punto que se pudo sin añadir masilla de relleno. Antes de rellenar los huecos, se sujetaron los fragmentos con tejido de fibra de virio adherido con Paraloid B72 (imágenes centrales). Así se logró que la escápula estuviera en la posición adecuada para reintegrar los huecos (derecha).

En cuanto a las adhesiones, con algunas excepciones, se ha usado Paraloid B72 en lugar del pegamento a base de nitrato de celulosa empleado en la etapa anterior. El Paraloid es más plástico y más estable, mientras que el pegamento amarillea y se vuelve quebradizo con bastante facilidad. No obstante, en contadas ocasiones se ha usado pegamento a base de nitrato de celulosa (lmedio), concretamente en algún caso en que el Paraloid no daba buen resultado, ya que el pegamento es más eficaz; pega con mayor fuerza y rapidez.

El pegamento a base de nitrato de celulosa se empleó con los fósiles de la primera etapa, y las adhesiones permanecen. Llegado el caso, en principio se podrán retirar fácilmente aplicando acetona, puesto que el pegamento continúa siendo soluble. De hecho, este

6- Discusión

pegamento se usa aún hoy con otros restos óseos de estos yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril. Su ventaja principal es la eficacia y la rapidez. Entre otras cosas, esto facilita las adhesiones, mientras que, con Paraloid, hay que sujetar durante más tiempo los fósiles y es fácil que se muevan durante el periodo de curado. Esto lleva a algunos restauradores a emplear cintas adhesivas, que también pueden ocasionar pequeños desperfectos al ser retiradas y que, además, dejan restos de su propio adhesivo en la superficie.

Sin duda, la discusión sobre el uso de uno y otro producto merece más desarrollo. Convendría hacer pruebas sobre la capacidad adhesiva, el tiempo de curado, la resistencia y la degradación y reversibilidad de los dos productos contrapuestos, sopesando las ventajas y los inconvenientes de ambos productos en casos concretos. En cualquier caso, elegir un producto que se sabe más inestable que otro puede ser una opción si éste cumple otros requisitos. De hecho, con esto, y con casi todas las decisiones que se toman en restauración, no se debería ser taxativo, ya que productos y técnicas que pueden flaquear en algún aspecto, pueden ser mejores en otros.



Figura 41. Escápula ATD6-118 restaurada.

6.1.2. La documentación de los tratamientos de restauración

La restauración jugó un papel fundamental en la primera etapa de excavaciones (1994-1996): sin limpiar, consolidar o reconstruir, los fósiles no habrían podido ser estudiados. Del mismo modo, las réplicas, permitieron que los fósiles se multiplicaran, facilitando así su estudio y su difusión. Sin embargo, todas estas intervenciones apenas se documentaron: no hay un registro fotográfico sistemático del material antes y después de la restauración o el moldeo; tampoco hay informes accesibles, ni publicaciones al respecto.

Por lo que respecta a la documentación fotográfica, el uso generalizado de las cámaras digitales marca por sí solo una diferencia entre las dos etapas de tratamiento de los fósiles, la de la década de 1990 y la actual. Ahora es más fácil documentar exhaustivamente; antes era más difícil disponer de imágenes instantáneas (y asequibles). Aun así, esto no justifica que apenas haya registro de estas intervenciones y, esencialmente, no se debieron hacer porque no se debieron considerar necesarias.

Sin información gráfica que registre estado de los fósiles antes de las intervenciones, así como sin documentación sobre la justificación de los tratamientos, los problemas hallados durante el mismo, los procedimientos, etc., es imposible valorarlos. Tampoco puede saberse si, durante los tratamientos, se pudo registrar algo más de información, tal como se ha hecho en esta nueva etapa de intervenciones, por ejemplo, con la documentación del M3 de la mandíbula ATD6-96 (López-Polín et al. 2008b). Por lo tanto, la conclusión fundamental tras la revisión de la colección de fósiles preexistente, fue que las nuevas intervenciones debían documentarse bien, registrando tanto los fósiles antes y después de las mismas, así como algunos pasos intermedios; pero, además, esta información, debería dejarse accesible.

En esta segunda etapa de tratamientos, se han fotografiado todos los fósiles antes y después de la intervención y, muchos de ellos, también durante la misma. Hay fotografías generales y de detalle. Además, la información de los tratamientos se ha recopilado en la base de datos general de los yacimientos de la Trinchera, la misma en la que se registran los datos de campo y la identificación de todos los registros coordinados; también se ha recogido la información de manera más detallada en fichas individualizadas (apéndice IV).

Documentar es uno de los pasos que se consideran necesarios en cualquier tratamiento de restauración (Cagle, 2000; Muñoz Viñas, 2003; Appelbaum, 2007). No obstante, a veces no se documenta por desconocimiento y, otras veces, por falta de tiempo. Abordar el trabajo de restauración que se genera en yacimientos como los de la Trinchera del Ferrocarril, en los

que se recuperan un elevado número de restos, es complicado. La restauración es en general más lenta que la excavación, y una de las cosas que frecuentemente se limita para ahorrar tiempo es la documentación de los objetos y de los tratamientos, tanto la descripción escrita como las fotografías.

Parte del problema se ha solventado en los yacimientos de la Trinchera del Ferrocarril realizando una ficha muy elemental para recoger la información básica sobre los tratamientos de restauración; la ficha está preparada con campos estándar e, incluso, con el listado de herramientas y productos habituales que sólo hay que marcar para que se invierta así el menor tiempo posible en su elaboración. Esta información, se traslada a la base de datos general, la que contienen los demás datos de los objetos excavados (López-Polín et al. 2008a).

Si bien se registran todos los tratamientos, no todas las piezas intervenidas se fotografian. El criterio depende en gran parte de la singularidad del resto y de su estado de conservación y, sobre todo, de si con el tratamiento el cambio que experimentará el objeto será notable. De lo contrario, si apenas hay cambio apreciable entre el antes y el después de la intervención, con frecuencia no se fotografía. Del mismo modo que no se fotografían sistemáticamente todos los restos recuperados en la excavación, tampoco se hace en restauración porque, en la práctica ni es posible, ni tal vez sea imprescindible fotografiarlo todo (especialmente en restos que apenas varían de aspecto con la restauración, a veces menos que con un simple lavado con agua).

Aquí es donde la singularidad del material tratado influye en la decisión de documentar mejor las intervenciones. En este caso, los fósiles humanos se han documentado exhaustivamente: los restos humanos del Pleistoceno inferior son muy escasos en el registro mundial y, por lo tanto, estos fósiles son únicos.

Por ejemplo, las escápulas ATD6-116 y ATD6-118 son unos fósiles excepcionales: tan completas, apenas se preservan en el registro fósil humano. Como el resto de los fósiles, ambas se fotografiaron en detalle, pero la documentación del estado inicial cobra más importancia en el caso de la escápula ATD6-118 (de las dos, la que fue separada del bloque, Figura 40). En ella, el tratamiento provocó algunas fracturas y pérdidas, por lo que la documentación previa a la restauración es un testimonio único. Además, escápula llegó deformada, y con el tratamiento se recuperó, en la medida de lo posible, la forma anatómica original, por lo que las fotografías iniciales son un testimonio también único de esa posición original, que se perdió tras el tratamiento. En cambio, la otra escápula (ATD6-116, Figura 38),

apenas se ha tratado, ya que se ha dejado en el bloque de sedimento en el que se extrajo; es decir, la documentación inicial existe, pero no registra cambios tan significativos (ver las fichas correspondientes en el apéndice IV).

Actualmente se puede documentar de muchas maneras. La elemental e imprescindible es la más clásica, la fotografía. Con imágenes se puede registrar con precisión tanto el estado de los fósiles como los procesos de restauración, supliendo o complementando explicaciones escritas. Otras técnicas posibles son las tomografías o escaneados de superficie, con las que se obtienen imágenes 3D y, en el caso de las tomografías, además se registran las zonas internas. Estas técnicas de examen y registro se están aplicando a los fósiles de TD6 para estudiarlos (p.ej. Bermúdez de Castro et al., 2010). Sin embargo, apenas se han usado hasta ahora en los trabajos de restauración, exceptuando los TACs realizados a algunos de los fósiles. Sin duda las imágenes 3D son una herramienta útil, que permiten registrar detalles que se pierden en las fotografías hechas en un solo plano, así como tener una réplica del original; por lo tanto, convendría ir incrementando su uso sistemático e incorporarlas a las técnicas habituales de registro durante los tratamientos.

6.1.3. Los criterios de intervención

En la restauración de los fósiles de TD6 se han establecido los niveles de intervención en función de las necesidades de la investigación. Trasladado a la práctica, esto se ha traducido en realizar siempre antes de las intervenciones tanto la identificación anatómica del resto, como la localización de los rasgos anatómicos y tafonómicos más relevantes. A partir de estos datos y, en función del estado de conservación, se han determinado los grados de intervención de manera acordada con los investigadores.

En general, el grado de limpieza ha sido el necesario para ver con detalle toda su anatomía, así como los bordes de fractura y marcas de la superficie. Este nivel de limpieza ha sido mayor que el que se suele determinar para otros restos óseos de estos mismos yacimientos, en los que no se apura tanto la limpieza como norma general (con excepción de algún resto concreto en el que también por exigencia de la investigación, eventualmente haya que limpiar más).

También, se ha limitado al máximo el uso de consolidantes, para evitar así posibles interferencias con estudios posteriores, especialmente de la superficie a nivel microscópico. Cuando se ha usado, ha sido normalmente de manera puntual. Además, se ha optado por el

Paraloid B72 porque, además de su eficacia y buenas garantías de estabilidad, hay numerosas pruebas de su reversibilidad (p.ej. Fig. 3 del artículo López-Polín et al. 2012, en este capítulo).

Las reconstrucciones se han hecho con el objetivo de recuperar al máximo la forma anatómica original de los elementos. No se ha seguido la directriz general de no pegar fragmentos separados por una fractura previa a la excavación, regla que se sigue habitualmente con los restos óseos de estos mismos yacimientos (p.ej. parietal ATD6-100, ver figura 77 de la ficha correspondiente, apéndice IV).

En un fósil, en la escápula ATD6-118, además, se ha recuperado una forma más próxima a la anatómica, que a la morfología que presentaba el fósil en el yacimiento, en el cual estaba deformado (aunque, en parte, esta reconstrucción se hizo así porque recuperar su forma anatómica original era técnicamente más sencillo). En algún otro fósil, seguramente, algunos de los fragmentos desprendidos pueden haber visto modificada la posición respecto a la que debió tener en el yacimiento. En cualquier caso, en otros fósiles era técnicamente difícil rectificar las deformaciones originadas durante el enterramiento, lo cual provoca que algunos de los fósiles tengan ligeras desviaciones (p.ej. costilla ATD6-97).

En definitiva, sobre esta disyuntiva de recuperar o no la forma anatómica original de los fósiles (frente al mantenimiento de las deformaciones), en realidad muchas veces se decide en función de si es o no técnicamente posible uno u otro tipo de reconstrucción. En cualquier caso, de los fósiles tratados en esta segunda etapa, gracias a la documentación, se puede saber con facilidad en qué casos la restauración ha supuesto una modificación en uno u otro sentido o si se han pegado fragmentos de fracturación “antigua” (previa a la excavación). Con los fósiles tratados con anterioridad, es muy difícil saberlo, puesto que algunas fracturas previas a la excavación, en realidad, no implican que inevitablemente dos fragmentos se separen, ya que el sedimento hace de “pegamento natural”. Es decir, la fractura puede ser claramente antigua, pero eso no significa inequívocamente que entonces el los dos fragmentos estuvieran desconectados, lejos de suposición anatómica en el yacimiento.

Finalmente, una de las mandíbulas de esta colección, la ATD6-112 también por requerimiento explícito de los investigadores, se dejó sin adherir. En este caso, los fragmentos del cuerpo mandibular podían haberse unido sin problemas (Fig. 96 de la ficha de tratamiento, apéndice IV); era técnicamente sencillo y, además, todas las fracturas que los separaban eran recientes, se originaron durante la excavación. No obstante, mantener los fragmentos separados facilitaba el estudio de los dientes incluidos. De todas estas

decisiones, se ha dejado constancia en la documentación sobre el tratamiento individualizado de cada fósil (apéndice IV).

6.1.4. La praxis: la restauración como parte del proceso de investigación

La metodología y criterios generales de restauración, ya existían cuando se trataron los fósiles de la primera etapa, entonces ¿por qué no se siguieron sistemáticamente? En parte, seguramente, porque no se consideró relevante, pero también, probablemente, porque no había restauradores profesionales trabajando de manera continuada e integrada en el equipo de investigación. Algunos de los tratamientos de la década de 1990 los hicieron restauradores que colaboraron con el equipo de investigación; el resto, los propios investigadores. Los primeros, restauraron fósiles algo más complejos; de hecho, se encargaron de especímenes clave, como el maxilar ATD6-69. Los segundos, los habían excavado y extraído de ese sedimento y además conocían muy bien los fósiles, su anatomía, su relevancia, y resolvieron los problemas de acuerdo con las necesidades de la investigación.

En el trabajo desarrollado en esta tesis se funden los dos papeles: estos fósiles se han tratado con conocimientos de restauración, pero dentro del equipo de investigación. Además, se han tratado como un conjunto, es decir, desde los más sencillos, los que apenas requerían un lavado, hasta lo más complejos, como la mandíbula ATD6-112 o la escápula ATD6-118, ha merecido el mismo protocolo. Después, cada uno ha recibido el tratamiento acorde con sus problemas.

De manera análoga a la excavación, el trabajo de restauración que, en parte, consiste en “quitar tierra”, en realidad responde a una metodología de trabajo que impone algunos requisitos básicos, como la diagnosis previa a los tratamientos o el registro de las intervenciones y que se basa en el conocimiento de las técnicas de restauración pero también de los objetos tratados, en su dualidad material (anatomía, composición química, etc.) e inmaterial (significado, valor, etc.).

El objetivo final de las intervenciones no es obtener un fósil, sino facilitar que se respondan las preguntas más elementales: el taxón, la edad del individuo o los procesos tafonómicos que le ha afectado (¿por qué se encuentran esos fósiles allí?, ¿cómo llegaron?, etc.). A partir de estos datos básicos, se hacen otras preguntas que llevan a proponer filogenias,

patrones de comportamiento, el origen del yacimiento, etc. Pero la base de la cadena de la investigación es el registro material.

Para poder facilitar este trabajo de investigación mediante los tratamientos de restauración, es crucial, conocer la anatomía de los fósiles; reconocer elementos en la superficie de los huesos (p.ej. marcas de corte, mordeduras...); saber que unos investigadores pueden estudiar los bordes de fractura y, en cambio, otros, analizarán los fósiles bien reconstruidos, en los que esos bordes se minimicen, etc. Con el tiempo, el restaurador puede tener criterios suficientes para identificar muchos elementos, pero compartir el análisis inicial con los especialistas en el estudio de restos óseos (arqueólogos y paleontólogos), hace posible que se discutan algunos aspectos combinando las dos visiones, la del restaurador y la de los investigadores; esto permite determinar mejor los objetivos y mejora los criterios de intervención. Pero, además, en ese momento también cuando se puede trasladar al investigador que la restauración implica algo más que destreza manual, un valor necesario pero no único.

De esta integración del trabajo de restauración en la cadena de la investigación, se derivan resultados prácticos, como algunos de los que se han obtenido con estos fósiles: 1) se establecen criterios bien adaptados a las necesidades de la investigación; 2) se han podido estudiar los fósiles también en etapas intermedias del tratamiento (p.ej. estudio de la raíz del M3 de la mandíbula ATD6-96); 3) se han acordado grados de reconstrucción adaptados a los requerimientos (p.ej. mandíbula ATD6-112, que no se reconstruyó); 4) se han inventariado de manera uniforme los fósiles, corrigiendo los casos en los que se ha producido algún remontaje entre fragmentos de fractura reciente (p.ej. escápula ATD6-118); 4) se ha dejado la documentación, que además de los tratamientos registra los fósiles antes de las intervenciones, accesible; de hecho, se encuentra en la misma base de datos en la que se registran los datos de campo (además de en las publicaciones y en los apéndices de esta tesis).

Pero además de algunos resultados que hacen que la restauración se convierta en un elemento muy útil para la investigación arqueopaleontológica, del tratamiento de estos fósiles, así como de otros muchos de los yacimientos de la Trinchera, se deriva también la discusión sobre la singularidad de este registro óseo arqueopaleontológico por lo que a la metodología de restauración respecta que al menos se puede servir para empezar a desarrollar trabajos de investigación más concretos (p.ej. evaluación de los efectos de las técnicas de limpieza).

6.2. Criterios específicos para tratar restos óseos pleistocenos

Las preguntas de partida de esta tesis eran si existían una metodología y unos criterios específicos que puedan guiar las intervenciones de restauración de fósiles como estos humanos del nivel pleistoceno de TD6 de la Gran Dolina.

Para ello, primero hay que discernir qué diferencia estos fósiles de otros objetos arqueológicos o paleontológicos, es decir, qué es lo que hace que requieran una metodología y unos criterios específicos de actuación. Después, hay que determinar cuál el marco de aplicación, es decir, determinar a qué otros materiales se pueden extrapolar los criterios establecidos para el tratamiento de estos fósiles.

Para empezar, los fósiles humanos del nivel TD6 de la Gran Dolina son especímenes únicos, simplemente, porque los restos humanos de esta cronología son muy escasos. Esto, como se ha discutido en el apartado anterior, no ha condicionado tanto la metodología o los criterios de intervención, sino más bien la rigurosidad de los tratamientos y la exhaustividad de la documentación; seguramente, del mismo modo que cuando se procede al tratamiento de cualquier otro objeto excepcional.

Otra singularidad de este trabajo es que todos los fósiles tratados han sido especímenes recién excavados. Es decir, entre otros, presentaban los problemas característicos de este tipo de material (p.ej. presencia de sedimento) y, además, el objetivo principal de los tratamientos de restauración era hacer posible el primer análisis científico de los restos. Así, la restauración tenía que dirigirse a facilitar que los especímenes pudieran ser reconocidos, manipulados, analizados en detalle, medidos y fotografiados.

Por otro lado, el nexo de unión entre estos fósiles y otros restos faunísticos de esta época es que se estudian desde dos grandes perspectivas, la arqueológica y la paleontológica; cada una de ellas, con sus especialidades, objetivos, métodos e estudios, etc.

Así, los criterios y la metodología empleados con los fósiles humanos de TD6, pueden extrapolarse a otros materiales arqueopaleontológicos, especialmente a aquellos que proceden de excavaciones (que no se han tratado con anterioridad) y que requieren intervenciones directas, cuyo objetivo principal sea hacer posible su estudio, pero además, considerando ese doble punto de vista, el arqueológico y el paleontológico.

6- Discusión

Sobre metodología y criterios de intervención aplicables a restos óseos pleistocenos, humanos o no, pero que se estudian desde esa doble perspectiva son los dos artículos que componen este apartado de la discusión. El primero, trata sobre las posibles interferencias negativas de determinadas técnicas de restauración en estudios posteriores. Es un artículo en el que se revisa bibliografía sobre interferencias de consolidantes y efectos de algunas limpiezas en material óseo, tanto para análisis de determinados componentes (isótopos, ADN) como para estudios de la superficie de los huesos. El objetivo de este artículo es dar a conocer que pueden darse algunas interferencias y, sobretodo, intentar discernir cuáles son. El segundo artículo trata sobre criterios de intervención para tratamientos que, como los de los fósiles humanos de TD6, implican que se produce contacto físico con los fósiles y que, además, persiguen modificar su aspecto o sus propiedades físicas iniciales, con el fin de hacer posible su estudio. En este segundo artículo se describen y discuten algunos requerimientos específicos que hay que tener en cuenta a la hora de tratar restos fósiles que se estudian desde una doble perspectiva, la arqueológica y la paleontológica.

6.2.1. Posibles interferencias de los tratamientos de restauración

[Publicación 4] **Possible interferences of some conservation treatments with subsequent studies on fossil bones: A conservator's overview.**

López-Polín, L. (2012), *Quaternary International*, 275, 120-127

[doi:10.1016/j.quaint.2011.07.039](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.039)

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague



Contents lists available at ScienceDirect

Quaternary International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/quaint



Possible interferences of some conservation treatments with subsequent studies on fossil bones: A conservator's overview

Lucía López-Polín^{a,b,*}

^a Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES), C/ Escorxador s/n, 43003 Tarragona, Spain

^b Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Av. Catalunya 35, 43002 Tarragona, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Available online 9 August 2011

ABSTRACT

Most fossil bones involved in archaeological or paleontological studies may undergo conservation or preparation treatments prior to the researchers' analyses. In fact, these treatments are often the only way to recover and save these materials, and consequently to allow research work to be successfully completed. Nevertheless, some conservation methods and/or materials may negatively interfere with subsequent studies. This paper reviews experimental works specifically directed towards assessing the possible effects of two common conservation techniques: cleaning and consolidation. These studies deal with the effects of these techniques on bone surface topography as well as on the analysis of some components of the bone tissues (such as isotopes and DNA). They show that some negative effects can in many cases be overcome. Further research is needed to provide conservators with helpful information with which to plan their interventions and maximize the usefulness of subsequently collected information.

© 2011 Elsevier Ltd and INQUA. All rights reserved.

1. Introduction

Many of the fossil bones analyzed by scientists have been previously treated by preparators or conservators. In fact, some studies are made possible precisely because the remains have been treated (as shown in Fig. 1).

Conservation aims to facilitate the appreciation, understanding and use of materials; to stop damaging processes and reinforce objects; and to avoid and minimize future deterioration or loss (ICOM-CC, 2008). Conservation is a discipline with its own methods and theoretical principles. The modern criteria of conservation appear in various documents drafted by several institutions (ICOM, 1984; ECCO, 2002). The general methods applied in the field are also treated in general works on conservation methodology (Caple, 2000; Appelbaum, 2007). In general, conservation methodology involves the examination of the objects and their alterations before the initiation of any further intervention. The treatments employed must not damage the integrity of the material and must be performed with products that are compatible with the material being treated; added materials must be easily reversible, and must not interfere with future analyses. The initial and final condition of the objects, the treatment, and any other relevant information must be documented.

For a specific methodological approach to the treatment of ancient bone remains, information is provided in some general archaeological conservation works (such as Cronyn, 1990), and in more detail in paleontological conservation or preparation works (such as Rixon, 1976; Leiggi and May, 1994; Collins, 1995); and it must be noted that "preparation" and "conservation" have been used in slightly different ways which seems to depend on the simultaneous existence of distinct traditions: paleontological preparators and archaeological conservators. The division should not imply a methodological difference, although an in-depth discussion of this issue is beyond the scope of this paper. From now on, the term "preparation" is used to describe the entire treatment that allows a fossil to be properly viewed and handled (which includes three main actions: cleaning, consolidation and restoration). In any case, preparation is part of the conservation process.

Conservation allows many archaeological or paleontological remains to be recovered which otherwise could not be manipulated because they are too fragile, covered with sediment or broken into pieces. Conservation treatments can also help to preserve unstable remains, such as those sensitive to environmental changes. Nonetheless, some techniques or materials used may interfere with subsequent studies. Numerous publications have warned about the possible negative effects of conservation treatments on the future study of skeletal remains (Hedges, 1987; Johnson, 1994, 2001; Panagiaris, 2001). Most of them suggest that it is best to treat fossils as little as possible and to leave some untreated samples.

* IPHES, Conservation, Escorxador, s/n, Tarragona, Spain.
E-mail address: lucia.lopezpolin@iphes.cat.



Fig. 1. Large mammal vertebra before (a & b) and after (c) performing conservation treatment. Image b is the magnification of the box in a, showing the friability of the bone. Preparation consisted of cleaning by brushing with a water-alcohol mixture and consolidating with *Paraloid B72* in acetone. The fossil is from the Lower Pleistocene site of La Boella (Tarragona, Spain). The scale bar is equal to 3 cm.

This article provides information on some of the negative effects of some conservation treatments performed on bone remains. To do this, it reviews several published experimental assays specifically designed to evaluate the interference of cleaning techniques and consolidation products. The aim is to provide conservators with data that will help them to evaluate the potential negative effects of their actions and the specific techniques or products they should use sparingly or avoid using altogether.

2. An introduction to conservation techniques

2.1. Cleaning techniques

Cleaning consists of removing the enclosing matrix or any matter that prevents the fossils from being clearly viewed or that entails a risk to maintaining their integrity (for example, roots, water-sensitive sediments exposed to volumetric changes, etc.). Cleaning can be achieved with different tools or devices that come into contact with the matter requiring removal; this is called “mechanical cleaning” (Wilks, 1992). It can be also carried out by means of a chemical reaction (e.g. using acid) and this is referred to as “chemical cleaning”. Apart from these two categories, cleaning can also be performed using water or organic solvents or by means of ultrasonic waves and lasers.

Mechanical cleaning of vertebrate fossils can be performed with different devices, from brushes and small metallic tools (scalpels, needles, etc.) to stronger tools, whether manual (like chisels) or automatic (ultrasonic scalers, pneumatic air scribes, grinding rotary tools, sandblasting). Mechanical cleaning is a widespread practice (Rixon, 1976; May et al., 1994; Wilson, 1995). It is useful when liquids cannot be safely introduced onto the specimens, and has the advantage of being non-toxic and residue-free. One drawback to mechanical methods is that blows or vibrations can cause

fragments to be detached or even give rise to serious fractures on the specimens.

Chemical cleaning of fossil bones is basically performed to remove calcareous matrices by immersion in acidic aqueous solutions (Rixon, 1976; Rutzky et al., 1994; Lindsay, 1995). Acetic and formic acid are most often chosen because they inflict little damage to the bones. This cleaning method may be the safest in some cases as it does not imply striking or introducing vibrations into the fossil matrices. It also has the advantage of being able to remove the intrusive matrix from even the narrowest gaps, where mechanical tools cannot always reach. However, acids can also damage the calcium phosphate and the less present calcium carbonate in the fossils. In fact, protecting the bones from excessive exposure to acid is always recommended by first coating them with consolidating products. Furthermore, after the acid treatment, an in-depth washing/rinsing process is required to ensure the removal of all traces of acid or salts produced during the treatment by means of a chemical reaction.

Water is used to clean bones that are resistant to disintegration by soaking and/or that will not crack during drying. Clays and other matrices are normally removable with water, which has the advantage of being readily available, low cost and non-toxic. Tap water can contain different soluble salts and other contaminants, so deionised or distilled water should be used. Water can be used with or without detergents, but if a detergent is used it must be free of bleaching agents (Wilson, 1995).

Solvents (acetone, alcohol, etc.) are used for various different purposes, including removing consolidants or other organic substances like grease from the objects (e.g. resulting from handling). Some of them, such as ethanol, are sometimes used instead of water to soften some matter, such as clay or sand. Solvents may also be used in addition to water to obtain a more volatile mixture than pure water.

Other common cleaning techniques do not fit entirely into these categories. Ultrasonic baths combine the effect of ultrasound waves with a liquid, mainly water (optionally with detergent), and have been widely used for cleaning for many years (Pojeta and Balanc, 1989). Another commonly used device is the ultrasonic scaler, which is also used for more precise cleaning (Fedak, 2000). A more modern cleaning tool, the laser, cleans by ablation, which is a combination of evaporation and sublimation of the components by means of photothermal and photochemical processes (Cooper, 1998). But, to the author's knowledge, lasers have not been used for many preparation purposes except for a few tests that removed thin layers of sediment using this method (Landucci et al., 2000, 2003; López-Polín et al., 2008b).

The cleaning of a specimen often requires the combination of two or more techniques. This combination may be sequential (e.g. first chisel, then acid) but it should be noted that different techniques can also be combined at the same time, especially when using small tools. For example, wet brushing combines the effect of water with the action of the brush; applying solvents with cotton swabs adds the mechanical action of the cotton to the effect of the solvent, etc.

2.2. Consolidant products

Consolidation refers to a set of actions that aim to strengthen friable and fragile materials. Consolidants for bone remains used to be based on natural products (such as animal glues), but since the second half of the 20th century they have mainly consisted of vinyl and acrylic resins (Johnson, 1994, 2001; Howie, 1995; Shelton and Johnson, 1995; Elder et al., 1997). Consolidants are introduced into materials by means of a liquid medium (water or an organic solvent such as acetone). When the liquid evaporates, the products harden in the interior of the materials and strengthen them. They act as a filler of tiny cracks and, moreover, as a glue, adhering the smaller pieces of a friable material to one another.

Two groups of products have become the most popular for preserving bones: vinyl and acrylic polymers. Both groups are made up of carbon-based polymers, based on combinations of C, O and H. Vinyl-based consolidants include polyvinyl acetate (PVAc), polyvinyl acetal (PVA), polyvinyl alcohol (PVAL) and polyvinyl butyral (PVB). Acrylic resins are formed by acrylate (PMA) and methacrylate polymers (PMMA) (Horie, 1987). With little knowledge of polymer science, it is easier to recognize such products by their commercial names. *Paraloid B72* and *Primal* are acrylic consolidants, the former is supplied in pellets and applied with solvents (acetone, among others) while the second comes in an aqueous dispersion. Meanwhile, products such as *Vinamul*, *Vinilite* and *Mowilith* are vinyl-based consolidants.

To choose a consolidant, conservators generally consider the following factors: stability, reversibility, compatibility with the materials and effectiveness. The long-term vision of the conservation process involves assessing the stability of the products. Stability can be judged by means of accelerated aging tests that are commonly provided by scientists involved in conservation tasks (see, for example, Feller, 1978; Ciabach, 1983; Howells et al., 1984; Lazzari and Chiantore, 2000; Bracci and Melo, 2003; Cocca et al., 2004). From these sources, good stability is predicted for both acrylic and vinyl consolidants. Another way to assess their stability is by studying their behaviour on collections of fossils that were treated with them. Because these products went into general use for conservation around the second half of the 20th century, the state of the materials today allows us to evaluate the behaviour of these products after having remained on the materials for up to fifty years.

In addition to stability, another requirement in choosing a consolidant is its reversibility, in other words, the degree of possibility

of removing it in the future. Aqueous products, both acrylic and vinyl, are less reversible than others that are recommended for their easy removability like acrylic *Paraloid B72* (Shelton and Chaney, 1993). However, in practise there are three basic factors that may go against the theoretical reversibility of any consolidant: firstly, the possible changes in solubility due to aging; secondly, the virtual impossibility of completely removing it from the interior of a porous material; and, thirdly, the risk involved in removing it from deteriorated material (since removing the product that hardens and adheres the material means removing part of the material itself).

Apart from stability and reversibility, conservators also have to consider the compatibility of the consolidant with the material and its effectiveness. Both should be deduced from knowledge of their composition and properties but, especially from experience based on treating similar materials. Archaeological and paleontological materials are not standardized, and a large variety of factors produce slight differences in their composition, structure, porosity, degree of moisture, etc., each of which requires different solutions in terms of solvents and consolidants. When the conservator lacks such experience, effectiveness must be tested on a sample of the material to be treated.

Finally, the mode of application is relevant when choosing a product: whether a product is applied with solvent or with water can be crucial. For instance, some materials cannot tolerate water and need a more volatile solvent. The specific solvent influences the dispersion of the product: different solvents cause different surface distributions or degrees of penetration of the products. Last but not least, using solvents instead of water increases the toxicity of the process, which is very important for conservators, who might be exposed to harmful products on a daily basis.

3. Review of experimental works on the interference with subsequent studies of cleaning and consolidation treatments

Some experimental works have focused specifically on determining the negative effects of some cleaning techniques and consolidation products on subsequent analyses of fossils. They focus on the effects on the surface analysis at the microscopic level, on subsequent studies of different bones, components or biomolecules such as DNA, stable isotopes and ^{14}C .

Bromage (1984) evaluates different cleaning methods to determine whether or not they can affect the surface topography of the bones treated and consequently the interpretation of the biological status of the forming bone. He conducted several cleaning experiments using abrasive techniques (particle projection, emory paper, brushing and water projection) and concluded that all of them modify, to a greater or lesser degree, the microscopic surface topography of the bones. His study also assesses the effects of acetic acid on the surface topography of forming bone, showing that acid slightly affects the surface by dissolving bioapatite. However, in the same article, he concludes that acid treatment can be safe, and bases this statement on the comparison between fossil specimens that are reported to have been treated with acetic acid and fossils prepared mechanically.

Regarding surface topography, in a more recent work Fernández Jalvo and Marín Monfort (2008) assessed the effects of three liquids commonly used for cleaning – water, alcohol and acetone – either used alone or combined. They chose two types of application: brush and cotton swabs. Their results show that, in general, cleaning with brushes can cover some microscopic traits with the surrounding sediment. Brush bristles can also scratch bone surfaces (especially when using alcohol and acetone). On the other hand, they claim that cotton swabs allow for greater precision (although they may be slightly abrasive too). Furthermore, because they state that acetone

and alcohols are themselves abrasives, they recommend avoiding the use of these solvents for cleaning or consolidating.

Fernández Jalvo and Marín Monfort (2008) also analyzed three acrylic and vinyl aqueous emulsions (*Primal* AC61, *Mowilith* DM C2 and *Acrilit*) and one acrylic resin (*Paraloid* B72) dissolved in acetone. They concluded that all of these prevent the observation of surface traits with either an optical or an electronic microscope.

Matienzo and Snow (1986), although experimenting with ivory (and not bone or other kinds of teeth), immersed their samples in different solvents and concluded that acetone, alcohol and toluene alone do not modify the surface of the samples. In the same work they tested the effects of hydrochloric acid and found that the simple application of this acid (diluted 1:100), even when washed with distilled water immediately following application, caused drastic changes in the ivory's surface due to the dissolution of calcite.

Several experiments were conducted to test cleaning techniques with a laser, specifically to determine whether or not bone surfaces are damaged as a result of the treatment. Laser cleaning was compared to scalpel cleaning, and it was found that both can cause surface damage. The laser can burn or detach the surface of the bone and the scalpel can scratch or cut it, depending on the way the instruments are used, the state of preservation of the bone and on the nature of the sediment and the degree to which it is adhered to the bone (López-Polín et al., 2008b).

Cleaning products and consolidants may also complicate DNA analyses. Eklund and Thomas (2010) have published an experimental work concerning the effects of various cleaning and consolidation products (including acids and different solvents) on DNA content. They used standardized samples (PCR products), applying conservation treatments to short sequences of DNA *in vitro*, and concluded that water, xylene and acetone (among others) are safe. Conversely, they classify as unsafe treatments carried out with acetic acid or oxalic acid and other cleaning products such as enzymatic detergents. In addition to cleaning products, they also assessed the extent of damage caused by consolidants. They tested *Primal* WS24 (and *Acrysol* WS24, acrylic dispersion); *Mowital* B30H (PVB resin), *Brian Clegg Washable P.V.A. Adhesive* (PVAc in water), *Elmer's Glue-All* (PVAc/PVAL water emulsion), and gum arabic. All of the consolidants were prepared in water except for *Mowital*, which was prepared in acetone. They concluded that all of these products can cause damage to DNA (from the slight effect resulting from the use of some of them to the most damage caused by the gum arabic). However, none of them prevented data from being obtained.

Several authors, such as Moore et al. (1989), who analyzed $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ from bones treated with *Alvar* (PVA consolidant), have suggested that stable isotopes are not impeded by consolidants if they are successfully removed during the preparation of the sample. Some results have also shown that animal glue does not significantly affect the analysis of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ content (Takahashi and Nelson, 2002). Furthermore, in Stephan's (2000) assay on the influence of different consolidants on the analysis of $\delta^{18}\text{O}$, he tested two PVAc based consolidants (*Mowilith* 50[®] and *Ponal*[®]), one cellulose nitrate (*Zaponlack*) and the natural product shellac and concluded that none of them influence the oxygen analysis.

The results regarding the effects of treatment on ^{14}C analysis for dating are mixed. One experiment performed with bones treated with hide glue (glue made of animal collagen) found that ^{14}C measurements were influenced by the treatment (Takahashi and Nelson, 2002). In another study, the modern synthetic material *Vinamul* 6815 (a PVAc consolidant) is reported to have had some effect, but to have been successfully removed by filtration during sample preparation. The authors state that despite finding flaws in the samples treated, they may not have been due exclusively to the presence of the consolidant (Law et al., 1991).

3.1. Discussion and future prospects for cleaning and consolidation research

Several experimental works focusing on discovering how cleaning and consolidation techniques can possibly interfere with subsequent studies on fossils were reviewed. Some of these works in fact deal with both cleaning techniques and consolidation products at the same time (Fernández Jalvo and Marín Monfort, 2008; Eklund and Thomas, 2010). Study has included articles based on the study of the topography of the surface of the bone (Bromage, 1984; Matienzo and Snow, 1986; Fernández Jalvo and Marín Monfort, 2008) and others based on the study of components of scientific interest extracted from bones, specifically DNA (Eklund and Thomas, 2010), stable isotopes (Moore et al., 1989; Stephan's, 2000; Takahashi and Nelson, 2002) and ^{14}C (Law et al., 1991; Takahashi and Nelson, 2002). The results show that some conservation techniques and products may interfere with subsequent scientific analyses performed on fossils. Mechanical cleaning can influence the surface of the bone at the microscopic level, as can acid cleaning through the dissolution of calcite, which modifies both the surface appearance and the original composition of the bones. Consolidants can also impede the accurate examination of the surface. Both cleaning and consolidating can hamper DNA, stable isotope and ^{14}C analyses. It is important to point out that studies based on the destructive processing of the sample, such processes for stable isotopes or ^{14}C , seem to overcome some of these difficulties because consolidant products can often be successfully removed during sample preparation.

From the studies reviewed, it seems that virtually any contact can modify the surface of the bone, disqualifying some of them for microscopic studies to determine the biological status of the bone (to analyze degree of growth or disease) or to study elements of taphonomic interest. Apparently mild actions such as brushing can cause surface wear, as some studies have suggested (Bromage, 1984). Common instruments such as scalpels and less common devices such as lasers can also scratch or detach the bone surface (López-Polín, et al. 2008b). Furthermore, cleaning can also remove material (such as sediment) that may be redeposited in points of taphonomic interest, covering them and preventing their analysis at the microscopic level (Fernández Jalvo and Marín Monfort, 2008). Another potential danger of mechanical cleaning for bone surface topography is that it may generate new marks that could lead to misinterpretation. For example, one study of Neanderthal bones suggested that some of the surface traits found were cut-marks (Russell and LeMort, 1986). In a later work these surface modifications were described as marks produced by the measurement tools used by the paleoanthropologists and by the bone preparation techniques employed (White and Toth, 1989). Although such mistakes may be the exception, they can give rise to doubt in researchers faced with the task of identifying surface marks. Therefore, more work such as that reviewed above assessing the possible damage to surfaces caused by cleaning techniques and developing criteria by which the possible marks left by conservators can be distinguished would be helpful to professionals in the field.

The negative effect of consolidants on surface examinations is an intuitive issue, as these products form a film that covers the bone's surface, filling in the irregularities and creating an artificial surface. Although this is an effect that most researchers are certainly familiar with, the problem has been little illustrated (such as in Fernández Jalvo and Marín Monfort, 2008). Although most consolidants are almost completely or completely reversible (as shown in Fig. 3), further research on the most effective way to remove them in the least damaging way to the surface of bones would be enriching. To do this, both the solvent and the method for

removing the consolidant, which may involve some mechanical action, should be tested individually, as some researchers warn about the negative effects of solvents on surface topography. Specifically, one of the experimental works reviewed claims that both acetone and ethanol inflict damage on the bone surface, producing micro-scratches and the loss of micro-traits on the fossil bone surface (Fernández Jalvo and Marín Monfort, 2008). On the other hand, another study reviewed states that acetone, alcohol and toluene alone do not modify the surface of the samples (Matienzo and Snow, 1986). These differences in results may have been caused by the different kinds of samples (bones in the former case versus ivory or teeth in the latter), but they may also be due to how the solvents were applied: while in the former the solvents were applied by means of a brush or cotton swabs, in the second experiment the samples were reported to be soaked in the solvents (i.e. immersion). An ongoing experiment might support the second argument, that is to say that solvents alone do not clearly negatively affect bones (Fig. 2). To enrich this discussion, further research should be developed to assess the effects of solvents individually and compare different methods of application (immersion, cotton swab, brush, etc). To ensure that the solvent and not the tool (whether a brush, cotton ball, or any other media) causes the abrasion, the solvent should be tested alone.

Most specialists claim that DNA analyses are especially sensitive to many actions, including conservation treatments. Many studies state that the amount of DNA recovered from freshly excavated

bones far exceeds that retrieved from samples of previously excavated remains. DNA specialists recommend recovering bones for DNA analysis following a strict protocol that includes handling with gloves and not washing or freezing the samples (see Pruvost et al., 2007; Fortea et al., 2008, among others). Specifically, consolidants are commonly considered a source of contamination. Traditional consolidants such as animal glues may cause confusion because they are based on animal collagen and they therefore contain foreign DNA. This may be misunderstood, especially if there is no treatment documentation (Nicholson et al., 2002). As for modern consolidants, they also seem to influence the success of DNA analyses. Amongst others, Tuross and Fogel (1994) reported obtaining less DNA from samples treated with Vinac B-25 (polyvinyl acetate consolidant) than from untreated fossils.

On the other hand, the reviewed work of Eklund and Thomas (2010) is not so pessimistic about the influence of some cleaning and consolidating products. These authors work *in vitro*, which might largely explain their positive results. Despite this limitation, their study provides results on the individual effects of many chemicals and consolidation products commonly used for conservation, which makes it quite innovative research. Moreover, it seems that the presence of consolidants and the absence of special conservation measures does not prevent the retrieval of analyzable DNA from many fossils, including the Neanderthal 1 specimen, which was covered in an organic coating (Kriings et al., 1997).

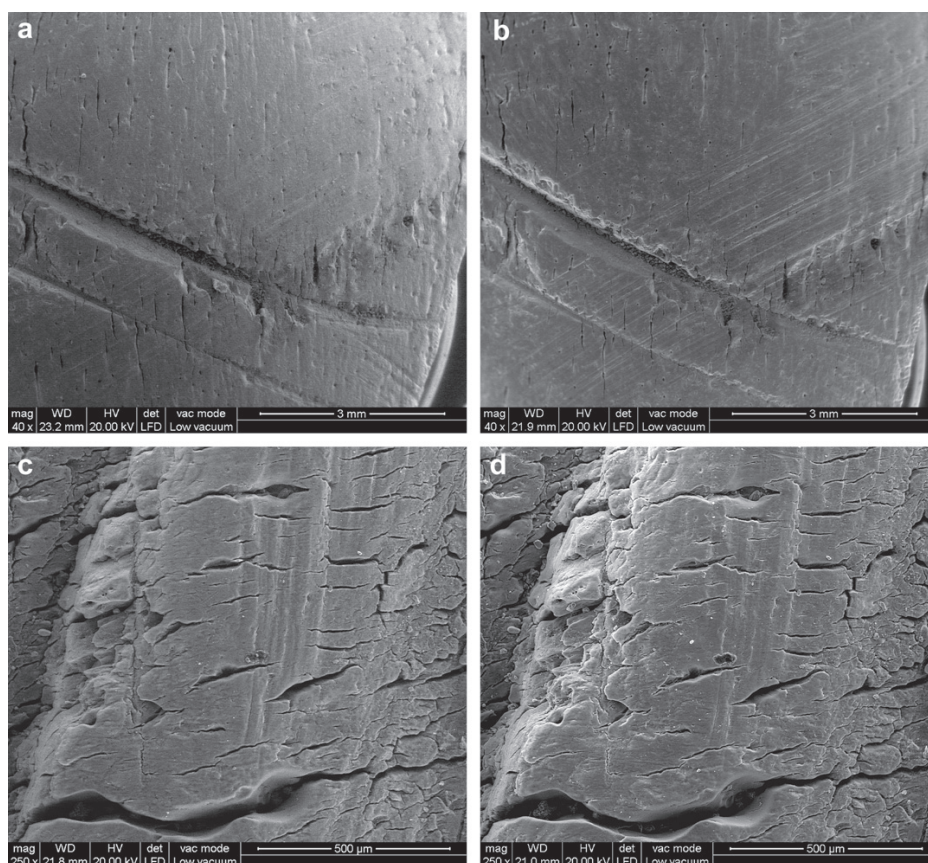


Fig. 2. ESEM images to assess the effects of acetone on microscopic traits on the surface of a bone. Two points on the same bone are shown (*a-b* and *c-d*), at different magnifications. Apart from the differences derived from the sample orientation and image contrast, no relevant changes seem to appear in the topography of the bone surface after immersion for 1 h in acetone (images *b* and *d*). The bone is from the Middle Pleistocene level of TD10 at Gran Dolina (Atapuerca, Spain).

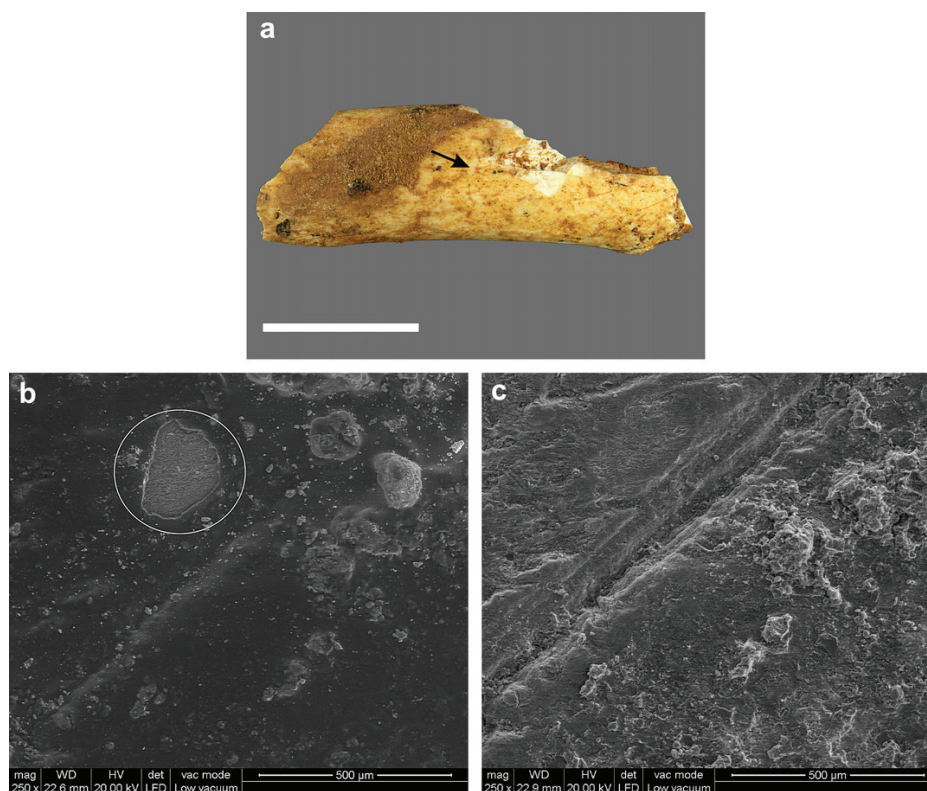


Fig. 3. (a) Fossil consolidated in the field with *Paraloid B72*. This consolidant had to be subsequently removed to allow microscopic analysis. The ESEM images magnify the area indicated in the previous image, showing the differences before (b) and after removing the consolidant (c). The circle in image b indicates an area free of consolidant. The product was removed by immersion in acetone in an ultrasonic bath, which brought to light microscopic traits (a cutmark with microstriations and hertzian cones). The fossil is from the Lower Pleistocene level of TD6 at Gran Dolina (Atapuerca, Spain). The scale bar in image a is equal to 2 cm.

Although following the strict protocol for proper sampling is the best guarantee for allowing DNA analysis, in practice such a protocol is not easy to follow in many excavations and institutions, and in fact it is usually only followed when an ongoing DNA study so requires. Otherwise, the best advice for future DNA analyses is to leave the samples untreated (which does not guarantee the success of future DNA analyses as many other factors may negatively influence its retrieval as well). In any case, when fossils are assumed or even known to be consolidated, researchers should try to first remove the consolidant and/or take samples from areas in which the consolidants are not supposed to have reached, especially avoiding the external layer of the fossil. Further research providing information such as that derived from experimental works (such as Eklund & Thomas) to assess the specific extent of conservation treatments would help conservators to choose the least damaging technique.

Stable isotope analyses may not be affected by consolidants, at least if they are removed. In some cases when the consolidant distorts the results the authors conclude that the consolidant must not have been completely removed. Apart from that, it seems that the analysis of elements which are not present in consolidants is not likely to be influenced by the consolidant. This is supported by the experimental studies discussed in this review (Moore et al., 1989; Stephan, 2000; Takahashi and Nelson, 2002) and by other studies of stable isotopes carried out on previously treated collections. For example, Tuross and Fogel (1994) refer to the effects of two polyvinyl acetate consolidants, *Rhoplex* and an unknown PVAC consolidant. They demonstrated that the values of N were generally

not modified. This is not unexpected, as most consolidants actually do not contain N, which might contaminate the sample. However, most of them contain C. In fact, in the same study it is reported that the C value was affected by *Rhoplex*, but not by the PVAC consolidant. They explain this difference by the fact that they could not remove the *Rhoplex* from the bone sample, while they succeeded in removing the other product.

Dating methods based on ^{14}C content seem to be negatively influenced by the presence of consolidants. Researchers often ask that samples used for dating be left untreated (see, for example, Hedges, 1987; Gianfrate et al., 2007). Even so, there is at least one article reporting that one PVAC consolidant (*Vinamul 6815*) does not seem to contaminate samples, since it is removed by filtration during sample preparation (Law et al., 1991). As for the stable isotopes, it seems that the problem is overcome if the consolidant is removed.

In conclusion, some conservation treatments can negatively influence the success or viability of some subsequent studies. However, some of the problems may be overcome by working with a strict method that considers the precise requirements of those further studies. It is important not only to record the treatments conducted on a sample, but also to ensure that this information is passed on to the researchers studying that sample. In fact, some of the studies mentioned were aimed precisely at detecting whether or not the bones were previously consolidated (Nicholson et al., 2002), while others refer to the difficulty of working with collections which may have been treated with consolidants but do not have detailed documentation (Tuross and Fogel, 1994). The

documentation should always specify the consolidant product used, including its trade name and composition and the method of application. This means that the liquid, solvent or water, should also be recorded in detail (including purity in the case of the organic solvents or whether the water used was distilled or deionized). It is also useful to record the application method employed (i.e. surface application by brush, etc., immersion or vacuum impregnation). Cleaning methods should be recorded with the same detail as those suggested for consolidants. In both cases it should be specified whether these actions have affected the whole piece (e.g. consolidation by immersion) or if, on the contrary, they have been limited to certain parts of the bone. On the same specimen, while one side may have been thoroughly cleaned with a scalpel, the other may be untouched.

Moreover, to overcome some of the abovementioned problems of interference with the surface examination, it is helpful for conservators to work with the researchers who will subsequently study the fossils being treated. For example, as has already been proposed (López-Polín et al., 2008a), an examination of the surface prior to the conservation treatment (whenever possible) allows areas susceptible to microscopic studies to be defined. Once detected, these areas must be treated with care by the conservator, who will attempt to minimize contact with them to avoid eliminating, eroding or filling in traits of scientific interest.

In any case, reducing interventions to a minimum and leaving some samples untreated are also good general practices.

This review has focused on the negative effects of some conservation treatments. Nevertheless, the benefits of such treatments are undeniable. Cleaning can make all kinds of scientific research possible, from macroscopic studies (e.g. anatomical) to microscopic examinations that without intervention would not be viable. Consolidation strengthens and preserves materials that would otherwise be lost. In short, the aim is not to create a false image of conservators as dangerous "post-postdepositional agents". If they are, they are not the only ones. The excavation process is the first modifying agent after recovery since it involves using tools to perform an initial cleaning of remains, and often washing, labelling and even gluing remains. Then there are further studies that may involve handling, moulding, using glues or other products to affix the remains onto various supports (e.g. stubs for microscope observation), etc. Finally, some studies involve sampling (isotopes, DNA, etc.), which inevitably means the destruction of part of the remains.

Therefore, assuming that most conservation treatments inevitably involve physical contact with the fossils and even chemical reactions (e.g. when cleaning with acid), and may also involve the addition of some products (such as consolidants), further research to assess the possible damage caused by such treatments should be developed. These studies should include experimental works to assess the effects of the treatments. Specifically for consolidants, further research is also needed to assess the reversibility of the treatments. Moreover, as results of conservation treatments depend on many factors that are difficult to measure, such as the initial state of the objects to be treated and the manual dexterity and technical skill of the conservator, experiments should consider these variables as well. Experimental data should be contrasted with collections of materials already treated in order to assess the real extent of the possible interferences in different collections and different working contexts. To be really helpful in improving conservation methods, these studies should not conclude with categorical recommendations for or against a conservation technique or product, because this provides neither an alternative nor criteria to help the conservator in making a choice. Showing the advantages and disadvantages of each product or technique, or establishing some degrees of possible damages (such as in Eklund and Thomas, 2010) would be more helpful.

4. Conclusions

This article has focused on presenting and discussing the possible negative effects that two conservation techniques, cleaning and consolidation, may have on the subsequent studies of fossil bones. From the reviewed literature, almost any intervention can have a negative influence, to one degree or another, on certain types of subsequent studies (analysis of the surface topography, DNA, ^{14}C and stable isotopes). However, some interference can be overcome by simply following a strict conservation method.

Assuming that conservation involves physical contact with or chemical actions on materials, it is impossible to not leave any trace of treatment. But, the aim of the conservator should be to leave the least possible negative traces. In this regard, further research is needed about the effects of treatments, research which combines experimental work and the examination of materials treated by conservators. Conservation techniques and products should be assessed in a real context, where often conservators have to choose between two or more procedures in order to recover or safeguard some information contained on the fossils, even though they know that none of the procedures are completely innocuous and may negatively influence future studies.

Judging only the negative effects of conservation treatments might lead to the view of conservators as mere destructive agents, which is far from the aim of this paper. But, assessing the adverse effects of the treatments is a good starting point to give criteria to conservators. In this sense, further research will be needed to help conservators to choose the least damaging technique or product for each specific case, and consequently to maximize the archaeological or paleontological information recovered.

Acknowledgements

We thank the organizers for inviting us to the Workshop on Site Formation and Postdepositional Processes in Archaeology. Special thanks to D. Cabanes for his encouragement and help in preparing this contribution. This article is based on the work developed at the IPHES (Tarragona), where many people help us with conservation tasks and enrich our work on a daily basis. Amongst them, we would like to mention A. Ollé for contributing to the experiments that illustrate this article; P. Saladié for helping me to choose the bone samples and to describe the microscopic traits of the bones; G. Campeny for the figure 1c and D. Barsky for helping me with the English. Thanks also to J. Eklund for her help. This research has been developed in the framework of the Spanish MICINN project CGL2009-12703-C03-02, and the Catalan AGAUR projects 2009SGR-234 and 2010PBR-10.

References

- Appelbaum, B., 2007. *Conservation Treatment Methodology*. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Bracci, S., Melo, M.J., 2003. Correlating natural ageing and Xenon irradiation of Paraloid® B72 applied on stone. *Polymer Degradation and Stability* 80 (3), 533–541.
- Bromage, T.G., 1984. Interpretation of scanning electron microscopic images of abraded forming bone surfaces. *American Journal of Physical Anthropology* 64, 161–178.
- Caple, C., 2000. *Conservation Skills. Judgement, Method and Decision Making*. Routledge, London.
- Ciabach, J., 1983. Investigation of the cross-linking of thermoplastic resins effected by ultra-violet radiation. In: Tate, J.O., Tennent, N.H., Townsend, J.H. (Eds.), *Resins in Conservation*. Scottish Society for Conservation and Research, Edinburgh.
- Cocca, M., D'Arienzo, L., D'Orazio, L., Gentile, G., Martuscelli, E., 2004. Polyacrylates for conservation: chemico-physical properties and durability of different commercial products. *Polymer Testing* 23, 333–342.
- Collins, C., 1995. *The Care and Conservation of Paleontological Material*. Butterworths-Heinemann, Oxford.

- Cooper, M., 1998. *Laser Cleaning in Conservation: an Introduction*. Butterworths-Heinemann, Oxford.
- Cronyn, J.M., 1990. *The Elements of Archaeological Conservation*. Routledge, London.
- ECCO, 2002. ECCO Professional Guidelines. Available from: <http://www.ecco-eu.org/about-e.c.c.o./professional-guidelines.html> (accessed 05.07.11).
- Eklund, J.A., Thomas, M.G., 2010. Assessing the effects of conservation treatments on short sequences of DNA in vitro. *Journal of Archaeological Science* 37 (11), 2831–2841.
- Elder, A., Madsen, S., Brown, G., Herbel, C., Collins, C., Whelan, S., Wenz, C., Alderson, S., Kronthal, L., 1997. Adhesives and consolidants in geological and paleontological conservation. Part One: introduction, guide, health and safety, definitions. SPNHC Leaflets 1 (2), 1–2.
- Fedak, T.J., 2000. The Creation of a Micro-Scribe for the Preparation of Small, Delicate Fossil Material Society of Vertebrate Paleontology Technical Papers, 1. The Society of Vertebrate Paleontology.
- Feller, R.L., 1978. Standards in the evaluation of thermoplastic resins. In: ICOM-CC (Ed.), 5th Triennial Meeting, Zagreb, 1–8 October 1978: Preprints/ICOM Committee for Conservation. ICOM, Paris, 78/16/4/1 to 78/16/4/11.
- Fernández Jalvo, Y., Marín Monfort, M.D., 2008. Experimental taphonomy in museums: preparation protocols for skeletons and fossil vertebrates under the scanning electron microscopy. *Geobios*, 157–181.
- Forteza, J., de la Rasilla, M., García-Taberner, A., Gigli, E., Rosas, A., Lalueza-Fox, C., 2008. Excavation protocol of bone remains for Neandertal DNA analysis in El Sidrón Cave (Asturias, Spain). *Journal of Human Evolution* 55, 353–357.
- Gianfrate, G., D'Elia, M., Quarta, G., Giotta, L., Valli, L., Calcagnile, L., 2007. Qualitative application based on IR spectroscopy for bone sample quality control in radiocarbon dating. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 259, 316–319.
- Hedges, R.E.M., 1987. Potential information from archaeological bone, its recovery and preservation. In: Starling, K., Watkinson, D. (Eds.), *Archaeological Bone, Antler and Ivory*. United Kingdom Institute for Conservation, London, pp. 22–23.
- Horie, C.V., 1987. *Materials for Conservation. Organic Consolidants, Adhesives and Coatings*. Butterworths-Heinemann, Oxford, p. 281.
- Howells, R., Burnstock, A., Hedley, G., Hackney, S., 1984. Polymer dispersions artificially aged. In: Brommelle, N.S., Pye, E.M., Smith, P., Thomson, G. (Eds.), *Adhesives and Consolidants. The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works*, London, pp. 36–43.
- Howie, F.M.P., 1995. Development of treatments. In: Collins, C. (Ed.), *The Care and Conservation of Paleontological Material*. Butterworths-Heinemann, Oxford, pp. 1–4.
- ICOM, 1984. *The Conservator-Restorer: a Definition of the Profession*. ICOM-Conservation Committee, Paris.
- ICOM-CC, 2008. Terminology to characterize the conservation of tangible cultural heritage. Resolution. In: XVth Triennial Conference, New Delhi.
- Johnson, J.S., 1994. Consolidation of archaeological bone: a conservation Perspective. *Journal of Field Archaeology* 21 (2), 221–233.
- Johnson, J.S., 2001. A long-term look at polymers used to preserve bone. In: Williams, E. (Ed.), *Human Remains: Conservation, Retrieval and Analysis: Proceedings of a Conference Held in Williamsburg, VA, Nov 7–11th 1999*. Archaeopress, pp. 99–102.
- Krings, M., Stone, A., Schmitz, R.W., Krainitzki, H., Stoneking, M., Pääbo, S., 1997. Neandertal DNA sequences and the origin of modern humans. *Cell* 90, 19–30.
- Landucci, F., Pini, R., Siano, S., Salimbeni, R., Pecchioni, E., 2000. Laser cleaning of fossil vertebrates: a preliminary report. *Journal of Cultural Heritage* 1, 263–267.
- Landucci, F., Pecchioni, E., Torre, D., Mazza, P., Pini, R., Siano, S., Salimbeni, R., 2003. Toward an optimised laser cleaning procedure to treat important palaeontological specimens. *Journal of Cultural Heritage* 4, 106–110.
- Law, I.A., Houseley, R.A., Hammond, N., Hedges, R.E.M., 1991. Cuello: resolving the chronology through direct dating of conserved and low-collagen bone by AMS¹. *Radiocarbon* 33 (3), 303–315.
- Lazzari, M., Chiantore, O., 2000. Thermal-ageing of paraloid acrylic protective polymers. *Polymer* 41, 6447–6455.
- Leiggi, P., May, P., 1994. *Vertebrate Paleontological Techniques*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lindsay, W., 1995. A review of the acid technique. In: Collins, C. (Ed.), *The Care and Conservation of Paleontological Material*. Butterworth-Heinemann, Oxford, pp. 95–101.
- López-Polín, L., Ollé, A., Cáceres, I., Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., 2008a. Pleistocene human remains and conservation treatments: the case of a mandible from Atapuerca (Spain). *Journal of Human Evolution* 54 (5), 539–545.
- López-Polín, L., Ollé, A., Chamón, J., Barrio, J., 2008b. Laser for removing remains of carbonated matrices from Pleistocene fossils. In: Castillejo, M., Moreno, P., Oujja, M., Radvan, R., Ruiz, J. (Eds.), *Lasers in the Conservation of Artworks: Proceedings of the International Conference Lacona VII, Madrid, Spain, 17–21 September 2007*. CRC Press, New York, pp. 477–481.
- Matienzo, L.J., Snow, C.E., 1986. The chemical effects of hydrochloric acid and organic solvents on the surface of ivory. *Studies in Conservation* 31 (3), 133–139.
- May, P., Reser, P., Leiggi, P., 1994. Laboratory preparation. Macrovertebrate preparation. In: Leiggi, P., May, P. (Eds.), *Vertebrate Paleontological Techniques*, vol. 1. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 113–129.
- Moore, K.M., Murray, M.L., Schoeninger, M.J., 1989. Dietary reconstruction from bones treated with preservatives. *Journal of Archaeological Science* 16, 437–446.
- Nicholson, G.J., Tomiuk, J., Czarnetzki, A., Bachmann, L., Pusch, C.M., 2002. Detection of bone glue treatment as a major source of contamination in ancient DNA analyses. *American Journal of Physical Anthropology* 118, 117–120.
- Panagiaris, G., 2001. The influence of conservation treatments on physical anthropology research. In: Williams, E. (Ed.), *Human remains: conservation, retrieval and analysis*. Archaeopress, Oxford, pp. 95–102.
- Pojeta, J., Balanc, M., 1989. Uses of ultrasonic cleaners in paleontological laboratories. In: Feldmann, R., Chapman, R., Hannibal, J. (Eds.), *Paleotechniques*, vol. 4. The University of Tennessee, Knoxville, pp. 213–217.
- Pruvost, M., Schwarz, R., Correia, V.B., Champlot, S., Braguier, S., Morel, N., Fernández-Jalvo, Y., Grange, T., Geigl, E.-M., 2007. Freshly excavated fossil bones are best for amplification of ancient DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (3), 739–744.
- Rixon, A.E., 1976. *Fossil Animal Remains. Their Preparation and Conservation*. University of London, London.
- Russell, M.D., LeMort, F., 1986. Cutmarks on the Engis 2 calvaria? *American Journal of Physical Anthropology* 69 (3), 317–323.
- Rutzky, I.S., Elvers, W.B., Maisey, J.G., Kellner, A.W.A., 1994. Chemical preparation techniques. In: Leiggi, P., May, P. (Eds.), *Vertebrate Paleontological Techniques*, vol. 1. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 3–34.
- Shelton, S.Y., Chaney, D.S., 1993. An evaluation of adhesives and consolidants recommended for fossil vertebrates. In: Leiggi, P., May, P. (Eds.), *Vertebrate Paleontological Techniques*, vol. 1. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 35–45.
- Shelton, S.Y., Johnson, J., 1995. The conservation of sub-fossil bone. In: Collins, C. (Ed.), *The Care and Conservation of Paleontological Material*. Butterworths-Heinemann, Oxford, pp. 59–71.
- Stephan, E., 2000. Oxygen Isotope Analysis of Animal Bone Phosphate: Method Refinement, Influence of Consolidants, and Reconstruction of Palaeotemperatures for Holocene Sites. *Journal of Archaeological Science* 27 (6), 523–535.
- Takahashi, C.M., Nelson, D.E., 2002. Radiocarbon and stable isotope analyses of archaeological bone consolidated with hide glue. *Radiocarbon* 44 (1), 59–62.
- Tuross, N., Fogel, M.L., 1994. Exceptional Molecular preservation in the fossil record: the archaeological, conservation and scientific Challenge. In: Scott, D.A., Meyers, P. (Eds.), *Archaeometry of Pre-Columbian Sites. Proceedings of a Symposium organized by the UCLA Institute of Archaeology and the Getty Conservation Institute, Los Angeles, California, March 23–27, 1992*. The Getty Conservation Institute, Los Angeles, pp. 367–380.
- White, T.D., Toth, N., 1989. Engis: preparation damage, not ancient cutmarks. *American Journal of Physical Anthropology* 78 (3), 361–367.
- Wilks, H., 1992. *Cleaning*. Crafts Council, London.
- Wilson, J., 1995. Conservation and processing - cleaning and mechanical preparation. In: Collins, C. (Ed.), *The Care and Conservation of Paleontological Material*. Butterworths-Heinemann, Oxford, pp. 89–94.

6.2.2. Criterios para restaurar restos óseos pleistocenos

[Publicación 5] **Interventive conservation treatments (or preparation) of Pleistocene bones: Criteria for covering information from the archaeopalaeontological record**

López-Polín, L. (2015), *Quaternary International*, 1-7.

[doi:10.1016/j.quaint.2015.05.031](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.05.031)

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Quaternary International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/quaint



Forum communication

Interventive conservation treatments (or preparation) of Pleistocene bones: Criteria for covering information from the archaeopaleontological record

Lucía. López-Polín ^{a, b, *}

^a IPHES (Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social), Zona Educacional 4, Campus Sescelades (Edifici W3), 43007, Tarragona, Spain

^b Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili, Avinguda Catalunya, 35, 43002, Tarragona, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Available online xxx

Keywords:

Pleistocene bone
Conservation
Preparation

ABSTRACT

The Pleistocene record can be simultaneously studied from different disciplines within the fields of archaeology and palaeontology. Each of these disciplines seeks slightly different information and makes use of different methodologies. These differences may change the goal of the conservation treatments, affect the degree of intervention or require the limited application of certain techniques and materials.

This article discusses the basic reasons why some researchers may request a closer focus on recovering the original appearance of the bones while others require their taphonomic modifications to remain intact. Further research into the needs of archaeopaleontological studies and into adjusting conservation aims and methods to meet those needs would help to maximize the recovery and preservation of the information that fossils contain.

© 2015 Elsevier Ltd and INQUA. All rights reserved.

1. Introduction

Conservation or preparation treatments can play a key role in recovering archaeopaleontological information. Many materials cannot be studied until they have been treated.

It is extremely important to archaeologists and palaeontologists that the conservation methods used are tailored to their needs. They need conservation methods to focus on recovering the most valuable information while avoiding any negative interference with their work. Meanwhile, conservators and preparators need researchers to attribute meaning to the materials treated, indicating the most relevant information (Fig. 1).

The mutual interest is clear, and calling for the need for multidisciplinary work is nothing new (Ballestrem et al., 1984; ICOM, 2008). Although many specific treatments have been designed under this multidisciplinary approach, no general criteria have yet been proposed to guide the treatment of Pleistocene fossil remains in general (or of other specific materials either).

The Pleistocene chronological framework is relevant because it delimits the arrival of the first humans to Europe and, therefore, it

also delimits the existence of the first sites susceptible to archaeological study. Thus, the bone remains can be simultaneously analysed from two different perspectives: the archaeological and the paleontological. For this reason, this sort of record is sometimes called 'archaeopaleontological' (Medianero, 2011; Ollé et al., 2013; Vallverdú et al., 2014).

The studies that may be conducted on the archaeopaleontological bone record are diverse. Some paleoecological or spatial studies do not directly affect conservation work, as they depend on the material 'indirectly' (i.e. they can operate from already processed data, such as lists of elements and species).

However, other studies are much more influenced by conservation treatments, both because they can greatly benefit from them and because they can be negatively affected by certain actions or products.

The first group comprises a wide variety of studies based on the physical or chemical analyses of some of the components of fossils (e.g. DNA, isotopes). While some are not at all affected by restoration treatments, others require intact fossils or, alternatively, for samples to be taken before any intervention is carried out (Hedges, 1987; Unruh, 1994; Paterakis, 1996; France et al., 2011). This group of studies does not usually depend on conservation treatments, but rather on the absence of them, or at least if conservation efforts are made, they must not interfere with the researchers' analyses.

* IPHES (Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social), Zona Educacional 4, Campus Sescelades (Edifici W3), 43007, Tarragona, Spain.
E-mail address: lucia.lopezpolin@gmail.com.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.05.031>

1040-6182/© 2015 Elsevier Ltd and INQUA. All rights reserved.

ARTICLE IN PRESS

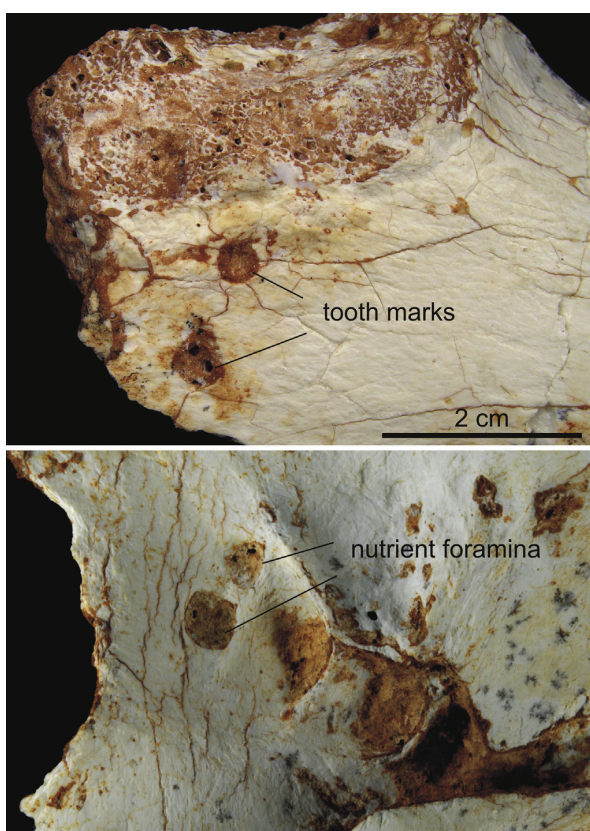


Fig. 1. Two fossils with morphologically similar elements: tooth marks (top) and nutrient foramina (bottom). Although for non-specialists they may seem similar, they are in fact very different elements. During the preparation of the material, it is important to recognize what each element is and to adapt the level of intervention required by each.

There is another group of studies that often depends on fossils that have been treated: systematic paleontological, zooarchaeological and taphonomic studies. These share with conservation (or preparation) the aim of retrieving the information obtained from the micro- and macroscopic study of the morphology of the fossils. Therefore, they are also the types of studies that best guide interventions, because they can determine priorities, i.e. indicate what should be recovered, cleaned, or reconstructed. Furthermore, they help to anticipate the morphology of the fossils under study (i.e. the anatomy or the main modifications), which may guide the conservation work, particularly during certain phases of treatment (e.g. during cleaning or reconstruction) (Fig. 1). This article focuses on compiling the requirements of these types of studies, showing how those requirements condition conservation work, as well as how they can help improve it.

2. Problems and treatments of Pleistocene bones

2.1. Common bone alterations

Pleistocene skeletal remains do not form a closed category of fossils with identical problems. However, the chronology provides an overview of the types and dimensions of the specimens (i.e. the largest terrestrial species is the mammoth), as well as the types of changes that they may have undergone.

However, each taphonomic history, i.e. the processes that have affected the organism both before and after burial (biostratinomic and diagenetic, respectively), results in different conditions of preservation (Hedges and Wallace, 1978; Stiner et al., 2001; Collins et al., 2002; Fernandez-Jalvo et al., 2002; Hedges, 2002; Trueman et al., 2004).

In general terms, Pleistocene bones are characterized by the fact that they may retain some of the original organic matter (i.e. collagen or its degradation products) as well as the original inorganic part (i.e. carbonated hydroxyapatite), which also may have changed, for example, through dissolution or recrystallization. Furthermore, it is common to see increased bone porosity as well as permineralization, in which some minerals from the surroundings have been added to the fossil structure. In any event, the transformations found in the bones of this chronology are far from the complete replacement of the original components by other minerals that can occur in older fossils. Pleistocene pieces are often called subfossils (Doyle, 1987; Buttler, 1994; Hedges, 2002).

In practice, the conservator encounters bones that are weakened in many ways: they can be fragile or brittle, have cracks, be fragmented or deformed. In addition, the fossils may have sometimes strongly adhered remains of sediment on the surface or inside as well as other foreign elements (e.g. roots, clasts, etc.) attached or inserted in the pores, which can pose a risk during removal.

The bones not only have a particular state of conservation, but they are also found at the sites in certain conditions (e.g. in different types of sediment, different weather, etc.), which may lead to the appearance of new alterations, both during and after excavation.

For example, sodden fossils from waterlogged or aquatic environments almost routinely require consolidation treatments and controlled drying (Pearson, 1992), otherwise, they can undergo mechanical alterations (such as cracking, flaking, and pulverization). Meanwhile, bones which are only slightly wet exhibit different behaviours: while some can withstand air drying without any problem, others are altered by this method. The same is true for dry bones, which in general do not negatively react to changes in humidity. In many cases they can be washed and air dried without problems (provided that other circumstances, such as a lack of consistency or the presence of cracks, for example, do not preclude it). The response of each kind of fossil cannot be predicted with any certainty so, ideally, the reaction of each particular material should be tested before deciding on a treatment.

In addition to changes in humidity, mechanical factors such as movement and pressure can cause many alterations subsequent to the discovery of fossils. Simply releasing the fossil from the sediment that acts as a natural support can cause it to break or crumble. In addition, pressure, impacts and vibrations resulting from excavation, or from the conservation treatments themselves, can be significant agents of disturbance. For example, hard, compact sediment requires the use of hard digging tools, which can cause fossils in relatively good condition to fracture during recovery (López-Polín et al., 2008b, 2010, 2011).

Finally, large, heavy fossils such as mammoth remains add difficulty to the work, as these fossils generally require special supports (e.g. polyurethane jackets) starting from the initial lifting, but also during conservation processes as well as during storage or display (Turner-Walker, 1996; Beiner and Rabinovich, 2014). There are numerous combinations of circumstances, but the state of preservation of the fossils at the time conservation treatments begin not only depends on the pre- and post-burial taphonomic processes, but also on post-discovery processes, i.e. on everything occurring during and after excavation.

2.2. Conservation (or preparation?) principles and methodology

The treatment of fossils is addressed by two related but separate disciplines: conservation and preparation.

Preparation focuses exclusively on palaeontological materials and typically deals with the initial treatments that allow fossils to be studied. It is generally based on direct interventions, such as the removal of sediment, consolidation and reconstruction (Rixon, 1976; Whybrow, 1985; Brown et al., 2009; Wylie, 2009).

Conservation covers all of the materials comprising tangible cultural heritage (i.e. fossils, but also tools, art objects, etc.). What are generally referred to as 'remedial conservation' or 'restoration' processes include direct interventions, which are equivalent to 'preparation' processes. In addition, conservation also always includes the design of preventive measures to ensure long-term preservation (e.g. environmental control) (ICOM, 2008). Therefore, all direct interventions are performed only after considering their long-term effects.

In cases involving both disciplines, preparators usually handle treatments immediately after excavation, which allow the fossils to be studied, stored or displayed, while conservators deal with the preservation or re-treatment of previously prepared fossils. However, in some geographical regions and in some institutions, this distinction does not exist, and conservators both 'prepare' the material and plan its long-term preservation. Similarly, some publications on preparation include considerations for the long-term preservation of fossils.

We intentionally use the term 'conservation' for all treatments, including those that elsewhere may be considered 'preparation'. The distinction is not made because in addition to fossils, the Pleistocene record is made up of other materials (e.g. stone tools) that are treated with the same principles and for which similar (sometimes identical) techniques and products are used. No one refers to the treatments performed on these materials as 'preparation', but rather as 'conservation'. Therefore, fossils and other materials can be treated using the same methodologies and the same criteria (López-Polín, 2012).

As criteria are conventions, some conservation institutions compile them in collective publications on ethics and on education and training issues (ECCO, 2003; ICOM, 2008). Some individual publications on conservation methods also include discussions on aims and standards (Caple, 2000; Appelbaum, 2007). The basic principles of conservation can be summarized as respect for the physical and documentary integrity of the material treated, minimal intervention treatments, high reversibility and stability of the products used, and well-based reconstructions with distinguishable additions (ECCO, 2003; ICOM, 2008).

In practice, respecting physical and documentary integrity means that the objects undergoing treatment must be well understood, both in terms of their material nature and their significance. The principle of minimum intervention implies that action should only be taken when necessary and to the minimum extent required to stabilize and facilitate the understanding of the objects. The principles of stability and reversibility mean that the products used must behave well in the long term, aging slowly and without producing degradation substances that could damage the materials; they must also be easily removable. Finally, reconstructions should only be done if there is enough information to restore the missing area. In addition, if fillers are added, they must be clearly identifiable to prevent any type of misinterpretation.

All conservation treatments follow a standard methodology that always starts from the characterization of the material and its alterations, and that follows the above criteria. They involve a minimum degree of intervention and, as far as possible, the use of reversible and stable materials. It is also essential that the condition

of the materials is documented before and after treatment, and that a report is drafted on the treatments performed.

2.3. Common remedial treatments

Direct conservation interventions essentially consist of three actions: cleaning, stabilizing (often by consolidation) and reconstructing.

Cleaning can be performed in many ways, although it is usually classified as either 'mechanical' (which may be dry or wet) or 'chemical' (Lindsay, 1995; Wilson, 1995; Turner-Walker, 2012). The most commonly used mechanical cleaning method for Pleistocene fossils consists of removing the sediment (Fig. 2) and other elements by means of the physical contact of a tool, which can be either automatic (pneumatic engraver, etc.) or manual (brushes, scalpels, chisels, etc.). Often, the mechanical action is complemented with water or organic solvents (e.g. alcohol, acetone, etc.) to augment the action of the tool, enhance the dissolution capacity or add drag (e.g. brushing with water, applying a solvent with a cotton swab).

Chemical cleaning, in turn, is performed with products that react chemically with the materials to be removed, transforming them into different, usually more soluble, compounds. For example, hydrochloric acid (HCl) transforms insoluble calcium carbonate (CaCO₃) into calcium chloride (CaCl₂), which is soluble and therefore more easily removable.

Finally, another possible cleaning method is by means of laser equipment. However, although it is a system often used to clean other materials, relatively few tests have been carried out with bone remains (Landucci et al., 2000, 2003; López-Polín et al., 2007), and its use has remained little developed and somewhat limited.

Besides cleaning, another basic conservation treatment action is stabilization, which consists of slowing or stopping the deterioration of materials, often by applying consolidant products. Furthermore, 'indirect' actions such as adopting controlled environmental measures are considered part of the stabilization process.

Consolidants are used to mechanically stabilize the fossils and sometimes also to make them impermeable in order to prevent the damaging effects of changes in humidity. Those used for archaeological and paleontological materials are generally acrylic or vinyl resins which are added to liquid (e.g. Paraloid). When the liquid solvent or water evaporates, the plastic component remains in the material, reinforcing it by filling in pores and cracks, and acting as an adhesive at a small scale. It also creates a protective plastic film on the surface, which may be imperceptible to the naked eye.



Fig. 2. Hyena skull during treatment next to a cast of the same species from the reference collection (left). During cleaning and reconstruction, the reference skeletons and atlas of anatomy serve as a guide (Fossil from Santa Ana cave, Cáceres.).

ARTICLE IN PRESS

The last direct action that usually occurs in conservation treatments is reconstruction, which typically involves joining fragments and sometimes restoring missing parts. Joining tasks are typically performed using adhesives (cellulose nitrates, PVAs) or with the same products used in consolidation tasks (e.g. Paraloid B72). Sometimes, missing parts have to be filled in or restored to both strengthen and restore the original appearance of the fossil. Various materials are used for this, and generally consist of mineral powders mixed with adhesives or consolidants (Larkin and Makridou, 1999).

Direct intervention is usually complemented by indirect measures that help stabilize the materials. These usually consist of controlling environmental parameters (i.e. humidity, temperature, UV radiation) as well as protecting the materials from mechanical actions (vibrations, pressure, etc.) by constructing adequate supports or packaging.

All the direct intervention processes mentioned, cleaning, consolidation, and reconstruction, as well as indirect or preventive measures, occur frequently, but not always, in the order in which they are described. Some of these processes may not be necessary and others might be done simultaneously. Consolidating materials may not be necessary or undertaking preventive measures (e.g. maintaining proper humidity) may be required first, or these may be the only types of measures taken; and many times, the tasks of consolidating and cleaning are performed concurrently.

3. Influence of the requirements of studies on basic principles and methodology of treatment

3.1. Singularity of the study of the archaeopaleontological record

Zooarchaeological, taphonomic and systematic paleontological studies all start by determining the skeletal element, the taxon, and the age at death of the specimens. From there, they have different objectives and methods of study, which result in different requirements, i.e. objectives and limitations, to the conservation treatments.

The sample analysed for each discipline can be different: at sites with evidence of human occupation, it is not unusual to find many incomplete bone fragments that are not always easy to precisely identify. These bones, which are often dismissed for the purposes of systematic palaeontological studies, may be relevant in zooarchaeological and taphonomic studies (Fig. 3).

Zooarchaeological studies tend to include all of the bone elements in the record (Reitz and Wing, 2008). To do this, they operate with broad categories of classification, grouping taxa according to size (small, medium, large) and elements according to their general morphology (long, flat, articular).

These remains can provide interesting information on the activities of hominids as well as of other deposit-forming agents. For example, a set of fragments with few taxonomic and anatomical identifying elements but with a certain pattern of fracturing and marks may be evidence of butchery practices. Thus, in a record with remains indicating human activity, the number of items included in the zooarchaeological and taphonomic analyses would generally be higher than the number of remains that might undergo paleontological study.

This first difference has a direct effect on the work of the conservator; normally, zooarchaeologists ask for less complete treatments applied to more fossils, while palaeontologists require more complete treatments on fewer specimens, only those with more complete taxonomic information. However, the request for different degrees of intervention tends to occur regardless of the size of the sample, as detailed below.

3.1.1. Systematic palaeontology – almost unrestricted interventions

Systematic palaeontological studies focus on the classification and evolution of organisms. For this reason, the anatomy of the fossils in question is analysed in detail. Therefore, these studies require that the appearance of the bones is as similar as possible to the living appearance, i.e. they require that the original morphology of the fossils is restored.

To this end, during treatment the bones have to be sufficiently cleaned. The reconstructions have to be precise, avoiding distortions that may have been caused by taphonomic modifications. The fossils must also be mechanically stable to be able to handle them safely.

In addition, these types of palaeontological studies may be based on morphometric analyses. These involve taking precise measurements between different reference points (landmarks). The points differ depending on the skeletal element and even the species in question, and there are also slight differences depending on the researcher, so it is difficult to completely standardize all of them. But, there are always points which the conservator has to pay special attention to during treatment and which they must try to single out, and during reconstruction, to ensure optimal placement to allow measuring without distortion.

The goal is to recover the original anatomy of the piece, which may involve following some indications but, as a general rule, palaeontological studies do not pose too many restrictions on conservation interventions, leaving both cleaning techniques and the use of consolidants, adhesives or filling materials to the judgement of the conservator. It is important, however, that any parts that are restored are easily distinguishable to avoid misinterpretations.

3.1.2. Zooarchaeology and taphonomy – some limitations

Taphonomic studies analyse the changes that bones have undergone with the aim of reconstructing the history of the organism from its death, in order to interpret the formation processes at archaeological and palaeontological sites. Zooarchaeology focuses on the study of animal remains from archaeological sites in order to understand the relationship between humans and their environment. Taphonomic studies can operate alone, but usually accompany zooarchaeological studies, which are significantly based on the analysis of taphonomic modifications.

In any event, the two disciplines, taphonomy and zooarchaeology, share requirements with regard to the degree of intervention of the conservation treatments: as a rule, they require respect for the modifications to the bones and, therefore, they require that the appearance of each piece is maintained as close as possible to that found at the site at the time of its discovery. In practice, this means that, unlike palaeontological taxonomic studies, zooarchaeological and taphonomic studies require the distortions, fractures and other modifications that originated prior to excavation to be retained (Fig. 4). For example, to make it easier to identify the origin of the breakage of bones (anthropic, diagenetic, etc.), conservators are usually asked not to join old fractures (López-Polín et al., 2008a; Larkin, 2010). So, two fragments that refit together perfectly, but were broken prior to excavation, may have to be left apart (Fig. 5).

Moreover, some of these analyses are based on the microscopic examination of the surface of the bones (Fig. 3). This kind of analysis is easily affected by any contact technique (i.e. cleaning, consolidation, reconstruction) because, although imperceptible to the naked eye, the effects of such techniques may be clearly visible and therefore interfere on a microscopic scale. Specifically, cleaning techniques can erode or erase some traces, while consolidating can cover them up (Botfeldt and Richter, 1998; Fernández Jalvo and Monfort, 2008; López-Polín, 2012).



Fig. 3. Microscopic analysis of long bone fragments. These types of remains are commonly dismissed for systematic paleontological studies, but are included in zooarchaeological and taphonomic studies (Photos from the Atapuerca field laboratory and Gran Dolina site.).

Responding to the requirements of a microscopic analysis is not easy: although fine details must be recovered, this should be achieved while barely touching the piece. Because this is a delicate balance, when microscopic studies are expected, the conservator has to understand where action is needed and where to be more cautious, and in the event of uncertainty, discuss the process with the specialists.

4. Discussion – criteria for treating Pleistocene bones

Taxonomic paleontological studies tend to require high degrees of treatment to restore the original anatomy of the fossils, while zooarchaeological and taphonomic studies require respect for pre-excitation modifications (Figs. 4 and 5). In general, the former pose fewer restrictions on treatments, whereas the latter may require certain actions to be limited, especially cleaning and consolidation.

However, the design of particular treatments also depends on other factors, such as the context. For example, a fossil of a taxon which is overrepresented at a site, in a region, or during a particular chronological period does not have the same relevance as a single



Fig. 4. Horse metapodial in the field, after excavation, and after restoration. Although it was possible to reconstruct it to be more faithful to the original anatomy, in this case it was decided to maintain the deformation of diagenetic origin (Fossil from Gran Dolina, level TD10, Atapuerca.).

taxon that can fill an information gap. These kinds of factors influence the design of conservation treatments: unlike unique specimens, overrepresented pieces are usually studied and documented in less detail and, therefore, require a lesser degree of intervention. In addition, interventions on singular specimens have to be especially well designed and documented, because the information they contain is also unique.

Moreover, some skeletal elements tend to be more informative than others, and even some of the areas on those elements are more relevant. For example, teeth are generally valuable, as they are easily assignable to a taxon and they also allow the age of the individuals to be estimated. The crown is generally more valuable than the root because the measurements taken focus on that zone, and it is used to collect other data as well (i.e. a rootless crown is more informative than an isolated root).

However, information is not only provided by the anatomical study, but also through the analysis of taphonomic modifications. Some incomplete bone fragments that are discarded for palaeontological study may be relevant to a zooarchaeological study (such as evidence of hunting, butchery, etc.).

There may be different combinations of factors to consider, such as the skeletal element, the taxon, and the taphonomic modifications, all within their contexts, along with the relevance of each fossil and its most significant aspects. Consequently, the specific requests to the conservator may vary accordingly.

ARTICLE IN PRESS

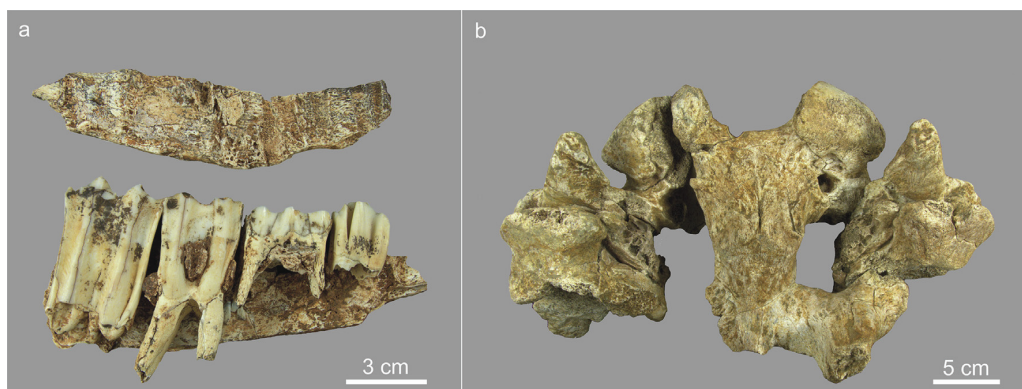


Fig. 5. Two examples of fossils that were not reconstructed for different reasons. On the left, a bovid mandible fragment with the piece that would cover the teeth (top), unadhered. Although it was separated during excavation, the fossil was not refitted to facilitate the analysis of the teeth, which were left unattached. On the right, a hippopotamus skull fragment that was not rejoined, although its pieces fit together, because the fracture is of diagenetic origin (Fossils from Gran Dolina, Atapuerca and the Barranc de la Boella, respectively.).

In addition to responding to the needs of studies, conservation treatments have to respond to the needs of the fossils in terms of their preservation. As much as a study might require a certain type of action, this must not compromise the preservation of the piece. For example, while consolidating may limit some analyses, we cannot categorically reject its use: it also serves to reinforce the fossils, preventing them from deterioration.

No technique or product is categorically good or bad, but more or less suitable depending on the situation. For example, cleaning mechanically is preferred over cleaning with acids, because these are toxic, attack the inorganic part of the bones and are difficult to completely neutralize (López-Polín et al., 2008b). However, mechanical cleaning also has disadvantages: it can cause fragmentation or fissures. In addition, it can generate marks on the surface which distort or erase marks of taphonomic origin. Meanwhile, acid has the advantage of reaching the tiny nooks that tools cannot reach, and can recover thin layers adhered to sedimentary matrices which often cannot be recovered mechanically (e.g. fine skull parts (Potze and Thackeray, 2010)).

Each technique has advantages and disadvantages and the conservator has to choose the best approach for each case. Without attempting an exhaustive categorization, it is possible to advance the knowledge of the effects of certain products and techniques, especially the more invasive treatments such as cleaning or consolidation.

Some studies have investigated the effects of some techniques and products on the surface of bones (Bromage, 1984; Fernández Jalvo and Monfort, 2008; López-Polín, 2012). These articles assess the advantages and disadvantages of certain cleaning and consolidation techniques. More work of this kind would help to establish guidelines for conservation treatments.

This does not mean, however, that conservators need fixed protocols or strict guidelines. It is not viable to standardize to the point of establishing 'recipes' for each type of fossil and study to be carried out. Moreover, palaeontology and archaeology cannot dictate requirements that disregard conservation criteria and techniques. In that case, the interferences would come from the side of research to the side of conservation by, for example, asking for irreversible treatments, even in cases where there are other alternatives, or by subordinating the long-term preservation of the materials to their scientific analysis.

5. Conclusion

Pleistocene bones are studied from the perspectives of two disciplines: palaeontology and archaeology. This means that before a conservation treatment begins, different specialists may request different types of interventions, requirements that may even be contradictory (e.g. full reconstruction vs. maintaining diagenetic deformation).

This does not mean that the researchers should simply dictate instructions, but rather describe their needs, which can be balanced with the needs of the materials in terms of preservation, as well as with feasible conservation treatments. Nevertheless, progress would be made by more clearly specifying the requirements of studies in different disciplines, considering factors such as specific taxon, skeletal element, and type of taphonomic modification, and detecting how the analysis of these specific aspects may benefit from or be limited by conservation treatments.

Acknowledgements

I am grateful to all the members of the IPHES, as well as to all the members involved in the field work of the sites, implicated in the study and conservation of the faunal archaeopaleontological record. Thanks to DrA.Ollé and the referees for their contributions to the manuscript. The author's research is part of the following projects: 1) MINECO Project 'Comportamiento ecosocial de los homínidos de la Sierra de Atapuerca durante el Cuaternario III' (CGL2012-38434-C03-03); 2) AGAUR project 'Evolució social, cultural i biològica al Plistocè inferior i mitjà' (SGR899); 3) DGABMP 'Evolució paloambiental i poblament prehistòric a les conques dels rius Francolí, Gaià, Siurana i rieres del camp de Tarragona. Generalitat de Catalunya' (2014/100574); 4) DGABMP 'El Plio-plistocè del Camp dels Ninots i la depressió prelitoral: evolució paleoclimàtica, dispersions faunístiques i humanes' (2014/100575).

References

- Ballem, A., von Imhoff, H.C., McMillan, E., Perrot, P.N., 1984. The conservator-restorer: a draft definition of the profession. *International Journal of Museum Management and Curatorship* 3, 75–78.
- Appelbaum, B., 2007. *Conservation Treatment Methodology*. Butterworth-Heinemann.

ARTICLE IN PRESS

Lucía. López-Polín / *Quaternary International* xxx (2015) 1–7

7

- Beiner, G.G., Rabinovich, R., 2014. Bones and sediments: part of a synergetic continuum. *Journal of Paleontological Techniques Special Volume* 13, 19–28.
- Botfeldt, K., Richter, J., 1998. A new approach to bone conservation: physically balanced dehydration. In: Borchersen, K. (Ed.), 25 years School of Conservation: the Jubilee Symposium, Copenhagen, 18–20 May 1998. Preprints, Copenhagen, pp. 163–166.
- Bromage, T.G., 1984. Interpretation of scanning electron microscopic images of abraded forming bone surfaces. *American Journal of Physical Anthropology* 64, 161–178.
- Brown, M.A., Kane, J.F., Parker, W.G., 2009. Methods in fossil preparation. In: Proceedings of the First Annual Fossil Preparation and Collections Symposium.
- Buttler, C.J., 1994. Damage to sub-fossil bone. In: Child, R.E. (Ed.), Conservation of Geological Collections. Archetype, Londres, pp. 9–13.
- Caple, C., 2000. Conservation Skills. Judgement, Method and Decision Making. Routledge, Londres.
- Collins, M.J., Nielsen-Marsh, C.M., Hiller, J., Smith, C.I., Roberts, J.P., Prigodich, R.V., Wess, T.J., Csapo, J., Millard, A.R., Turner-Walker, G., 2002. The survival of organic matter in bone: a review. *Archaeometry* 44, 383–394.
- Doyle, A.M., 1987. The conservation of sub-fossil bone. In: Collins, C.J., Crowther, P.R. (Eds.), The Conservation of Geological Material. The Geological Curator, pp. 463–465.
- ECCO, 2003. E.C.C.O. Professional Guidelines (II): Code of Ethics.
- Fernández Jalvo, Y., Monfort, M.D.M., 2008. Experimental taphonomy in museums: preparation protocols for skeletons and fossil vertebrates under the scanning electron microscopy. *Geobios* 157–181.
- Fernández-Jalvo, Y., Sánchez-Chillon, B., Andrews, P., Fernández-López, S., Alcalá Martínez, L., 2002. Morphological taphonomic transformations of fossil bones in continental environments, and repercussions on their chemical composition. *Archaeometry* 44, 353–361.
- France, C.A.M., Giaccari, J.A., Cano, N., 2011. The effects of PVAc treatment and organic solvent removal on $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, and $\delta^{18}O$ values of collagen and hydroxyapatite in a modern bone. *Journal of Archaeological Science* 38, 3387–3393.
- Hedges, R.E.M., 1987. Potential information from archaeological bone, its recovery and preservation. In: Starling, K., Watkinson, D. (Eds.), Archaeological Bone, Antler and Ivory. United Kingdom Institute for Conservation, Londres, pp. 22–23.
- Hedges, R.E.M., 2002. Bone diagenesis: an overview of processes. *Archaeometry* 44, 319–328.
- Hedges, R.E.M., Wallace, C.J.A., 1978. The survival of biochemical information from archaeological bone. *Journal of Archaeological Science* 5, 377–386.
- ICOM, 2008. Terminology to Characterize the Conservation of Tangible Cultural Heritage.
- Landucci, F., Pini, R., Siano, S., Salimbeni, R., Pecchioni, E., 2000. Laser cleaning of fossil vertebrates: a preliminary report. *Journal of Cultural Heritage* 1.
- Landucci, F., Pecchioni, E., Torre, D., Mazza, P., Pini, R., Siano, S., Salimbeni, R., 2003. Toward an optimised laser cleaning procedure to treat important palaeontological specimens. *Journal of Cultural Heritage* 4, 106–110.
- Larkin, N.R., Makridou, E., 1999. Comparing gap-fillers used in conserving sub-fossil material. *Geological Curator* 2, 81–90.
- Larkin, N.R., 2010. Literally a 'mammoth task': the conservation, preparation and curation of the West Runton Mammoth skeleton. *Quaternary International* 228, 233–240.
- Lindsay, W., 1995. A review of the acid technique. In: Collins, C. (Ed.), The Care and Conservation of Paleontological Material. Butterworth-Heinemann, Oxford, pp. 95–101.
- López-Polín, L., 2012. Possible interferences of some conservation treatments with subsequent studies on fossil bones: a conservator's overview. *Quaternary International* 275, 120–127.
- López-Polín, L., Chamón, J., Barrio, J., Ollé, A., 2007. Laser to remove remains of carbonated matrices from Pleistocene fossils. In: Castillejo, M. (Ed.), LACONA VII :International Conference on Lasers in the Conservation of Artworks, Madrid (Spain), September 17-21, 2007 : Program and Abstracts. CRC Press, p. 39.
- López-Polín, L., Gómez, G., García-Antón, M.D., Ibáñez, N., Solé, A., Guio, J., Martín, A., Vilalta, J., Fernández, P., Lacasa, E., Bertral, A., Font, B., Esteban, M., Carbonell, E., 2008a. La restauración de restos óseos e industria lítica en los yacimientos pleistocenos de la Trincheras del Ferrocarril (Sierra de Atapuerca, Burgos). *Pátina* 15, 33–44.
- López-Polín, L., Ollé, A., Cáceres, I., Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., 2008b. Pleistocene human remains and conservation treatments: the case of a mandible from Atapuerca (Spain). *Journal of Human Evolution* 54, 539–545.
- López-Polín, L., Bertral, A., Font, B., Ollé, A., 2010. Preparation and conservation treatments of the Pleistocene fossil vertebrate remains from the cave site of Tossal de la Font (Vilafamés, Castelló, Spain). In: Cancelo Fernández, C., Val Molina, S., Marigó Cortés, J., Celià Gelabert, L. (Eds.), I Conservation Workshop: Finding Global Solutions for Natural History Collections. Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, Sabadell, pp. 225–231.
- López-Polín, L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2011. Preparation of Pleistocene human bones with an ultrasonic scaler: the case of mandible ATD6-112 from Atapuerca (Spain). *Archeosciences* 35, 235–239.
- Medianero, F.J., Palmqvist, J.R., P., Weniger, G., Riquelme, J.A., Espejo, M., Cantalejo, P., Aranda, A., Pérez-Claros, J.A., Figueirido, B., Espigares, P., Ros-Montoya, S., Torregrosa, V., Linstädter, J., Cabello, L., Becerra, S., Ledesma, P., Mevdev, I., Castro, A., Romero, M., Martínez-Navarro, B., 2011. The karst site of Las Palomas (Guadalupe County, Málaga, Spain): a preliminary study of its Middle–Late Pleistocene archaeopaleontological record. *Quaternary International* 243, 127–136.
- Ollé, A., Mosquera, M., Rodríguez, X.P., Lombera-Hermida, A.d, García-Antón, M.D., García-Medrano, P., Peña, L., Menéndez, L., Navazo, M., Terradillos, M., Bargalló, A., Márquez, B., Sala, R., Carbonell, E., 2013. The Early and Middle Pleistocene technological record from Sierra de Atapuerca (Burgos, Spain). *Quaternary International* 295, 138–167.
- Paterakis, A.B., 1996. Conservation: preservation versus analysis? In: Roy, A., Smith, P. (Eds.), Archaeological Conservation and its Consequences : Preprints of the Contributions to the Copenhagen Congress, 26–30 August 1996. The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Londres, pp. 143–148.
- Pearson, J., 1992. The consolidation of pleistocene bone and tusk at Ipswich Museum. In: Entwistle, R., Kemp, G., Mardsen, J., Tood, V. (Eds.), Life after Death: the Practical Conservation of Natural History Collections. Papers Given at a Conference Held by the UKIC in Conjunction with Ipswich Borough Council, 27 February 1992. UKIC, London, pp. 132–137.
- Potze, S., Thackeray, J.F., 2010. Temporal lines and open sutures revealed on cranial bone adhering to matrix associated with Sts 5 ("Mrs Ples"), Sterkfontein, South Africa. *Journal of Human Evolution* 58, 533–535.
- Reitz, E.J., Wing, E.S., 2008. Zooarchaeology. Cambridge.
- Rixon, A.E., 1976. Fossil Animal Remains. Their Preparation and Conservation. University of London, Londres.
- Stiner, M.C., Kuhn, S.L., Surovell, T.A., Goldberg, P., Meignen, L., Weiner, S., Bar-Yosef, O., 2001. Bone preservation in Hayonim Cave (Israel): a macroscopic and mineralogical study. *Journal of Archaeological Science* 28, 643–659.
- Trueman, C.N.G., Behrensmeier, A.K., Tuross, N., Weiner, S., 2004. Mineralogical and compositional changes in bones exposed on soil surfaces in Amboseli National Park, Kenya: diagenetic mechanisms and the role of sediment pore fluids. *Journal of Archaeological Science* 31, 721–739.
- Turner-Walker, G., 1996. Recovery and conservation of the West Runton fossil elephant. *Natural Science Conservation Group Newsletter* 22.
- Turner-Walker, G., 2012. The nature of cleaning: physical and chemical aspects of removing dirt, stains and corrosion. In: Proceedings of the International Symposium on Cultural Heritage Conservation. Tainan, Taiwan: 6th–8th November 2012., Tainan.
- Unruh, J., 1994. The Removability and Potential for Isotopic Contamination of Five Consolidants Commonly Used on Archaeological Bone. Queen's University, Ontario.
- Vallverdú, J., Saladié, P., Rosas, A., Huguet, R., Cáceres, I., Mosquera, M., García-Taberner, A., Estalrich, A., Lozano-Fernández, I., Pineda-Alcalá, A., Carrancho, Á., Villalain, J.J., Bourlès, D.L., Braucher, R., Lebatard, A., Vilalta, J., Esteban-Nadal, M., Bennàsar, M.L., Bastir, M., López-Polín, L., Ollé, A., Vergès, J.M., Ros-Montoya, S., Martínez-Navarro, B., García, A., Martiniell, J., Expósito, I., Burjachs, F., Agustí, J., Carbonell, E., 2014. Age and Date for Early Arrival of the Acheulian in Europe (Barranc de la Boella, la Canonja, Spain). *PLoS ONE* 9, e103634.
- Whybrow, P.J., 1985. A history of fossil collecting and preparation techniques. *Curator* 28, 5–26.
- Wilson, J., 1995. Conservation and processing - cleaning and mechanical preparation. In: Collins, C. (Ed.), The Care and Conservation of Paleontological Material. Butterworths-Heinemann, Oxford, pp. 89–94.
- Wylie, C.D., 2009. Preparation in action: paleontological skill and the role of the fossil preparator. In: Brown, Matthew A., K, J.F., Parker, William G. (Eds.), Methods in Preparation Proceedings of the First Annual Fossil Preparation and Collections Symposium, pp. 3–12.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

CAPÍTULO 7 – **CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO**

7.1. Conclusiones

En este trabajo se recogen los tratamientos de restauración efectuados recientemente a los fósiles humanos procedentes del nivel TD6 de la Gran Dolina (Sierra de Atapuerca). Estas intervenciones se han valorado y, además, se han discutido cuáles son los criterios que deben regir las intervenciones de restauración en fósiles que, como estos, se estudian desde dos grandes perspectivas, la arqueológica y la paleontológica (con sus especialidades y requerimientos específicos).

Respecto a los tratamientos de los fósiles humanos recuperados en la década de 1990, en esta segunda etapa se han introducido algunas novedades técnicas que, aunque son soluciones que se conocen en el campo de la restauración, no se habían aplicado a estos fósiles. Concretamente, se han introducido herramientas automáticas para la limpieza mecánica (espátula de ultrasonidos, vibroincisores) y también materiales de reintegración de refuerzo (masillas tiras de fibra de vidrio, respectivamente). Estas mejoras complementan a la limpieza mecánica con pequeñas herramientas, consolidaciones (con Paraloid B72) y las reconstrucciones con adhesivos ya empleadas en la primera etapa.

Pero, seguramente, la aportación principal a los tratamientos de esta segunda etapa es la que se deriva de haber intervenido siguiendo la metodología y los criterios establecidos en conservación restauración. Esto, entre otras cosas, se ha materializado en el uso de técnicas de examen como las tomografías, así como en la documentación exhaustiva de los tratamientos, de los cuales se ha dejado registro escrito y fotográfico (ver apéndice IV). Esta documentación, además de responder a la ética de actuación en conservación y restauración, es una fuente de información única que no debería faltar en ningún tratamiento de restauración.

La pregunta inicial de esta tesis era si la metodología y los criterios de intervención establecidos son válidos para restos óseos como los incluidos en esta tesis o si, por el contrario, conviene establecer otros. La conclusión es que la especialización en el tratamiento de materiales concretos tiene aún que desarrollarse, especialmente si se quieren introducir mejoras en los tratamientos de restauración de materiales como estos fósiles humanos del Pleistoceno y, en general, restos óseos arqueopaleontológicos.

Estos tratamientos se han hecho dentro de un marco metodológico amplio preexistente, el de la conservación y restauración. Así, se han seguido las fases de examen previo, diagnóstico, intervención y documentación, y se han cumplido los criterios de reversibilidad, mínima intervención, etc. Pero, además, en las intervenciones realizadas a los fósiles de TD6 han actuado como criterios de intervención los requerimientos de la investigación. Es decir, se han considerado las necesidades de los estudios. Estas han ayudado a determinar tanto los objetivos como los grados de intervención (nivel de limpieza, de consolidación y de reconstrucción).

No es fácil estandarizar ni los criterios ni la metodología, mucho más allá de la directriz general de conocer el significado del material y dónde radica su valor. En el capítulo de discusión se encuentran algunos de los efectos prácticos de incorporar a las intervenciones estos conocimientos al tratamiento de los fósiles de TD6, pero se debería avanzar algo más en la propuesta de estos criterios.

Con el trabajo incluido en esta tesis, se han hecho algunas aproximaciones, sobre interferencias de algunos productos y técnicas con estudios posteriores (López-Polín, 2012) y sobre la utilidad – y también posibles efectos negativos, de la limpieza con láser (López-Polín et al., 2008c). También se han descrito tratamientos de restauración realizados a los fósiles humanos de TD6 (López-Polín et al., 2008, 2011, en prensa) y se ha presentado y

discutido la metodología de intervención aplicable a estos y a otros restos arqueopaleontológicos (López-Polín, 2008b, 2015).

Todas estas aportaciones, pueden servir de punto de partida para futuras investigaciones, en las que habría que continuar desarrollando y concretando requerimientos y posibles interferencias de los tratamientos de restauración con los estudios posteriores. No se trata de establecer un listado de normas rígidas, pero sí unas directrices más claras que ayuden a tomar decisiones.

En cualquier caso, esta tesis se basa en la convicción de que el objetivo de facilitar el uso científico de los fósiles, es un objetivo tanto o más importante que el de la simple preservación. De nada sirve conservar objetos cuyo significado se desconoce o cuyo conocimiento se ve limitado por un tratamiento inadecuado o incompleto.

No obstante, las necesidades de la investigación, no pueden convertirse en máximas inamovibles; tampoco pueden poner en riesgo la integridad de los materiales tratados; ni, buscando un tipo de información, limitar otros estudios. Todo esto, que parece tan obvio, tiene que materializarse aún en trabajos con enfoques conjuntos. Es decir, falta aún que los mismos investigadores a los que les interesa tener el fósil bien restaurado, sepan también cómo se restaura. Esto debería llevar a plantear trabajos concretos que, empezando por contrastar algunas de las ideas que se apuntan en esta tesis, sirvieran para introducir mejoras en los tratamientos de restauración.

7.2. Perspectivas de futuro

1 – Continuar difundiendo los trabajos de restauración para contribuir a mejorar los procedimientos y la metodología de intervención.

Como se ha recogido en esta tesis, a pesar de la relevancia de estos fósiles humanos de TD6 y de que en la década de 1990 ya se restauraron, hasta ahora no se habían publicado los trabajos de restauración. Por lo tanto, el primer propósito para el futuro es continuar publicando los problemas y los procedimientos de restauración, con la esperanza de que, poco a poco, se iguale su difusión a la de otros campos que estudian esos materiales que se restauran.

El objetivo final es contribuir a mejorar la metodología y los criterios de intervención. Para ello, no sólo falta difundir trabajos de restauración entre restauradores, sino que falta discutir

la metodología con los especialistas implicados en el estudio de los restos (zooarqueólogos, paleontólogos, especialistas en todo tipo de estudios, ADN, isótopos, etc.).

2 – Finalizar la documentación y revisar de nuevo la colección de fósiles humanos de TD6.

Una propuesta de trabajo muy concreta tiene que ver directamente con estos fósiles humanos. Cuando se estaba cerrando esta tesis, diversos especialistas revisaron de nuevo el material recuperado en TD6 y se identificaron nuevos restos humanos. Así, un objetivo inmediato es completar la información sobre el tratamiento de estos fósiles de identificación más reciente, así como revisar de nuevo la colección al completo, especialmente para ver si alguno de los últimos fragmentos identificados casa con algunos de los anteriores.

Además, aún quedan restos óseos de TD6 (en principio faunísticos) por restaurar, que podrían servir para desarrollar algunos trabajos en los que se profundice sobre algunos de los aspectos apuntados en esta tesis, especialmente sobre técnicas de limpieza y de consolidación.

3 – Desarrollar investigación pendiente (metodología y procedimientos de intervención).

Falta desarrollar investigación sistemática dirigida a evaluar los efectos y la eficacia, de los procedimientos de restauración. Tal como se apunta en uno de los artículos, algunos tratamientos pueden interferir negativamente en estudios posteriores, si bien apenas se ha desarrollado investigación sistemática que permita evaluar estas interferencias, sobre las que se tendría que avanzar.

Además, en esta tesis se han limitado los procedimientos de limpieza con una serie de herramientas mecánicas. Esto se ha hecho porque funcionan y porque, tanto por experiencia como por algunos tests hechos (como los del láser incluidos en esta tesis), en realidad son seguramente las más eficaces. No obstante, para comparar y evaluar métodos, convendría ampliar herramientas mecánicas y procedimientos químicos.

4 – Desarrollar la evaluación de las técnicas de moldeo y reproducción.

Un aspecto que también se espera desarrollar en el futuro es el de la evaluación de las técnicas de moldeo. La revisión de los fósiles humanos de TD6 (capítulo 3) es una muestra de los efectos que ocasionan los moldes tradicionales (normalmente de silicona) en los objetos. De hecho, con los fósiles cuyo tratamiento se recoge en esta tesis, se inició un trabajo de escaneado sistemático con el fin de evitar el moldeo clásico con silicona. Al final ha sido un aspecto sobre el que no se ha podido profundizar, pero sin duda se debería desarrollar también más investigación al respecto.

Hace tiempo que se obtienen imágenes 3D de fósiles y otros objetos arqueológicos. Gracias a ellas, se pueden obtener réplicas sin necesidad de hacer un molde tradicional. No obstante, aún presentan algunas limitaciones (precio, resolución de las superficies, problemas de algunas fuentes de luz para escanear superficies translúcidas, etc.), por lo que aún se siguen haciendo moldes tradicionales.

A la larga, lo esperable es que es el de la sustitución real de los moldes de silicona por las réplicas obtenidas a partir de imágenes digitales. Este aspecto, finamente no desarrollado en esta tesis, pasaría por la evaluación de distintas técnicas y materiales de moldeo, comparando las ventajas y los inconvenientes de las tradicionales (con contacto) con las técnicas sin contacto.

5 – Iniciar la caracterización de los huesos y de las alteraciones.

Un aspecto que inicialmente se planeó para esta tesis, y que no ha podido desarrollar, es la caracterización de los fósiles y de sus matrices. Es decir, tanto de la composición y estructura de los huesos como de la matriz sedimentaria.

La sistematización de las descripciones de las alteraciones es también un capítulo pendiente. El objetivo, en nuestro caso, no es responder a preguntas sobre el origen de las transformaciones, sino más bien determinar parámetros que permitan describir los huesos y su estado de conservación, de manera que se puedan comparar conjuntos de niveles o yacimientos diferentes. En el caso del sedimento, además de su composición y estructura, habría que ver si se puede saber qué determina el grado de adhesión al hueso o, simplemente, si se pueden establecer grados (al margen de la causa de la adhesión). Hay sedimento que salta con relativa facilidad y otro que está fuertemente adherido. Sería útil poder establecer si esto depende del tipo de matriz, de la porosidad del hueso, etc.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIC. (1985). Code of Ethics and Standards of Practice. URL: <http://www.conservation-us.org/about-us/core-documents/code-of-ethics#>.
- Appelbaum, B. (2007). Conservation Treatment Methodology. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Arsuaga, J.L. (1997). Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Spain). The site. *Journal of Human Evolution*, 33, 109-127.
- Arsuaga, J.L., Gracia, A., Lorenzo, C., Martínez, I., y Pérez, P.J. (1999). Resto craneal humano de Galería / Cueva de los Zarpazos (Sierra de Atapuerca, Burgos). En E. Carbonell Roura, A. Rosas González y J.C. Díez Fernández-Lomana (Eds.), *Atapuerca: Ocupaciones humanas y paleoecología del yacimiento de Galería* (pp. 233-235). Valladolid: Junta de Castilla y León.
- Arsuaga, J.L., Martínez, I., Arnold, L.J., Aranburu, A., Gracia-Téllez, A., Sharp, R.M., Quam, R., Falguères, C., Pantoja-Pérez, A., Bischoff, J. Poza-Rey, E., Parés, J.M., Carretero, J. M., Demuro, M., Lorenzo, C., Sala, N., Martínón-Torres, M., García, N., Alcázar de Velasco, A., Cuenca-Bescós, G., Gómez-Olivencia, A., Moreno, D., Pablos, A., Shen, C.-C., Rodríguez, L., Ortega, A. I., García, R., Bonmatí, A., Bermúdez de Castro, José M., Carbonel, E. (2014). Neandertal roots: Cranial and chronological evidence from Sima de los Huesos. *Science*, 344 (6190), 1358-1363.
- Asmus, J.F. (2000). Laser divestment for natural history museum collections. *Journal of Cultural Heritage*, 1(259-262).
- Asmus, J.F., Murphy, C.G., & Munk, W.H. (1973). Studies on the interaction of laser radiation with art artifacts. En *Proceedings of SPIE* (Vol. 41, pp. 19-27).
- Baldini, U. (1978). *Teoria del restauro e unità di metodologia*. Firenze: Nardini Editore.
- Beiner, G.G., y Rabinovich, R. (2013). An elephant task—conservation of elephant remains from Revadim Quarry, Israel. *Journal of the Institute of Conservation*. 36 (1), 53-64.

- Benito-Calvo, A., y Pérez-González, A. (2015). Geomorphological map of the Sierra de Atapuerca and the Middle Arlanzón Valley (Burgos, Spain). *Journal of Maps*, 11, 535–544.
- Berger, G.W., Pérez-González, A., Carbonell, E., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., y Ku, T.L. (2008). Luminescence chronology of cave sediments at the Atapuerca paleoanthropological site, Spain. *Journal of Human Evolution*, 55 (2), 300-311.
- Bermúdez de Castro, J.M., 2014. The medial pterygoid tubercle in the Atapuerca Early and Middle Pleistocene mandibles: Evolutionary implications. *American Journal of Physical Anthropology*.
- Bermúdez de Castro, J. M. y A. Rosas (1992). A human mandibular fragment from the Atapuerca Trench (Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution* 22 (1): 41-46.
- Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Carbonell, E., Rosas, A., Martínez, I., y Mosquera, M. (1997). A hominid from the Lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: possible ancestor to Neandertals and modern humans. *Science*, 276, 1392-1395.
- Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., Caceres, I., Diez, J.C., Fernandez-Jalvo, Y., Mosquera, M., et al. (1999). The TD6 (Aurora stratum) hominid site. Final remarks and new questions. *Journal of Human Evolution*, 37(3-4), 695-700.
- Bermúdez de Castro, J.M., y Rosas, A. (1992). A human mandibular fragment from the Atapuerca Trench (Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution*, 22(1), 41-46.
- Bermúdez de Castro, J.M., Rosas, A., y Nicolás, M.E. (1999). Dental remains from Atapuerca-TD6 (Gran Dolina site, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution*, 37(3-4), 523-566.
- Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., Gómez, A., Mateos, A., Martínón-Torres, M., Muela, A., Rodríguez, J., Sarmiento, S., Varela, S. (2006). Paleodemografía del hipodigma de fósiles de homínidos del nivel TD6 de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos): estudio preliminar. *Estudios Geológicos* 62, 145-154.
- Bermúdez de Castro, J.M., Pérez González, A., Martínón-Torres, M., Gómez-Robles, A., Rosell, J., Prado, L., et al. (2008). A new early Pleistocene hominin mandible from Atapuerca-TD6, Spain. *Journal of Human Evolution*, 55(4), 729-735.
- Bermúdez de Castro, J.M., Martínón-Torres, M., Prado, L., Gómez-Robles, A., Rosell, J., López-Polín, L., et al. (2010). New immature hominin fossil from European Lower Pleistocene shows the earliest evidence of a modern human dental development pattern. *PNAS*, 107, 11739–11744.
- Bermúdez de Castro, J.M., Carretero, J.M., García-González, R., Rodríguez-García, L., Martínón-Torres, M., Rosell, J., Blasco, R., Martín-Francis, L., Modesto, M., Carbonell, E., (2012). Early Pleistocene Human Humeri from the Gran Dolina-TD6 Site (Sierra de Atapuerca, Spain). *American Journal of Physical Anthropology* 147, 604-617.
- Bermúdez de Castro, J.M., y Martínón-Torres, M. (2013). A new model for the evolution of the human Pleistocene populations of Europe. *Quaternary International*, 295, 102-112.

- Bermúdez de Castro, J.M., Martín-Torres, M., Martín-Francés, L., Modesto-Mata, M., Martínez de Pinillos, M., García, C., et al. (2015). Homo antecessor: The state of the art eighteen years later. *Quaternary International*.
- Bernard, H.M. (1894). On the application of the Sand-blast for the development of trilobites. *Geological Magazine*, Dec. 4, Vol 1, 553-557.
- Bertholon, R., y Relier, C. (1990). Les méteaux archéologiques. En M.C. Berducou (Ed.), *La Conservation en Archéologie: Méthodes et pratique de la conservation-restauration des vestiges archéologiques* (pp. 164-221).
- Blasco, R., Rosell, J., Fernández Peris, J., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., y Carbonell, E. (2013). Environmental availability, behavioural diversity and diet: a zooarchaeological approach from the TD10-1 sublevel of Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain) and Bolomor Cave (Valencia, Spain). *Quaternary Science Reviews*, 70, 124-144.
- Blasco, R., Rosell, J., Made, J. van der, Rodríguez, J., Campeny, G., Arsuaga, J.L., et al. (2011). Hiding to eat: the role of carnivores in the early Middle Pleistocene from the TD8 level of Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 38, 3373-3386.
- Boscato, P. (2002). Consolidación y extracción del material óseo en el paleosuelo de Isernia La Pineta (A. Viñas, Trans.). En L. Masetti Bitelli (Ed.), *Arqueología. Restauración y conservación. La conservación y la restauración hoy*. (pp. 27-35). Ferrara: Nerea.
- Brandi, C. (1977). *Teoria del restauro*. Torino: Giulio Einaudi.
- Buttler, C.J. (1994). Damage to sub-fossil bone. En R.E. Child (Ed.), *Conservation of geological collections* (pp. 9-13). Londres: Archetype.
- Calvo Manuel, A.M. (1996). *Conservación y restauración materiales, técnicas y procedimientos de la A a la Z* (Vol. 10). Barcelona: Serbal.
- Campaña, I., Benito-Calvo, A., Pérez-González, A., Ortega, A.I., Bermúdez de Castro, J.M., y Carbonell, E. (2015). Pleistocene sedimentary facies of the Gran Dolina archaeo-paleoanthropological site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Quaternary International* (0), 1-17.
- Canals, A., Vallverdú, J., y Carbonell, E. (2003). New Archaeo-Stratigraphic Data for the TD6 level in Relation to *Homo antecessor* (Lower Pleistocene) at the Site of Atapuerca, North-Central Spain. *Geoarchaeology: an International Journal*, 18 (5), 481-504.
- Caple, C. (2000). *Conservation Skills. Judgement, Method and Decision Making*. Londres: Routledge.
- Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Díez, J.C., Rosas, A., Cuenca, G., et al. (1995). Lower Pleistocene hominids and artifacts from Atapuerca-TD6 (Spain). *Science*, 269, 826-830.
- Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Allué, E., Bastir, M., Benito, A., Cáceres, I., Canals, T., Díez, J.C., van der Made, J., Mosquera, M., Ollé, A., Pérez-González, A., Rodríguez, J., Rodríguez, X.P., Rosas, A., Rosell, J., Sala, R., Vallverdú, J., Vergès, J.M. (2005). An Early Pleistocene hominin mandible from

- Atapuerca-TD6, Spain. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102, 5674-5678.
- Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., Parés, J.M., Pérez-González, A., Cuenca-Bescós, G., Ollé, A., et al. (2008). The first hominin of Europe. *Nature*, 452, 465-469.
- Carbonell, E., Cáceres, I., Marina Lozano, Saladié, P., Rosell, J., Lorenzo, C., et al. (2010). Cultural Cannibalism as a Paleoeconomic System in the European Lower Pleistocene The Case of Level TD6 of Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain) *Current Anthropology*, 51(4), 539-549.
- Carbonell, E., Esteban, M., Martín Nájera, A., Mosquera, M., Rodríguez, X.P., Ollé, A., et al. (1999). The Pleistocene site of Gran Dolina, Sierra de Atapuerca, Spain: a history of the archaeological investigations. *Journal of Human Evolution*, 37(3-4), 313-324.
- Carbonell, E., García-Antón, M.D., Mallol, C., Mosquera, M., Ollé, A., Rodríguez, X.P., et al. (1999). The TD6 level lithic industry from Gran Dolina, Atapuerca (Burgos, Spain): production and use. *Journal of Human Evolution*, 37, 653-693.
- Carbonell, E., Huguet, R., Cáceres, I., Lorenzo, C., Mosquera, M., Ollé, A., et al. (2014). Los yacimientos arqueológicos de la Sierra de Atapuerca EnR. Sala Ramos (Ed.), Los cazadores recolectores del Pleistoceno y del Holoceno en Iberia y el Estrecho de Gibraltar: estado actual del conocimiento del registro arqueológico (pp. 534-560).
- Carretero, J.M., Lorenzo, C., & Arsuaga, J.L. (1999). Axial and appendicular skeleton of Homo antecessor. *Journal of Human Evolution*, 37(3-4), 459-499.
- Casado, J., Pastor, A., y García, M.G. (2014). Restauración de los restos óseos de Haploidoceros mediterraneus. In Haploidoceros mediterraneus: una nueva especie de ciervo en el Pleistoceno ibérico (pp. 25-32). Alcalá de Henares: Museo Arqueológico Regional.
- Ciabach, J. (1983). Investigation of the cross-linking of thermoplastic resins effected by ultraviolet radiation. En J.O. Tate, N.H. Tennent y J.H. Townsend (Eds.), Resins in conservation. Edimburgo: Scottish Society for Conservation and Research.
- Clark, S., Morrison, I., y Harbersetzer, J. (1994). Methods and use of CT-scan and X-ray. En P. Leiggi y P. May (Eds.), Vertebrate paleontological techniques (Vol. 1, pp. 323-339). Cambridge: Cambridge University Press.
- Conroy, G.C., y Vannier, M.W. (1984). Noninvasive three-dimensional computer imaging of matrix-filled fossil skulls by high resolution computer tomography. *Science*, 226, 456-458.
- Corti, P. (1998). Consolidamento, strappo e restauro dei reperti fossili della paleosuperficie di Isernia-La Pineta. In C. Arias, A. Bietti, L. Castelletti y C. Peretto (Eds.), XIII International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences. Forlí. Italia. September 1996 (Vol. 1, pp. 357-359). Forlí: A.B.A.C.O.
- Cooper, M. (Ed.). (1998). Laser cleaning in conservation: an introduction. Londres: Butterworths-Heinemann.
- Cornish, L., & Jones, C.G. (2003). Laser cleaning of natural history specimens and subsequent SEM examination. En J.H. Townsend, K. Eremin & A. Adriaens (Eds.), Conservation science 2002 : papers from the conference held in Edinburgh, Scotland, 22-24 May 2002 (pp. 101-106). London: Archetype.

- Cornish, L., Miller, G., & Jones, C. (2004). Pulsed laser cleaned natural history specimens with reference to the removal of conductive coatings. En K. Dickmann, C. Fotakis & J.F. Asmus (Eds.), *Lasers in the Conservation of Artworks. Lacona V Proceedings*, Osnabrück, Germany, September 15-18, 2003 (pp. 528): Springer Verlag.
- Cronyn, J.M. (1990). *The elements of Archaeological Conservation*. Londres: Routledge.
- Cuenca-Bescós, G., Laplana, C., y Canudo, J.I. (1999). Biochronological implications of the Arvicolidae (Rodentia, Mammalia) from the Lower Pleistocene hominid-bearing level of Trinchera Dolina 6 (TD6, Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution*, 37, 353-373.
- Davidson, A., y Brown, G.W. (2012). Paraloid B-72: practical tips for the vertebrate fossil preparator. *Collection Forum*, 26(1-2), 99-119.
- Dennell, R. (1998). The TD6 horizon of Atapuerca and the Earliest Colonisation of Europe: a Eurasian perspective. En Carbonell, Bermúdez de Castro, Arsuaga y Rodríguez (Eds), *Los primeros pobladores de Europa: Últimos descubrimientos y debate actual*, 77-97. Burgos: Aldecoa.
- Diez, J.C., Fernandez-Jalvo, Y., Rosell, J., y Cáceres, I. (1999). Zooarchaeology and taphonomy of Aurora Stratum (Gran Dolina, Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution*, 37(3-4), 623-652.
- ECCO (2002). E.C.C.O. Professional Guidelines (I): The profession.
- ECCO (2003). E.C.C.O. Professional Guidelines (II): Code of Ethics.
- ECCO (2011). *Competences for access to the conservation-restoration profession*.
- ENCORE. (2014). *On Practice in Conservation-Restoration Education*.
- Falguères, C., Bahain, J.-J., Yokoyama, Y., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., et al. (1999). Earliest humans in Europe: the age of TD6 Gran Dolina, Atapuerca, Spain. *Journal of Human Evolution*, 37(3-4), 343-352.
- Fedak, T.J. (2000). *The Creation of a Micro-Scribe for the Preparation of Small, Delicate Fossil Material*, Society of Vertebrate Paleontology Technical Papers (Vol. 1): The Society of Vertebrate Paleontology.
- Feller, R.L. (1978). Standards in the evaluation of thermoplastic resins. In ICOM-CC (Ed.), *5th Triennial Meeting, Zagreb, 1-8 October 1978: Preprints / ICOM Committee for Conservation*. (Vol. 78/16/4/1 a 78/16/4/11): ICOM.
- Fernández-Cascón, B., Rosas, A., Estalrich, A., García-Taberner, A., García-Vargas, S., Huguet, R., et al. (2009). Preparation of Neanderthal remains from the El Sidrón cave (Asturias, Spain). *Paleontología i Evolució*, 4, 175-182.
- Fernández-Jalvo, Y., Díez, J.C., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., y Arsuaga, J.L. (1996). Evidence of Early Cannibalism. *Science*, 271, 277-278.
- Fernández-Jalvo, Y., Díez, J.C., Cáceres, I., y Rosell, J. (1999). Human cannibalism in the Early Pleistocene of Europe (Gran Dolina, Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution*, 37(3-4), 591-622.
- Fundación Atapuerca (2015). UNESCO confirma a Atapuerca como lugar de "Valor Universal Excepcional". 24/10/2015, 2015, URL:<http://www.atapuerca.org/ficha/zfdecc3d3-d991-bf27-bdf667afcb63ab13/unesco-confirma-a-atapuerca-como-lugar-de-valor-universal-excepcional>

- García, N., y Arsuaga, J.L. (1999). Carnivores from the early Pleistocene hominid-bearing Trinchera Dolina 6 (Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution*, 37, 415-430.
- Gallardo García, A. (2012). Preparación de restos fósiles de Cueva Victoria, Cartagena. *Mastia*, 11, 463-478
- García-Antón, M.D., y Ibáñez, N. (1999). La conservación y restauración preventiva de los materiales arqueológicos de Galería (Sierra de Atapuerca). En E. Carbonell, A. Rosas González y C. Díez Fernández-Lomana (Eds.), *Atapuerca: Ocupaciones humanas y paleoecología del yacimiento de Galería* (pp. 27-30). Burgos: Junta de Castilla y León. Consejería de Educación y Cultura.
- García-González, R., Carretero, J.M., Rodríguez, L., Gómez-Olivencia, A., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., Martínez, I., Lorenzo, C., 2009. Étude analytique d'une clavicule complète de subadulte d' Homo antecessor (site de Gran Dolina, Sierra d'Atapuerca, Burgos, Espagne). *L'Anthropologie* 113, 22-232.
- Gil, E., Aguirre, E., y Hoyos, M. (1987). Contexto estratigráfico. En E. Aguirre, E. Carbonell y J.M. Bermúdez de Castro (Eds.), *El hombre fósil de Ibeas y el Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca* (pp. 47-54). Valladolid: Junta de Castilla y León.
- Gómez-Olivencia, A., Carretero, J.M., Lorenzo, C., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2010. The costal skeleton of Homo antecessor: first results. *Journal of Human Evolution* 59, 620-640.
- Gómez-Robles, A., Bermúdez de Castro, J.M., Martínón-Torres, M., Prado-Simón, L., Arsuaga, J.L. (2015). A geometric morphometric analysis of hominin lower molars: Evolutionary implications and overview of postcanine dental variation. *Journal of Human Evolution*.
- Green, L., & Bradley, S. (1988). An Investigation into the Deterioration and Stabilization of Nitrocellulose in Museum Collections. En *Modern organic materials. Preprints of the Meeting, Edinburgh 1988* (pp. 81-96). Edinburgh: Scottish Society for Conservation and Research.
- Gutiérrez del Solar, P., y Gómez-Alonso, B. (2008). Laboratorio de Restauración de Fósiles del Museo. *Periódico del Museo Nacional de Ciencias Naturales*, 7, 2-4.
- Harbersetzer, J. (1994). Radiography of fossils. En P. Leiggi y P. May (Eds.), *Vertebrate paleontological techniques* (Vol. 1, pp. 329-339). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hermann, A. (1909). Modern Laboratory Methods in Vertebrate Paleontology. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 26, 286-331.
- Horie, C.V. (1987). *Materials for Conservation. Organic consolidants, adhesives and coatings*. Oxford: Butterworths-Heinemann.
- Howie, F.M.P. (1974). Introduction of Thioglycolic Acid in Preparation of Vertebrate Fossils. *Curator*, 17, 159-166.
- Howie, F.M.P. (1984). Materials used for conserving fossil specimens since 1930: a review. En N.S. Brommelle (Ed.), *Adhesives and Consolidants* (pp. 92-97). Londres: The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works.

- ICOM. (1984). The Conservator-Restorer: a Definition of the Profession: ICOM-Conservation Committee.
- ICOMOS. (2003). ICOMOS Principles for the Preservation and Conservation-Restoration of Wall Paintings
- ICON. (2014). Standards in conservation. Retrieved 2014-11-04, 2014, from http://icon.org.uk/index.php?option=com_contentyview=articleid=2254yItemid=214
- IIC. (1964). The Report of the Murray Pease Committee: IIC American Group Standards of Practice and Professional Relations for Conservators. *Studies in Conservation*, 9 (3), 116-121.
- Jakobsen, S.L., y Feldman, R.M. (2004). Epibionts on *Dromiopsis rugosa* (Decapoda: Brachyura) from the late middle Danian limestones at Fakse Quarry, Denmark: novel preparation techniques yield amazing results. *Journal of Paleontology*, 78(5), 953-960.
- Johnson, M. (1976). Nitrocellulose as Conservation Hazard. En The American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Preprints, Fourth Annual Meeting, 29 May-1 June 1976 (pp. 66-75). Dearborn, Michigan.
- Jones, M.D. (1969). A pneumatic power-tool for the paleontologist. *Museum Assistance Group Newsletter*.
- Koob, S. (1982). The instability of cellulose nitrate adhesives. *The Conservator*, 6, 30-34.
- Laborde Marqueze, A. (1986). Conservación y restauración en yacimientos pleistocenos (restos óseos, madera, piedra). *Cahier Noir*.
- Laborde Marqueze, A. (1987). Conservación y restauración de los restos óseos y líticos del yacimiento de Atapuerca.2 (Burgos). En E. Aguirre, E. Carbonell y J.M. Bermúdez de Castro (Eds.), *El hombre fósil de Ibeas y el Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca*. (pp. 205-211). Burgos: Junta de Castilla y León.
- Lacasa Marquina, E., Fernández Colón, P., Hamlat, A., Marouf, L., Harichane, Z., y Sahnouni, M. (2014). In situ conservation strategies: a case study of archeopaleontological remains from the Early Pleistocene site of El-Kherba (Ain Hanech), Algeria. En E. Tschopp y S. Val (Eds.), *Journal of Paleontological Techniques* (Vol. Special Volume 13, pp. 3-18).
- Landucci, F., Pecchioni, E., Pini, R., Siano, S., & Salimbeni, R. (1999). A new laser approach in the conservation of paleontological findings. En A. Guarino (Ed.), 2nd International Congress on Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin, 5-9 July 1999, Paris, France: Proceedings (pp. 122). Paris: Elsevier.
- Landucci, F., Pecchioni, E., Torre, D., Mazza, P., Pini, R., Siano, S., et al. (2003). Toward an optimised laser cleaning procedure to treat important palaeontological specimens. *Journal of Cultural Heritage*, 4, 106-110.
- Landucci, F., Pini, R., Siano, S., Salimbeni, R., & Pecchioni, E. (2000). Laser cleaning of fossil vertebrates: a preliminary report. *Journal of Cultural Heritage*, 1(263-267).
- Larkin, N.R. (2010). Literally a `mammoth task': The conservation, preparation and curation of the West Runton Mammoth skeleton. *Quaternary International*, 228(1-2), 233-240.

- Larkin, N.R., & Makridou, E. (1999). Comparing gap-fillers used in conserving sub-fossil material. *Geological curator*, 2, 81-90.
- Lazzarini, L., & Asmus, J.F. (1973). The application of laser radiation to the cleaning of statuary. *Bulletin of the American Insitute for Conservation*, 13 (2), 39-49.
- Lazzarini, L., Asmus, J.F., & Marchesini, L. (1972). Laser for cleaning of statuary: initial results and potentialities. En La Rochell I Colloque International sur las détérioration des pierres en eouvre (pp. 89-94).
- Leiggi, P., y May, P. (1994). *Vertebrate paleontological techniques* (Vol. 1). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lindsay, W. (1995). A review of the acid technique. En C. Collins (Ed.), *The care and conservation of paleontological material* (pp. 95-101). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- López-Polín, L. (2012). Possible interferences of some conservation treatments with subsequent studies on fossil bones: A conservator's overview. *Quaternary International*, 275, 120-127.
- López-Polín, L. (2015). Interventive conservation treatments (or preparation) of Pleistocene bones: Criteria for covering information from the archaeopalaontological record. *Quaternary International*, 1-7.
- López-Polín, L., Gómez, G., García-Antón, M.D., Ibáñez, N., Solé, A., Guiu, J., et al. (2008a). La restauración de restos óseos e industria lítica en los yacimientos pleistocenos de la Trinchera del Ferrocarril (Sierra de Atapuerca, Burgos). *Pátina*, 15, 33-44.
- López-Polín, L., Ollé, A., Cáceres, I., Carbonell, E., y Bermúdez de Castro, J.M. (2008b). Pleistocene human remains and conservation treatments: the case of a mandible from Atapuerca (Spain). *Journal of Human Evolution*, 54(5), 539-545.
- López-Polín, L., Ollé, A., Chamón, J., y Barrio, J. (2008c). Laser for removing remains of carbonated matrices from Pleistocene fossils. En M. Castillejo, P. Moreno, M. Oujja, R. Radvan y J. Ruiz (Eds.), *Lasers in the conservation of artworks: Proceedings of the International Conference Lacona VII, Madrid, Spain, 17-21 September 2007* (pp. 477-481). London: CRC Press.
- López-Polín, L., Bermúdez de Castro, J.M., y Carbonell, E. (2011). Preparation of Pleistocene Human Bones with an Ultrasonic Scaler: The Case of Mandible ATD6-112 from Atapuerca (Spain). *Archeosciences*, 35, 235-239.
- López-Polín, L., Bertral, A., Font, B., y Ollé, A. (2010). Preparation and conservation treatments of the Pleistocene fossil vertebrate remains from the cave site of Tossal de la Font (Vilafamés, Castelló, Spain). En C. Cancelo Fernández, S. Val Molina, J. Marigó Cortés y L. Celià Gelabert (Eds.), *I Consevation Workshop: Finding Global Solutions for Natural History Collections* (Vol. Memòria especial núm 4, pp. 225-231). Sabadell: Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona.
- López-Polín, L., Bermúdez de Castro, J.M., y Carbonell, E. (En prensa). The preparation and conservation treatments of the human fossils from Lower Pleistocene unit TD6 (Gran Dolina site, Atapuerca) – the 2003-2009 record. *Quaternary International*.

- Lorenzo, C., Arsuaga, J.L., & Carretero, J.M. (1999). Hand and foot remains from the Gran Dolina Early Pleistocene site (Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution*, 37(3-4), 501-522.
- Macarrón, A. (2008). Conservación del patrimonio cultural. Criterios y normativas.
- Mallegni, F., y Rubini, M. (Eds.). (1994). Recupero dei materiali scheletrici umani in archeologia. Roma: CISU.
- Marín Monfort, M.D. (2007). Conservación y preparación fósil en el laboratorio. En L. Alcalá y A. Cobos (Eds.), *Laboratorios de Paleontología* (pp. 57-64). Teruel: Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel - Dinópolis.
- Martín-Francés, L., Martín-Torres, M., Gracia-Téllez, A., Bermúdez de Castro, J.M. (en prensa). Evidence of stress fracture in a Homo antecessor metatarsal from Gran Dolina site (Atapuerca, Spain). *International Journal of Osteoarchaeology*.
- May, P., Reser, P., y Leiggi, P. (1994). Laboratory preparation. Macrovertebrate preparation. En P. Leiggi y P. May (Eds.), *Vertebrate paleontological techniques* (Vol. 1, pp. 113-129). Cambridge: Cambridge University Press.
- Moncrieff, A., y Weaver, G. (1992). *Cleaning*. London: Crafts Council.
- Moreno, D., Falguères, C., Pérez-González, A., Voinchet, P., Ghaleb, B., Despriée, J., et al. (2015). New radiometric dates on the lowest stratigraphical section (TD1 to TD6) of Gran Dolina site (Atapuerca, Spain). *Quaternary Geochronology* (0).
- Muñoz Viñas, S. (Ed.). (2003). *Teoría contemporánea de la restauración*.
- Ollé, A., Mosquera, M., Rodríguez, X.P., Lombra-Hermida, A.d., García-Antón, M.D., García-Medrano, P., et al. (2013). The Early and Middle Pleistocene technological record from Sierra de Atapuerca (Burgos, Spain). *Quaternary International*, 295(8), 138-167.
- Ollé, A., Vergès, J.M., Rodríguez, X.P., Cáceres, I., Angelucci, D.E., Vallverdú, J., et al. (2015). The Middle Pleistocene site of La Cansladeta (Tarragona, Spain): stratigraphic and archaeological succession. *Quaternary International*.
- Ortega, A.I., Benito-Calvo, A., Pérez-González, A., Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., y Arsuaga, J. (2014). Atapuerca Karst and its Palaeoanthropological Sites. En F. Gutiérrez y M. Gutiérrez (Eds.), *Landscapes and Landforms of Spain* (pp. 101-110): Springer Netherlands.
- Ortega, M.C., Gracia, A., Carretero, J.M., Martínez, I., Quam, R., y Arsuaga, J.L. (2009). Restauration d'un fémur fossile humain du site de la Sima de los Huesos (Atapuerca, Espagne). *L'Anthropologie*, 113(1), 233-244.
- Osborn, H.F. (1904). On the use of the Sandblast in Cleaning Fossils. *Science*, 19, 256.
- Pablos, A., Lorenzo, C., Martínez, I., Bermúdez de Castro, J.M., Martín-Torres, M., Carbonell, E., Arsuaga, J.L., (2012). New foot remains from the Gran Dolina-TD6 Early Pleistocene site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution* 63, 610-623.
- Parés, J.M., Arnold, L., Duval, M., Demuro, M., Pérez-González, A., Bermúdez de Castro, J.M., et al. (2013). Reassessing the age of Atapuerca-TD6 (Spain): new paleomagnetic results. *Journal of Archaeological Science*, 40(12), 4586-4595.

- Parés, J.M., y Pérez-González, A. (1995). Paleomagnetic age for hominid fossils at Atapuerca archaeological site, Spain. *Science*, 269(5225), 830-832.
- Parés, J.M., y Pérez-González, A. (1999). Magnetochronology and stratigraphy at Gran Dolina Section, Atapuerca. *Journal of Human Evolution*, 37(3-4), 325-342.
- Pérez-González, A., Parés, J.M., Carbonell, E., Aleixandre, T., Ortega, A.I., Benito, A., et al. (2001). Géologie de la Sierra de Atapuerca et stratigraphie des remplissages karstiques de Galería et Dolina (Burgos, Espagne). *L'Anthropologie*, 105(1), 27-43.
- Platzer, W. (2003). Atlas de anatomía. Aparato locomotor (Vol. tomo I). Barcelona: Omega.
- Podany, J., Garland, K.M., Freeman, W.R., y Rogers, J. (2001). Paraloid B-72 as a structural adhesive and as a barrier within structural adhesive bonds: evaluations of strength and reversibility. *Journal of the American Institute for Conservation*, 40(1), 15-33.
- Prado-Simón, L., Martín-Torres, M., Baca, P., Olejniczak, A.J., Gómez-Robles, A., Lapresa, M., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., (2012). Three-dimensional evaluation of root canal morphology in lower second premolars of early and middle Pleistocene human populations from Atapuerca (Burgos, Spain). *American Journal of Physical Anthropology* 147, 452-461.
- Rixon, A.E. (Ed.). (1976). Fossil Animal Remains. Their preparation and conservation. Londres: University of London.
- Rodríguez-Hidalgo, A. (2015). Dinámicas subsistenciales durante el Pleistoceno Medio en la Sierra de Atapuerca: los conjuntos arqueológicos de TD10.1 y TD10.2. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- Rodríguez, J., Burjachs, F., Cuenca-Bescós, G., García, N., Van der Made, J., Pérez González, A., et al. (2011). One million years of cultural evolution in a stable environment at Atapuerca (Burgos, Spain). *Quaternary Science Reviews*, 30(11-12), 1396-1412.
- Rohm and Haas. PARALOID™ B-72 100% Solid Grade Thermoplastic Acrylic Resin. Technical Data Sheet. Retrieved 10-10-08, 2008, from <http://www.rohmhaas.com/wcm/index.page?>
- Rosas, A. y Bermúdez de Castro, J.M. (1999). The ATD6-5 mandibular specimen from Gran Dolina (Atapuerca, Spain). Morphological study and phylogenetic implications. *Journal of Human Evolution*, 37 (3/4), 567-590.
- Rosas, A. y Bermúdez de Castro, J.M. (1999). Descripción y posición evolutiva de la mandíbula AT76-T1H de yacimiento de Galería (Sierra de Atapuerca. En E. Carbonell Roura, A. Rosas González y J.C. Díez Fernández-Lomana (Eds.), Atapuerca: Ocupaciones humanas y paleoecología del yacimiento de Galería (pp. 237-243). Valladolid: Junta de Castilla y León.
- Rosas González, A., Fortea Pérez, J., de la Rasilla Vives, M., Fernández Colón, P., Hidalgo González, A., Lacasa Marquina, E., et al. (2005). Restos neandertales de la Cueva del Sidrón: una restauración al servicio de la investigación paleontológica. *Boletín del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico*, 53, 70-75.
- Saladié, P., Huguet, R., Díez, C., Rodríguez-Hidalgo, A., Cáceres, I., Vallverdú, J., et al. (2011). Carcass transport decisions in Homo antecessor subsistence strategies. *Journal of Human Evolution*, 61(4), 425-446.

- Saladié, P., Huguet, R., Rodríguez-Hidalgo, A., Cáceres, I., Esteban-Nadal, M., Arsuaga, J.L., et al. (2012). Intergroup cannibalism in the European Early Pleistocene: The range expansion and imbalance of power hypotheses. *Journal of Human Evolution*, 63(5), 682-695.
- Saladié, P., Rodríguez-Hidalgo, A., Huguet, R., Cáceres, I., Díez, C., Vallverdú, J., et al. (2014). The role of carnivores and their relationship to hominin settlements in the TD6-2 level from Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Spain). *Quaternary Science Reviews*, 93(0), 47-66.
- Sanz Nájera, M. (1980). Consolidación y restauración de los restos óseos. In *Ocupaciones achelenses en el Valle del Jarama, Arganda, Madrid* (Vol. 1, pp. 77-78). Madrid: Diputación Provincial de Madrid.
- Selwitz, C. (1988). *Cellulose Nitrate in Conservation* (Vol. 2). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- Shelton, S.Y., y Chaney, D.S. (1993). An evaluation of adhesives and consolidants recommended for fossil vertebrates. En P. Leiggi y P. May (Eds.), *Vertebrate Paleontological Techniques* (Vol. 1, pp. 35-45): Cambridge University Press.
- Tilley, J.P. (1994). Versatility of Acrylics, 1934-1980. In S.T.I. Mossman y P.J.T. Morris (Eds.), *The development of plastics* (pp. 95-104). Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Toombs, H.A., y Rixon, A.E. (1950). The use of plastics in the "Transfer Method" of preparing fossils. *Museums Journal*, 50, 105-107.
- Torres, T. (1987). Histórica de la excavación de Atapuerca 1976. En E. Aguirre, E. Carbonell y J.M. Bermúdez de Castro (Eds.), *El hombre fósil de Ibeas y el Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca*. (pp. 205-211). Burgos: Junta de Castilla y León.
- UKIC. (1983). *Guidance for conservation practice*. London: UKIC.
- UNESCO (2015). UNESCO World Heritage List. 25/08/2015, 2015, from <http://whc.unesco.org/en/list/989>
- van der Made, J. (1999). Ungulates from Atapuerca-TD6. *Journal of Human Evolution*, 37, 389-413.
- Vallverdú, J., Courty, M.-A., Carbonell, E., Canals, A., Burjachs, F. (2001). Les sediments d'Homo Antecessor de Gran Dolina, (Sierra de Atapuerca, Burgos, Espagne). Interpretation micromorphologique des processus de formation et enregistrement paleoenvironnemental des sediments. *L'Anthropologie*, 105 (1), 45-69.
- White, T. (1991). *Human Osteology*. San Diego: Academic Press.
- White, T.D., y Folkens, P.A. (2005). *The Human Bone Manual*.
- Whybrow, P.J. (1985). A history of fossil collecting and preparation techniques. *Curator*, 28, 5-26.
- Wilson, J. (1995). Conservation and processing - cleaning and mechanical preparation. En C. Collins (Ed.), *The Care and Conservation of Palaeontological Material* (pp. 89-94). Oxford: Butterworths-Heinemann.
- Zazo, C., Goy, J.L., y Hoyos, M. (1987). Contexto geológico y geomorfológico. En E. Aguirre, E. Carbonell y J.M. Bermúdez de Castro (Eds.), *El hombre fósil de Ibeas y el*

Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca (pp. 41-46). Valladolid: Junta de Castilla y León.

Zollikofer, C., y Ponce De Leon, M. (2005). Virtual Reconstruction: A Primer in Computer-Assisted Paleontology and Biomedicine: Wiley.

Apéndice I – **Otras herramientas de limpieza: el láser y la proyección de abrasivos**

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

Apéndice I - Otras herramientas de limpieza: el láser y la proyección de abrasivos

Tanto la limpieza con láser como por proyección de abrasivos se contemplaron inicialmente para tratar los fósiles de TD6. Las dos se descartaron, si bien el motivo principal fue en realidad la falta de disponibilidad de los equipamientos. No obstante, con ambos sistemas se hicieron algunas pruebas para conocer su potencial.

Con el equipo de proyección de abrasivos, tan sólo se hizo una aproximación elemental, para probar la eficacia con el tipo de matriz sedimentaria de TD6. Con el equipo láser, se hizo un pequeño test cuyos resultados se publicaron y se incluyen en este apéndice.

A pesar de la poca experiencia con ambos equipamientos, es posible que ambos puedan ser útiles con este tipo de material, si bien seguramente en fases muy distintas: los abrasivos para desbastar bloques de sedimento, es decir, incidiendo en zonas alejadas del fósil y el láser precisamente para lo contrario, para la fase de acabado, parar rematar el tratamiento en algunas zonas de difícil acceso con otras herramientas.

Ia. Equipos de proyección de abrasivos

Los aparatos que proyectan abrasivos tienen una manguera por cuyo extremo sale un chorro de partículas abrasivas propulsadas por aire. Se conoce comúnmente por “chorro de arena” ya que éste fue el abrasivo original. Los modelos son variados aunque, en trabajos de restauración, se emplean básicamente dos tipos: los que proyectan abrasivo y los sistemas que incluyen una cabina con un método de succión que hace que se recicle el abrasivo. Los aparatos pequeños se conocen también como “microchorro” o “microabrasímetros” y se distinguen porque las partículas son de menor dureza y su tamaño es inferior a 60 micras (Pérez Monserrat and Baltuille Martín).

En la limpieza por proyección de abrasivos se elimina la suciedad mediante la abrasión que provoca el impacto de pequeñas partículas. Se controlan diferentes variables, las que tienen que ver con el tipo de aparato (el diámetro de salida de las partículas y la presión) y con el tipo de partícula proyectada (la composición y el tamaño).

Según Whybrow (1985), las primeras noticias sobre el uso de chorro de arena para limpiar fósiles se dieron en 1894 y 1904 (Bernard, 1894; Osborn, 1904). Según algunos Wilson (1995), este es un buen método de limpieza de fósiles, puesto que se elimina la vibración y es incluso recomendable como método de acabado, tras una limpieza previa con otras técnicas. Además de dirigir bien el chorro de abrasivo, hay que proteger el fósil, para lo cual Wilson recomienda adhesivos o ceras; también recomienda como abrasivos el bicarbonato de sodio y la dolomita, abrasivo que también recomienda Rixon (1978).

Con materiales como los fósiles de TD6, el problema es que el hueso normalmente es menos duro que el sedimento que se quiere retirar, por lo que cualquier abrasivo proyectado con el que se pretenda retirar matriz sedimentaria, afecta al hueso. Sin embargo, puede ser una técnica apropiada para rebajar bloques de sedimento, tomando siempre las medidas necesarias para no incidir sobre los fósiles.

Ib. Equipos láser

El término “láser” es un acrónimo de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (*Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación*). El láser es un haz de luz monocromática, es decir, compuesto por un solo color, a diferencia de la luz blanca, compuesta por todos los colores. Al ser monocromática, la luz interacciona fuertemente con

algunos materiales mientras que apenas interactúa con otros (Cooper, 1998). Esto es, según el color del que sea un material absorbe de manera distinta la radiación óptica de los láseres. Así, si la capa que se quiere eliminar es sensible a la radiación del láser y la superficie del objeto a restaurar no lo es, el láser eliminaría la capa de suciedad sin dañar la capa de material. Además, la naturaleza de la luz láser es altamente direccional, lo cual significa que se puede dirigir el haz con mucha precisión. Por último, su energía puede concentrarse en un punto de dimensiones muy pequeñas.

El fenómeno que se produce cuando la luz láser contacta con el material y que permite retirarlo se denomina “ablación”, término que engloba una serie de procesos físicoquímicos (Cooper, 1998) como la vaporización o el ataque químico (etching).

En la práctica, entre otras ventajas, el láser no ejerce presión sobre los objetos y, además, es muy preciso puesto que el radio de acción del haz de luz puede tener fracciones de milímetro. Además, cuando existe esa diferencia cromática entre lo que se quiere retirar y la superficie del objeto tratado, pueden hacerse limpiezas muy selectivas.

Láser para limpiar restos óseos: antecedentes

El láser se ha usado en restauración desde los años 70. Los primeros ensayos publicados se hicieron sobre obra en piedra (Lazzarini et al., 1972; Asmus et al., 1973; Lazzarini & Asmus, 1973). El campo de aplicación ha sido esencialmente este, la piedra, si bien el uso del láser se ha ido extendiendo a otros materiales, entre ellos y aunque en menor medida, hay también algunos trabajos con colecciones de historia natural en general, que incluyen algunos restos óseos en particular.

Asmus (2000) publicó un ensayo de limpieza con láser de una serie de especímenes de una colección de historia natural. Entre ellos había dos restos óseos, con los que probó a eliminar manchas de óxido de hierro y de costra negra. En este artículo no hay conclusiones específicas sobre los restos óseos, sino genéricas sobre la utilidad del láser para limpiar especímenes de colecciones de Historia Natural (Asmus, 2000).

Cornish et al. (2003; 2004) publicaron dos trabajos sobre láser para limpiar también diversos especímenes de colecciones de historia natural. Lo utilizan con éxito para retirar las capas de grafito y oro que tenían como preparación para ser analizados con microscopio electrónico. Entre los especímenes descritos hay restos vegetales, insectos y otros, y

también un resto óseo: una mandíbula de un micromamífero (Sorex) (Cornish y Jones, 2003; Cornish et al., 2004).

Por lo que respecta al uso de láser para retirar restos de sedimento en material óseo, los antecedentes son los de Landucci et al (1999, 2000 y 2003). En 1999 los primeros tests hechos sobre distintos materiales fósiles procedentes de yacimientos italianos de cronología diversa (entre 10 millones de años y Pleistoceno Medio). Según estos autores, los mejores resultados se obtuvieron sobre muestras en las que el color blanco del hueso favoreció la discriminación óptica respecto a la capa oscura que lo recubría y en las, además, que se daba una escasa cohesión entre la superficie ósea y la capa de sedimento (Landucci et al., 1999, 2000; Landucci, 2003).

En el siguiente trabajo (Landucci et al., 2000), tratan una muestra de fósiles de Matassino (Florencia), de 1.8 m.a., e Ingarano (Foggia), de 0.8-0.1 m.a. Antes y después del tratamiento efectúan una serie de análisis dirigidos a caracterizar el material y a evaluar los posibles cambios causados por la limpieza con el láser. Con difracción de rayos X (DRX) caracterizan los componentes de las matrices; también utilizan microanálisis (EDS) para detectar elementos, tanto de las matrices como de los huesos; en este último caso, sólo confirman la presencia de Ca y P. Emplean también cromatografía líquida de alta presión (HPLC) para ver el contenido en flúor y determinar así el grado de fosilización (los valores son de <0.05ppm). Además, realizan la caracterización petrográfica de las matrices. La conclusión principal, acorde con sus estudios previo (1999), es que la efectividad de la limpieza con láser depende de la diferencia cromática, de que la capa que hay que eliminar sea considerablemente más oscura que el sustrato y por lo tanto absorba más radiación, y también de la adhesión entre el hueso y el sedimento.

Finalmente, en el estudio del 2003, continúan con la muestra del yacimiento de Matassino y añaden un molar de hipopótamo de Danakil (Etiopía). De nuevo, concluyen que es útil, aunque es una técnica que complementa otras para rebajar las capas (microchorro de arena) y que lo fundamental es el grado de adhesión de la matriz al hueso.

Pruebas de limpieza en muestras de Gran Dolina y otros yacimientos pleistocenos (López-Polín et al., 2008)

Con el objetivo de evaluar la efectividad de la limpieza con láser para retirar restos de sedimento de materiales óseos similares a los fósiles humanos de TD6, se hicieron una serie de pruebas, publicadas en el artículo que se incluye en este apartado.

Apéndice I – Otras herramientas de limpieza

Las muestras empleadas en este ensayo procedían de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca (Burgos) y de La Cansaladeta (La Riba, Tarragona). Algunas de las muestras de Atapuerca eran del nivel TD6 y presentaban características similares a las de los fósiles que se tratan en esta tesis.

Los objetivos del estudio fueron, en primer lugar, comprobar si el láser era útil para eliminar restos de sedimento y, en segundo lugar, comparar su efectividad y sus posibles efectos negativos con el bisturí, una herramienta empleada habitualmente para el mismo tipo de tareas, es decir, para retirar con precisión capas finas de sedimento.

De este estudio preliminar se desprenden conclusiones similares a las de Landucci et al. (1999, 2000, 2003): el láser puede ser una herramienta útil, normalmente como complemento de otras herramientas mecánicas más contundentes. Para que sea efectivo, es importante que la capa que hay que eliminar sea más oscura que el fósil pero también que la adhesión de esta capa a la superficie del fósil no sea excesiva. Presenta un par de ventajas que pueden ser relevantes: que no se ejerce presión y que es muy preciso; esto puede ser muy útil en zonas finas, delicadas y de difícil acceso. Aun así, este ensayo es sólo una aproximación. Habría que hacer mucho más trabajo experimental y que incorporar la herramienta al trabajo sistemático de restauración de conjuntos amplios de material para conocer mejor las ventajas que puede ofrecer.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

[Publicación 6] – **Laser for removing remains of carbonated matrices from Pleistocene fossils.**

López-Polín, L., Ollé, A., Chamón, J., Barrio, J. (2008), Lasers in the conservation of artworks: **Proceedings of the International Conference Lacona VII, Madrid, Spain, 17-21 September 2007.** New York, CRC Press, 477-481.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

Laser for removing remains of carbonated matrices from Pleistocene fossils

L. López-Polín & A. Ollé

Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili – IPHES, Tarragona, Spain

J. Chamón & J. Barrio

Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad Autónoma, Madrid, Spain

ABSTRACT: In this paper, we study the feasibility of using lasers to remove carbonated sediment layers from Pleistocene bones. The laser facility is a portable Nd:YAG ablation laser with optical fibre. It emits radiation in the near infrared (1064 nm) in Short Free Running mode (SFR). Laser cleaning is compared with mechanical cleaning with a scalpel, a tool that is normally used to prepare fossil remains. This comparison takes into account precision and the time needed to achieve similar results with both laser and manual tools. To assess precision, we monitor the changes on the surface of the bone samples using Optical and Electronic Microscopy (Scanning Electron Microscope –SEM– and Environmental Scanning Electron Microscope –ESEM). The results show that laser cleaning is feasible and that, in some cases, it is more precise than mechanical cleaning.

1 INTRODUCTION

The study of fossil remains often depends on specimens which have been treated by conservators. If fossils are to be classified taxonomically or fully or partially observed, they need to be cleaned so, in many cases, preparation and cleaning are crucial processes. Compacted and hardened sediments are common in many sites, particularly in those environments in which the infiltration of calcium carbonate is usual. Calcium carbonate leads to the presence of hard deposits on the surface of the fossils which are difficult to remove.

Traditionally the enclosing matrix has been removed by mechanical tools and chemicals, which are also often used for final surface cleaning. Although lasers have been used in other fields of conservation for many decades, it has not been used (at least to such an extent) in the field of ancient bone remains. In fact, very little work has been done on lasers being applied to palaeontological specimens (Landucci et al. 1999, 2000, 2003, Asmus 2000, Cornish & Jones 2003, Cornish et al. 2004) and there are very few papers that deal with lasers being used to remove particles of sediment (Landucci et al. 1999, 2000, 2003).

In this article we present the results of some tests on Pleistocene bones with two specific aims: to determine whether it is feasible to use lasers to remove the remains of a carbonated matrix; and to compare

the effectiveness of lasers and traditional manual tools. We consider effectiveness to be a combination of speed and precision.

In order to achieve these aims we designed an experiment in which separate test pits were made in some specimens with both a laser and a scalpel. Then, we compared the effectiveness of each technique by monitoring the time taken and the final appearance of the fossils, particularly the degree of cleaning and the respect for the original surface of the bones.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1. *The fossil sample*

The fossil sample consists of macromammal bones from two Pleistocene sites: Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain) and La Cansaladeta (La Riba, Tarragona, Spain).

From the Gran Dolina site, we selected 10 bones, from two different levels: TD6 (c. 800,000 years ago) and TD10 (c. 350,000 years ago) (Falgüeres et al. 2001). From La Cansaladeta we treated one bone from level K (c. 400,000 years ago) (Angelucci et al. 2004). These bones had sediment remains on their surface and needed to be cleaned prior to study. We also selected a fragment of bone from TD10, which was indeterminable and lacking an exact origin. This sample was used for destructive assays.

The concretions that we had to clean were made up of carbonated sediment, mainly clay, but also silt and sand. The color of the concretions—reddish—was different enough from the color of the bone—whitish—to allow laser treatment.

2.2. The laser treatment

In this study, we treated 11 samples. In some cases, prior to laser cleaning, we reduced the sediment layer with mechanical tools to obtain a layer that was approximately 1-mm thick.

The laser equipment was a portable Nd:YAG ablation laser with optical fiber. It emits near infrared radiation (1064 nm) in the Short Free Running mode (SFR).

We made some initial tests on these bones and in other samples to determine the range of suitable parameters. As a result of these tests, we chose the following parameters: energy between 0.7-1 J; a spot of 6mm; fluencies between 2.5 – 3.5 J/cm²; frequency between 4-10 Hz.

The treatment was performed in water-assisted conditions: that is to say, the surface was kept wet during irradiation or the sample was totally immersed).

Laser treatment was carried out until the degree of cleaning was maximum. Finally, to characterize the potential alterations caused by laser irradiation, we actually induced damage on the surface of one of the samples.

2.3. Surface examination techniques

We examined the surface of the bones after the treatment by means of optical and electronic microscopy to evaluate the precision of the cleaning techniques. We used an *Olympus SZ11* stereoscope (with a digital photo system *Infinity X*), a *JEOL 6400* Scanning Electron Microscope, and a *FEI Quanta 600* Environmental SEM.

In some cases, to record the original surfaces of the bones and make it possible to compare the same points once they had been treated, we used high resolution replicas. The replication technique involved silicone-based dental impression materials (*Provil novo Light*) to make moulds, and bicomponent rigid polyurethane resin (*Synthesia* corp.) to make casts.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Induced damage

We used a laser to irradiate the clean surface of a bone. We carried out a systematic sweep (making lines) with different parameters (energy between

0.2-0.8 J; spot between 1.5-10 mm; fluencies between 0.3-6.4 J/cm²; frequency of 8 Hz) (Fig.1). Half of the bone was dry, while the other half was wet.

In the dry half, the colour changed to greyish or black. Furthermore, excessive exposure of bone to the laser produced small holes, craquelures, and a molten appearance. These surface modifications seem to have been caused by the heating of the surface under the laser spot. On the other hand, the wet half of the bone was mostly unaltered with the same parameters.

With this test we verified the considerable difference between the effects of the dry and the wet treatment. As other authors have pointed out (e.g. Landucci 2000, 2003), wetting is necessary to minimize the heat effect of laser irradiation. This, then, limits the usefulness of laser treatment, as sometimes wetting specimens is not possible. Moreover, with this test we were able to characterize damage caused by over-heating. Some of the samples were damaged by bad handling of the tool (inappropriate choice of parameters, too much time spent on the same spot, etc.). Laser, like all other tools used in conservation, needs to be handled by trained professionals.

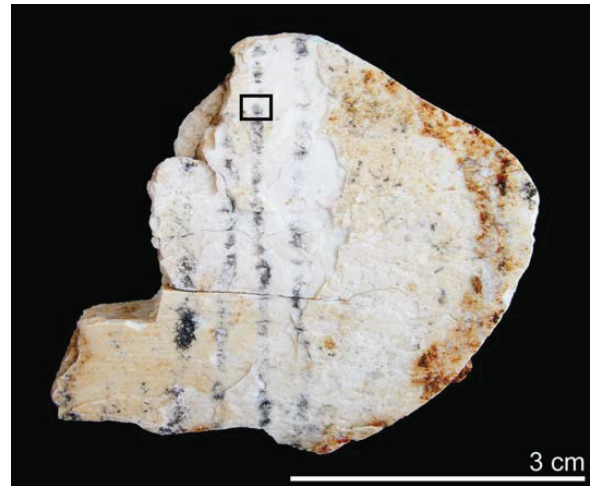


Figure 1. Induced damage with laser on the surface of a fossil from level TD10 of Gran Dolina. The dark bands correspond to laser sweeps carried out using different parameters. The box indicates the area shown in figures 2a and 2b.

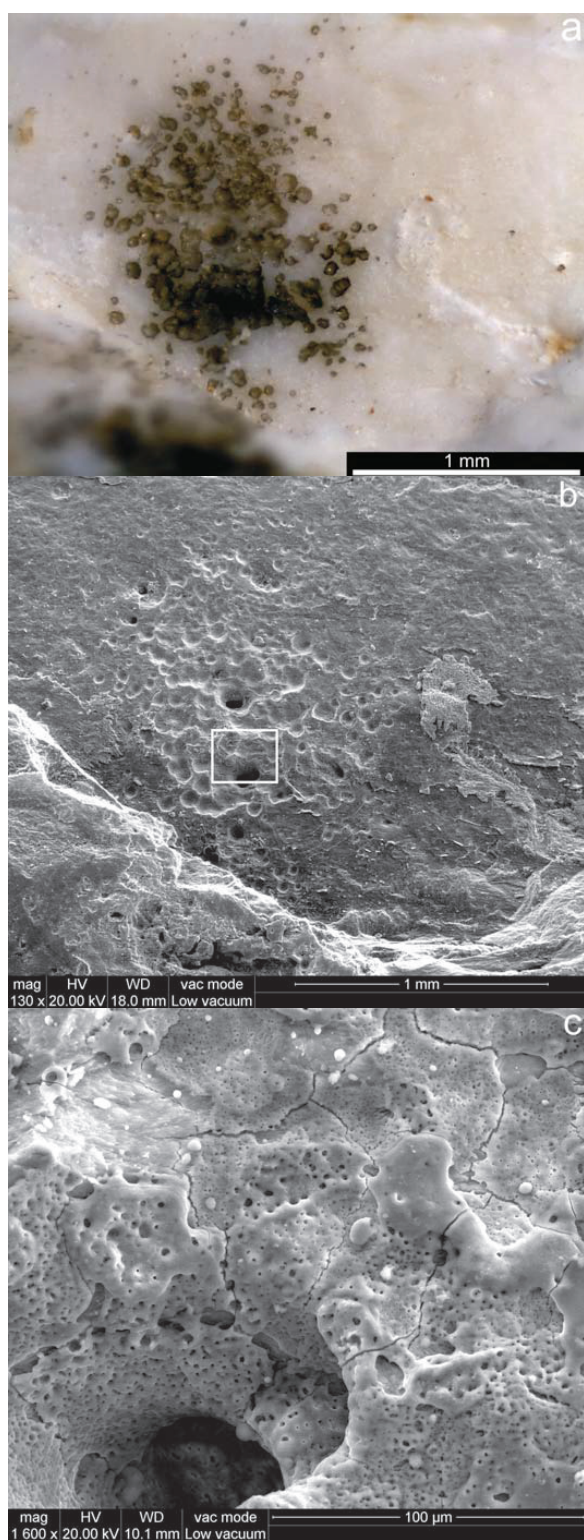


Figure 2. Detail of the effects on the bone surface after laser treatment at 800mj, 8Hz, spot 4mm. a) The spot under the stereoscopic microscope; b) The same area under the ESEM, low vacuum mode; c) Enlarged view of the effects of laser on the bone surface (area marked by a white box in 2b). Small holes, craquelures, and a molten aspect are the features of the thermal alteration produced by an excessive exposure of bone to the laser.

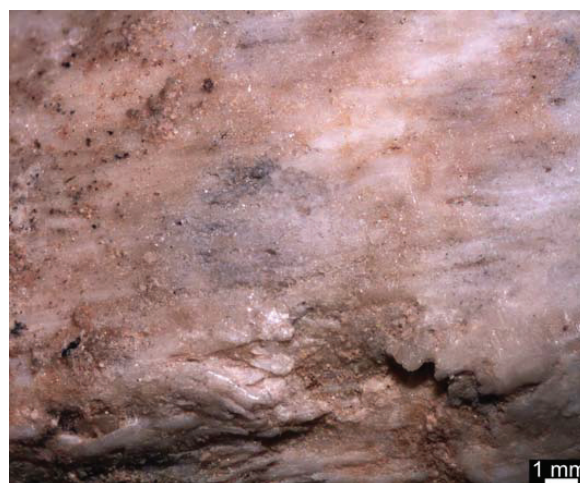


Figure 3. Detail under the stereoscopic microscope of the surface of a laser treated fossil, also coming from Gran Dolina site. The dark spot in the centre of the picture is quite similar to the experimentally induced surface alteration, and it is a kind of damage that can occasionally appear as the result of errors in laser handling (inadequate choice of parameters, too much time focusing in the same spot...)

3.2. Laser cleaning

We have shown that lasers can be effective at removing carbonated sediment layers up to 1mm thick. As we have pointed out above, surface wetting is needed to achieve harmless cleaning. Furthermore, not only wetting but complete immersion of the bones in water gave good results. Immersion provides continuous refrigeration of the surface and prevents heating. Immersion also causes the formation of bubbles, which seems to improve the mechanical action.

In some bones, laser cleaning gave excellent results (e.g. Fig. 4) whereas in other apparently similar bones from the same sites, results were not so good (at least no better than with a scalpel).

Results seem to be related more to how the sediment layer is joined to the bone surface than to its composition (we treated concretions of similar compositions and obtained different results depending on the degree of adhesion). Lasers are especially useful in difficult access areas (nooks) or in rough zones where other tools (e.g. scalpels) cannot access or are not selective enough. Finally, as lasers are a non-contact tool, they are a good solution when the bone is fragile and thin. With conventional tools we inevitably exert pressure on the specimen and this can sometimes be a risk.

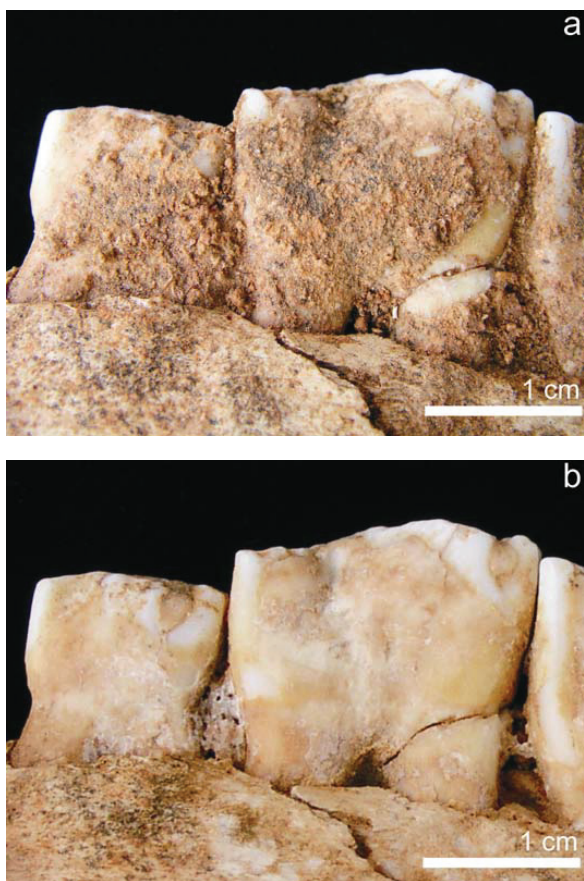


Figure 4. Mandible of bovidae from level TD6 of Gran Dolina site. Detail of the same area before cleaning (a), and after the treatment with laser (b).

3.3. Laser versus scalpel

In this study, we have compared treatment by laser and by scalpel. First, because both these tools are used to treat thin layers and provide precise cleaning. Secondly, because scalpels are commonly used by conservators, they can be used to compare the results of laser treatment.

In some cases the appearance of the treated surfaces and the working times after using a laser or scalpel were similar in the same sample but in others the differences were considerable. In some cases, when the carbonated sediment was strongly adhered to the bone surface, the laser was quicker than the scalpel (and apparently more precise) (Fig. 5). Furthermore, on softer bones, the scalpel commonly leaves some marks while the laser does not. In some cases, then, the laser is a clear improvement.

To summarize, each case has its own characteristics. Acceptable results can be provided by lasers depending on the combination of such factors as the sediment-bone adhesion, the hardness or weakness of the bone, the kind of surface (rough), etc. Finally, although we have used the techniques separately for

purposes of comparison, a complete treatment would certainly involve some sort of combination.

4 CONCLUSIONS

Laser is a useful tool for cleaning carbonated concretions on this kind of fossil bone. The working irradiation parameters have to be adjusted to the characteristics of the sample to be cleaned, and it must be wetted for good results.

Depending on the type of sample, lasers are equivalent to other mechanical tools in terms of precision, effectiveness and working time. In some cases, lasers are quicker and more precise than the scalpel, and they leave fewer marks on the bone surface. In other cases, they are as efficient as scalpels only when high energy parameters, which may damage the bone surface, are used.

Whether results are good or not depends on what is known about the material treated (both the fossils and the characteristics of the enclosing rock matrices), on previous experience in conservation treatments, and, especially, on the user's skill in handling the laser cleaning equipment.

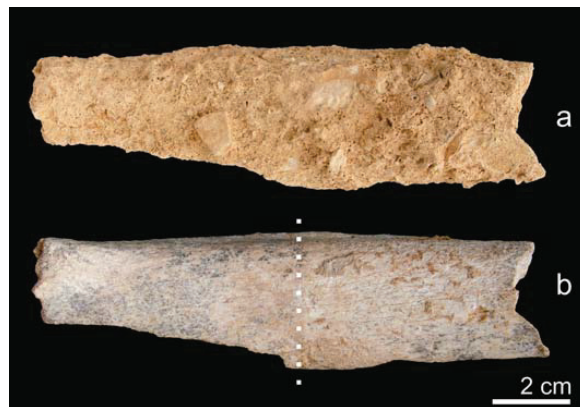


Figure 5. Fossil from La Cansaladeta site (La Riba, Tarragona), completely covered by sediment strongly adhered to its surface (a). Firstly we removed the sediment with an ultrasonic piezoelectric device, until we had a thin layer of carbonated sediment (1mm approximately). Then we cleaned one half with laser (figure 7 b, right) and the other half with scalpel (figure 7b, left), in order to compare effectiveness as well as damage on the bone surface.

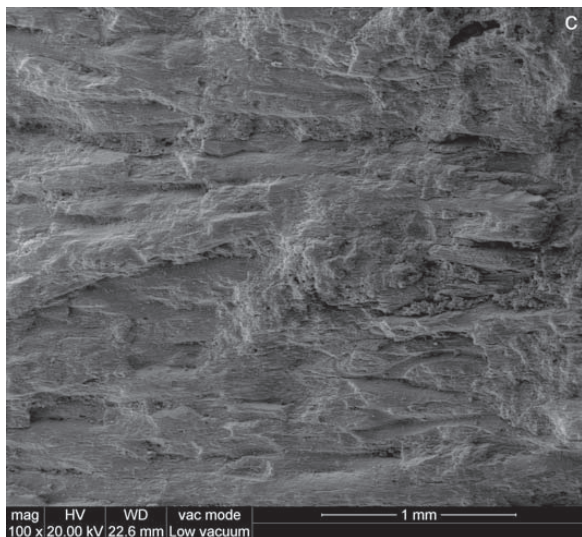
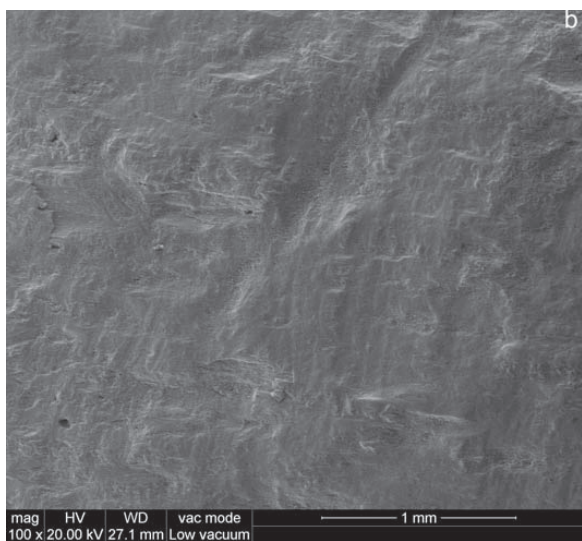


Figure 6. Details of the bone surface of the fossil in figure 5 under stereoscope microscope once cleaned. The white line separates the area treated by scalpel (left) from that one cleaned by laser (right). Enlarged view under ESEM (low vacuum mode) of both areas (b and c respectively). The laser did not leave visible marks (although some microscopic detaching can be observed on the bone surface after the treatment).

Acknowledgements. We are grateful to M. Moncusí and M. Stankova of the Microscopy Unit of the Scientific and Technical Service of the URV. We also thank E. Catalán and A. I. Pardo for their assistance at the Conservation Laboratory of the Universidad Autónoma de Madrid. L.L-P. is the recipient of a pre-doctoral research grant from the Rovira i Virgili University. J.Ch. receives a pre-doctoral research grant from the Spanish Ministry of Education and Science. Thanks are also given to EL. EN. (Italy) and Laser Tech ibérica.

REFERENCES

- Angelucci, D. E., Cáceres, I., Lozano, M., Ollé, A., Rodríguez, X.P., Vergès, J.M. 2004. El jaciment de la Cansaladeta (la Riba, Alt Camp) en el marc del Plistocè mitjà català. *Cypselia* 14: 151-170.
- Asmus, J. F. 2000. Laser divestment for natural history museum collections. *Journal of Cultural Heritage* 1: 259-262.
- Cornish, L. & Jones, C.G. 2003. Laser cleaning of natural history specimens and subsequent SEM examination. In J. H. Townsend, K. Eremin & A. Adriaens (eds), *Conservation science 2002 : papers from the conference held in Edinburgh, Scotland, 22-24 May 2002*. London: Archetype.
- Cornish, L., Miller, G. & Jones, C. 2004. Pulsed laser cleaned natural history specimens with reference to the removal of conductive coatings. In K. Dickmann, C. Fotakis & J. F. Asmus (eds), *Lasers in the Conservation of Artworks. Lacona V Proceedings, Osnabrück, Germany, September 15-18, 2003*. Springer Verlag.
- Falguères, C., Bahain, J.-J., Yokoyama, Y., Bischoff, J.L., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., Dolo, J.-M. 2001. Datation par RPE et U-Th des sites pléistocènes d'Atapuerca : Sima de los Huesos, Trinchera Dolina et Trinchera Galería. Bilan géochronologique. *L'Anthropologie* 105: 71-81.
- Landucci, F., Pecchioni, E., Pini, R., Siano, S. & Salimbeni, R. 1999. A new laser approach in the conservation of paleontological findings. In A. Guarino (ed.) *2nd International Congress on Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin, 5-9 July 1999, Paris, France: Proceedings*. Paris: Elsevier.
- Landucci, F., Pini, R., Siano, S., Salimbeni, R., Pecchioni, E. 2000. Laser cleaning of fossil vertebrates: a preliminary report. *Journal of Cultural Heritage* 1: 263-267.
- Landucci, F., Pecchioni, E., Torre, D., Mazza, P., Pini, R., Siano, S., Salimbeni, R., 2003. Toward an optimised laser cleaning procedure to treat important palaeontological specimens. *Journal of Cultural Heritage* 4: 106-110.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

Apéndice II – **Inventario de fósiles humanos de TD6**

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

Apéndice II - Inventario de fósiles humanos de TD6

La información de este apéndice complementa la del capítulo 3, concretamente, al apartado 3.2. “La revisión de los fósiles de 1994-1996 a efectos de inventario”.

En el primer apartado se recogen algunos datos sobre la revisión, especialmente por lo que respecta al trabajo de comprobación de las siglas de los fósiles. En el segundo, se presenta el catálogo actualizado de los fósiles humanos de TD6.

Ila – Revisión del inventario y asignación de nuevas siglas

En 2006 se llevó a cabo una revisión de los fósiles de TD6 recuperados en la etapa de 1994-96. La mayoría de los fósiles humanos se encontraban entonces en el CENIEH, separados del resto de material óseo de TD6. Seis de los fósiles se encontraban en el Museo de Burgos¹. En cualquier caso, todos los fósiles humanos se encontraban fuera de sus bolsas originales, por lo que no tenían la etiqueta que se pone durante la excavación y en la cual se encuentran los datos correspondientes a la sigla de campo. Así, la sigla que tenían rotulada era la específica para los fósiles humanos (ATD6-número, ver capítulo 3). Con esta referencia, se comprobó que el elemento y las siglas coincidieran con los datos de las publicaciones de referencia (detalladas más adelante) y con la base de datos del yacimiento. Todos los fósiles se revisaron y fotografiaron y, a la vez, se cotejó su sigla e imagen con las de las publicaciones, así como con los datos de la base de datos general de Gran Dolina² (en adelante, “base de datos general”).

En la base de datos general, se encuentran los campos que identifican los registros coordinados: año de excavación, yacimiento, nivel, subnivel, talla, cuadro, número, coordenadas (x, y, z) y medidas. En el caso de los fósiles humanos, se encontraba también en otro campo la sigla-homo, imprescindible para realizar la comprobación durante esta revisión (ya que, al no tener la etiqueta original, era la única referencia con la que se contaba). Además, hay algunos listados inéditos en los que hay fósiles de TD6 identificados como humanos o “posibles humanos” y con una sigla-homo relacionada. De hecho, al menos parte de las siglas volcadas a la base de datos general, proceden de esos listados. Sin embargo, hay diferencias entre ellos y no hay uno de referencia, es decir: no hay actualmente un listado único con la correspondencia entre la sigla de campo y la sigla-homo.

Las publicaciones de referencia para comprobar el inventario fueron los artículos de Carbonell et al. (1995) y Bermúdez de Castro et al. (1997) de la revista *Science*, así como los diferentes artículos del número monográfico de la revista *Journal of Human Evolution* (1999) en los que se presenta por primera vez el estudio detallado de los fósiles de esta primera etapa. Arsuaga et al. los restos craneales; Bermúdez de Castro et al. los dientes; Carretero et al. el esqueleto postcraneal axial y apendicular; Lorenzo et al. los fósiles de las

¹ ATD6-16 temporal; ATD6-43 radio; ATD6-54 vértebra; ATD6-59 metacarpo; ATD6-81 cráneo; ATD6-90 vértebra.

² Hay una base de datos, a la que aquí nos referimos como “general”, en la que se introducen datos de todos los yacimientos de la Trincheras del F. y también de El Mirador así como de diversos yacimientos al aire libre (Valle de las Orquídeas, Fuente Mudarra, Hotel California y Hundidero). En ella se vuelca la información que conforma el inventario de todos los restos y su referencia espacial. El programa empleado es Filemaker.

manos y los pies; y, finalmente, Rosas et al. los fragmentos mandibulares. Todos estos artículos cuentan con fotografías de la mayoría de los fósiles³.

En los dos artículos de la revista *Science* se presentaron por primera vez los listados de fósiles humanos de TD6. En el primero, aparecen inventariados 36 fósiles (con la sigla homo, hasta el número el ATD6-36). En el segundo, aparecen otros 38 fósiles siglados entre ATD6-38 y ATD6-312. Es decir, hay dos números intermedios que no se mencionan en ninguna estas dos publicaciones (el 37 y el 38, que aparecen en los siguientes artículos de 1999). Pero, a efectos de inventario, lo más relevante es que en la segunda publicación se observa un cambio de sistema: en la primera el listado consta de 36 fósiles y acaba en ATD3-36; mientras que en la segunda, se listan 38 fósiles⁴, pero el listado empieza en ATD6-38 y termina en ATD6-312, es decir, faltan muchos números intermedios. Es difícil saber por qué se produjo este cambio de sistema, pero lo cierto es que en algún momento posterior a la publicación de 1995, se asignó esta sigla-homo a muchos fósiles, no sólo humanos. De hecho, en muchas bolsas de restos faunísticos de TD6 se ha encontrado una “sigla-homo” rotulada (figura 10, capítulo 3). Seguramente, esta sigla-homo se asignó, a diferencia del año anterior, a los que debían revisarse para confirmar o descartar que fueran humanos.

Durante la revisión se detectaron algunas discordancias en las publicaciones y en la base de datos. En este último caso, algunos restos óseos no publicados como humanos estaban como Homo (u “¿Homo?”). Del mismo modo, algunos restos no publicados como humanos tenían una sigla homo asignada y, por el contrario, otros sí publicados no la tenían. También había otros muchos interrogantes en esa base de datos respecto a la sigla específica de humanos. Este tipo de fallos se corrigieron. Para aclarar algunos casos, se revisaron las hojas de campo, es decir, las hojas en las que se encuentran las anotaciones realizadas durante la excavación y que son el origen de los datos volcados en la base de datos. Ante la posibilidad de haber errado en algún dato y, en cualquier caso, para facilitar futuras revisiones, se ha dejado en un informe esta información, incluidos los listados con los registros exportados de dicha base de datos antes de introducir estas correcciones y el más reciente, exportado al cierre de esta tesis, para que así se pueda volver al punto de partida si es necesario.

³ Se ha detectado una errata: una sigla que se asigna a dos fósiles diferentes. Concretamente, ATD6-89, que aparece en Arsuaga et al. (1999) como fragmento craneal y en Carretero et al. (1999) como costilla (la sigla correcta es la de la costilla, y el fragmento craneal es en realidad el ATD6-81, tal como puede verse en la sigla rotulada).

⁴ Se cuenta como un solo fósil un metacarpo formado por dos fragmentos, cada uno de ellos con una sigla homo diferente, ATD6-70+107.

Tener un listado de referencia de esas siglas era necesario, ya que había que asignar nuevas siglas a los nuevos fósiles. Así, cuando se inició el siglado de los fósiles de la segunda etapa de excavaciones, se acordó retirar de la base de datos las siglas-homo que no pertenecían a ningún resto humano y reasignarlas a los nuevos restos humanos. Esto se hizo considerando que todos los fósiles humanos con sigla específica (sigla-homo) se encontraban entre la colección correspondiente (con los humanos, no con los restos de fauna) y que, además, eran los fósiles publicados como humanos en los artículos en los que los fósiles fueron descritos por primera vez (Carbonell et al. 1995; Bermúdez de Castro et al., 1997, 1999; Arsuaga et al. 1999; Lorenzo et al. 1999; Carretero et al. 1999; Rosas et al. 1999).

En cuanto a la asignación de las nuevas siglas-homo, se discutió si se debía partir de la cifra más elevada publicada (en principio ATD6-312) o si, por el contrario, había que usar las cifras intermedias no asignadas a ningún otro resto. Finalmente, se optó lo segundo, puesto que no parecía que pudiera haber alguna razón para dejar tantos números sin asignar. En definitiva, tras comprobar los fósiles humanos existentes, cotejando la colección y las publicaciones, se se asignaron las siglas “vacías” a los fósiles de nuevo descubrimiento.

Sin embargo, tras haber asignado muchas de estas siglas, se vio que en otro artículo del mismo número monográfico de 1999, el de Fernández-Jalvo et al. sobre canibalismo, aparecen algunos fósiles referenciados que, sin embargo, no se mencionan en el resto de las publicaciones (tabla 1). En esta publicación aparece por primera vez el listado de todos los fósiles humanos juntos, pero no se consideró en la primera revisión del inventario de fósiles puesto que en ella no se realizaba el estudio anatómico de los fósiles. Pero en esta publicación había una serie de fósiles publicados como humanos, luego con una sigla-homo que no se había tenido en cuenta a la hora de reasignar las siglas de la nueva etapa.

Entonces, por un lado, hubo que corregir y resiglar algunos fósiles a los que se había asignado una de las siglas publicadas en dicho listado (las de la tabla 4); como se trataba de fósiles inéditos, se corrigió sin más⁵. Por otro, se inició la búsqueda de esos fósiles. Estos fósiles se buscaron considerando que la mayoría de estas siglas-homo publicadas en este listado estaban inicialmente, es decir, antes de que se eliminaran por no pertenecer a fósiles humanos, recogidas en la base de datos de Gran Dolina y, por lo tanto, relacionadas con registros coordinados y con su sigla de campo correspondiente. Además, algunos de los fósiles se reconocieron también porque tenían la sigla-homo rotulada sobre el hueso o en la

⁵ Las correcciones también se han dejado en el mismo informe con el resto de información sobre el inventariado.

bolsa (Figura 10 capítulo 3). De hecho, dos de los fósiles estaban junto al resto de la colección de fósiles humanos; se reconocieron porque tenían la sigla homo rotulada (faltaría determinar si son o no humanos). Otros seis, se localizaron entre los restos faunísticos. Buena parte de estos fósiles son finalmente restos humanos, mientras que otros están por confirmar. Quedan, no obstante, algunos casos por aclarar, porque algunos no se han localizado aún (Tabla 1), aun así, se recogen las siglas en el catálogo del apartado siguiente (IIb) para evitar que suceda lo mismo que con las mencionadas. Es decir, aunque en algunos casos, no está claro a qué fósil se refieren, hubo que rectificar con el objetivo de preservar esas siglas ya publicadas.

Sigla	Elemento	Localización	Sigla de campo	Taxón
ATD6-40	Vértebra torácica	F	ATA94-TD6-I16-365	Hominidae
ATD6-49	Maxilar	-	ATA95-TD6-G17-150	
ATD6-60	Cráneo (pterion)	H	ATA95-TD6-H17-79	¿Hominidae?
ATD6-62	Cráneo (etmoides)	-	ATA95-TD6-G18-71	
ATD6-63	Mandíbula ⁶ (protuberancia mentoniana)	-	ATA95-TD6-G18-?	
ATD6-64	Clavícula	F	ATA95-TD6-H16-92	¿Hominidae?
ATD6-71	Cráneo (frontal?)	-	ATA95-TD6-G17-109	
ATD6-72	Cráneo (frontal?)	-	ATA95-TD6-G17-126	
ATD6-73	Cráneo	-	ATA95-TD6-H16-84	
ATD6-78	Cráneo (frontal?)	-	ATA95-TD6-H16-217	
ATD6-87	Cráneo	H	ATA95-TD6-G17-116	¿Hominidae?
ATD6-91	Cráneo (apófisis mastoidea)	F	ATA95-TD6-H16-239	Fauna
ATD6-307	Vértebra torácica	F	ATA94-TD6-H16-30	Hominidae
ATD6-308	Costilla	F	ATA95-TD6-H16-223	Hominidae
ATD6-309	Vértebra torácica	F	ATA95-TD6-G16-85	Hominidae

Tabla . Fósiles recogidos en Fernández-Jalvo et al. 1999 que no aparecen en otras publicaciones. En "localización", F= hallado entre los restos de fauna; H= entre la colección de restos humanos (en 2006); - = no localizado. Se han añadido también la sigla de campo que en principio les correspondería y la identificación provisional de los fósiles.

En definitiva, la asignación de las nuevas siglas-homo ha sufrido algunas correcciones. El origen del error es que de esta sigla específica no existía un inventario de referencia, sino varios y ninguno completo, ya que había más fósiles con la sigla rotulada en la bolsa de los que había recogidos en los listados. Con los fósiles de 1994 se siguió el criterio de asignar dicha sigla sólo a los claramente atribuidos a Homo, es decir, a los que se publicaron. Sin embargo, con los de 1995 se asignaron muchas, no sólo a los claramente identificados

⁶ El fragmento mandibular ATD6-63 también se menciona en Bermúdez de Castro et al., 1997, pero luego no se publica en ningún otro sitio (ni se ha localizado).

como humanos, y no se dejó ningún listado de referencia con todas ellas, por lo que en realidad no es posible saber cuántas se llegaron a asignar.

Sin un inventario de referencia, se pueden ocasionar errores como los que de hecho se han producido en esta segunda etapa de trabajos, ya que algunas de esas siglas-homo que no estaban en realidad asignadas a fósiles humanos de la colección (ni en inventarios accesibles) se reasignaron a otros fósiles. Este error, en este caso, se ha resuelto gracias a que muchos fósiles (y su sigla errónea) permanecían inéditos. De lo contrario, podía haberse dado el caso de publicar fósiles diferentes con la misma sigla, algo que, según el contexto, puede ser más o menos relevante. En cualquier caso, cuando se asigna un número de inventario, se hace precisamente para tener una referencia inequívoca de cada resto; si esto no se logra, el trabajo no es correcto. Más relevante es en cualquier caso, como se ha explicado en el capítulo 3, que con la asignación de esta sigla específica, no se pierda la original, la de campo, que es la que permite saber la procedencia exacta de cada fósil. Con el inventario que se presenta en este apéndice, están las dos siglas relacionadas y los fósiles identificados con una fotografía para intentar mejorar este aspecto.

IIb – Catálogo de los fósiles humanos de TD6

En este apartado se encuentra el catálogo actualizado de fósiles humanos de TD6. Todos tienen las dos siglas, la de campo y la específica de la colección de fósiles humanos (sigla-homo). También hay una fotografía de cada fósil (la escala representa en todas ellas 2cm).

Se incluyen también algunos fósiles cuya asignación a Homo no está confirmada (pero que por diversos motivos, tienen sigla-homo asignada). Muchos de ellos son aún fósiles inéditos (cuya determinación podría sufrir modificaciones). El objetivo de este catálogo es dejar un inventario que sea útil para continuar con el trabajo de inventariado para nuevos fósiles, por lo que se ha considerado preferible que constaran todos ellos, a pesar de que pueda haber algún cambio en el futuro. En principio, no hay más siglas-homo (ATD6-número) publicadas que las que se presentan en este catálogo, por lo que para los nuevos fósiles, podría asignarse el resto. En cualquier caso, habría que decidir si es preferible empezar a siglar a partir de una cifra elevada que no se haya utilizado.

A la derecha del catálogo se indica si hay información sobre la restauración. Se especifica si el fósil ha restaurado antes de que se hiciera esta tesis (“Rest. previa”) o si se ha restaurado en el marco de esta tesis. En cuanto a estos últimos, hay dos categorías, los que cuentan con la descripción de su tratamiento en el apéndice IV y los que se han restaurado más recientemente y cuyo informe final no se ha elaborado y, por lo tanto, no se encuentra en el apéndice IV (“Doc. Pendiente”). También hay algunos fósiles que no se trataron o que se restauraron en el Laboratorio de Conservación y Restauración del CENIEH (y así se especifica). Finalmente, también hay algunos cuya restauración aún está en curso (“Rest. en curso”).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

ATD6-1 Diente (canino inf izq)

ATA94-TD6-t37-I18-3

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-2 Diente (incisivo (I2) inf izq)

ATA94-TD6-I18-85

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-3 Diente (premolar (P3) inf dch)

ATA94-TD6-t37-I18-2

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-4 Diente (premolar (P4) inf dch)

ATA94-TD6-t37-I18-1

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-5
(+ ATD65a y 5b)

Mandíbula

ATA94-TD6-t37-I18-14

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Rosas et al., J.Hum.Evol., 1999,37.

ATD6-5a y 5b se les ha asignado respectivamente ATA94-TD6-I18-83 y 84 (ver apéndice III).



Rest. previa

ATD6-6 Diente (canino inf dch)

ATA94-TD6-I18-86

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-7 Diente (premolar (P3) sup dcho)

ATA94-TD6-t36-I17-4

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-8 Diente (premolar (P4) sup dch)

ATA94-TD6-t36-I17-4

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-9 Diente (premolar (P4) sup izq)

ATA94-TD6-t36-I17-4

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-10 Diente (molar (M1) sup dch)

ATA94-TD6-t36-I17-4

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.



Rest. previa





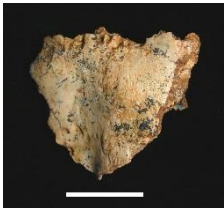


ATD6-11 Diente (molar (M1) sup izq)

ATA94-TD6-I18-87

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-12	Diente (molar (M2) sup dch) ATA94-TD6-t36-I17-4 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-13	Maxilar (fragmento de maxilar izquierdo, C y P3) ATA94-TD6-t37-I18-5 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-14	Maxilar (Fragmento de maxilar izquierdo, dc-dm1) ATA94-TD6-t38-I16-33 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-15	Cráneo (frontal) ATA94-TD6-t39-H18-49 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Arsuaga et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-16	Cráneo (temporal derecho, asterion) ATA94-TD6-t37-J18-4 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Arsuaga et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-17	Cráneo (temporal) ATA94-TD6-t39-G17-82 (+ATA94-TD6-t39-G17-90) Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Arsuaga et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-18	Cráneo (temporal) ATA94-TD6-t39-I16-367 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Arsuaga et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.		Rest. previa

ATD6-19 Cráneo (cigomático)

ATA94-TD6-t37-H18-1

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Arsuaga et al., J.Hum.Evol., 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-20 Cráneo (temporal)

ATA94-TD6-t38-H18-25

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Arsuaga et al., J.Hum.Evol., 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-21 Radio izquierdo

ATA94-TD6-t39-G17-87

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Carretero et al., J.Hum.Evol., 1999, 37.

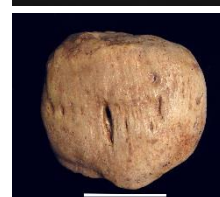


Rest. previa

ATD6-22 Rótula dch

ATA94-TD6-t38-G17-59

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Carretero et al., J.Hum.Evol., 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-23 Ganchoso izq

ATA94-TD6-t38-I17-134

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Lorenzo et al., J.Hum.Evol., 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-24 Grande izq

ATA94-TD6-t38-G16-15

Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Lorenzo et al., J.Hum.Evol., 1999, 37.



Rest. previa







ATD6-25 Metatarso


ATA94-TD6-t39-I16-78

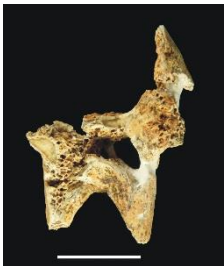






Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Lorenzo et al., J.Hum.Evol., 1999, 37.



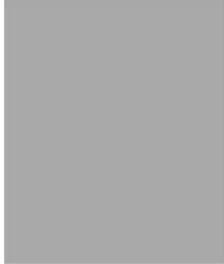








Rest. previa

ATD6-26	Metacarpo ATA94-TD6-I18-88 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Lorenzo et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-27	Falange proximal de mano (dedo 2-3) ATA94-TD6-t37-I18-16 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Lorenzo et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-28	Falange medial de mano (dedo 3-4) ATA94-TD6-t39-I16-95 (+ATA94-TD6-I16-96) Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Lorenzo et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-29	Falange proximal de mano (dedo 2-3) ATA94-TD6-t39-I16-83 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Lorenzo et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-30	Falange de pie ATA94-TD6-t37-I18-37 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Lorenzo et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-31	Falange de pie ATA94-TD6-t38-I16-31 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Lorenzo et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa

ATD6-32	Falange de pie ATA94-TD6-I18-89 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Lorenzo et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-33	Falange de pie ATA94-TD6-t38-G17-415 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Lorenzo et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-34	Falange de pie ATA94-TD6-t36-I17-8 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Lorenzo et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-35	Falange medial de pie (dedo 4 o 5) ATA94-TD6-t37-J17-6 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Lorenzo et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-36	Falange de pie ATA94-TD6-t36-H18-60 Carbonell et al., Sci., 1995, 269; Lorenzo et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37		Rest. previa
ATD6-37	Clavícula 1995-TD6-REM-1 Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-38	Cráneo (cigomático) ATA95-TD6-t40/41-H16-90 Arsuaga et al., J.Hum.Evol, 1999, 37. (en Fernández-Jalvo et al. 1999, la sigla ATD6-38 está asignada a una vértebra)		Rest. previa
ATD6-39	Costilla ATA95-TD6- t40/41-H16-94 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276.; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa

ATD6-40	Vértebra torácica ATA94-TD6-I16-365 Fernández-Jalvo et al., J.Hum.Evol, 1999, 37 (sólo referenciada).		Apéndice IV
ATD6-41	Costilla ATA95-TD6-t40/41-G16-65 Inédito		Apéndice IV
ATD6-42	Costilla ATA94-TD6-t38-I16-24 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-43	Radio ATA95-TD6- t40/41-G16-87 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-44	Falange de mano ATA95-TD6- t40/41-G16-99 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276.; Lorenzo et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37		Rest. previa
ATD6-45	Vértebra lumbar ATA95-TD6- t40/41-G16-110 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-46	Falange medial mano ATA95-TD6- t40/41-G16-111 Lorenzo et al., J.Hum.Evo.I, 1999, 37 (no aparece en el listado de Science 1997)		Rest. previa

ATD6-47	Costilla ATA94-TD6-t39-I16-45 Inédito		Rest. en curso
ATD6-48	Diente (incisivo (I2) inf izq) ATA95-TD6- t40/41-G17-122 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276.; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-49 ¿Homo?	Maxilar (No localizado) ATA95-TD6-t40/41-G17-150 Fernández-Jalvo et al., J.Hum.Evol, 1999, 37 (sólo referenciada). (En la base de datos de Gran Dolina ATD6-49 correspondía a esta sigla de campo).		Rest. previa
ATD6-50	Clavícula ATA95-TD6- t40/41-H16-75 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-51	Vértebra cervical ATA95-TD6- t40/41-G16-98 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-52	Diente (incisivo (I1) inf izq) ATA95-TD6- t40/41-H16-124 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276.; Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-53	Falange medial de mano ATA95-TD6- t40/41-H16-134 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Lorenzo et al., J.Hum.Evo.I, 1999, 37.		Rest. previa

ATD6-54	Vértebra cervical (axis) ATA95-TD6- t40/41-H16-135 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-55	Clavícula ATA95-TD6- t40/41-H16-148 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-56	Rótula ATA95-TD6- t40/41-H16-157 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-57	Cráneo (temporal) ATA95-TD6- t40/41-H16-279 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276.; Arsuaga et al., J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-58	Maxilar (fragmento de malar y maxilar) ATA95-TD6- t40/41-H17-67 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Arsuaga et al., J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-59	Metacarpo (dedo 2 izq) ATA95-TD6- t40/41-H17-68 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Lorenzo et al., J.Hum.Evo.l., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-60 ¿Homo?	Cráneo (pterion) ATA95-TD6- t40/41-H17-79 Localizado entre los fósiles humanos (en 2006) y siglado como ATD6-60; la correspondencia con la sigla de campo procede de la base de datos de Gran Dolina. Fernández-Jalvo et al., J.Hum.Evol, 1999, 37 (sólo referenciado).		Rest. previa
ATD6-61	Vértebra ATA94-TD6-t37-J18-60 Inédito		Apéndice IV

ATD6-62
 ¿Homo?

Fragmento craneal (No localizado)

¿ATA95-TD6-G18-71?

Fernández-Jalvo et al., J.Hum.Evol, 1999, 37 (sólo referenciado).

No había ningún registro en la base de datos de Gran Dolina siglado como ATD6-62, pero ATA94-TD6-G18-71 es el único registro con la misma identificación (etmoides, crista galli).



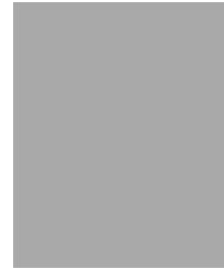
ATD6-63
 ¿Homo?

Cuerpo mandibular (protuberancia mentoniana) (No localiz.)

ATA95-TD6-G18- (sin número)

Bermúdez de Castro et al. 1997 y Fernández-Jalvo et al., 1999 (sólo referenciado).

En la base de datos de Gran Dolina ATD6-49 correspondía a esta sigla de campo (sin número).



ATD6-64
 ¿Homo?

Clavícula

ATA95-TD6-H16-92

Fernández-Jalvo et al., J.Hum.Evol, 1999, 37 (sólo referenciado).



Rest. en curso

ATD6-66

Costilla

ATA95-TD6-t40/41-H17-151

Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-67

Falange de mano

ATA95-TD6- t40/41-G16-47

Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Lorenzo et al., J.Hum.Evo.l, 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-68

Falange de pie

ATA95-TD6- t40/41-G16-75

Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Lorenzo et al., J.Hum.Evo.l, 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-69

Maxilar

ATA95-TD6- t40/41-H16-102

Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Arsuaga et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-70
(+ ATD6-107)

Metatarso (dedo 2 izq)

ATA95-TD6- t40/41-G16-104 y 105

Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Lorenzo et al., J.Hum.Evol., 1999, 37.

Compuesto por ATD6-70 (ATA95-TD6-t40/41-G16-104) y ATD6-107 (ATA95-TD6-t40/41-G16-105)



Rest. previa

ATD6-71
¿Homo?

Cráneo (frontal?) (No localizado)

ATA95-TD6-t40/41-G17-109

Fernández-Jalvo et al., J.Hum.Evol, 1999, 37 (sólo referenciado).

(En la base de datos de Gran Dolina ATD6-71 correspondía a esta sigla de campo).

**ATD6-72**
¿Homo?

Cráneo (frontal?) (No localizado)

ATA95-TD6- t40/41G17-126

Fernández-Jalvo et al., J.Hum.Evol, 1999, 37 (sólo referenciado).

(En la base de datos de Gran Dolina ATD6-72 correspondía a esta sigla de campo).

**ATD6-73**
¿Homo?

Cráneo (No localizado)

ATA95-TD6- t40/41-H16-84

Fernández-Jalvo et al., J.Hum.Evol, 1999, 37 (sólo referenciado).

(En la base de datos de Gran Dolina ATD6-73 correspondía a esta sigla de campo).

**ATD6-74**

Vértebra torácica

ATA95-TD6- t40/41-H16-96

Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-75

Vértebra cervical

ATA95-TD6- t40/41-H16-97

Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-76 Fémur

ATA95-TD6- t40/41-H16-132

Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-77 Cráneo (cóndilo occipital)

ATA95-TD6- t40/41-H16-184

Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Arsuaga et al., J.Hum.Evol., 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-78 Cráneo (frontal?) (No localizado)
¿Homo?

ATA95-TD6- t40/41-H16-217

Fernández-Jalvo et al., J.Hum.Evol., 1999, 37 (sólo referenciado).

En un listado inédito de correspondencias de siglas ATD6-78 correspondía a esta sigla de campo.



ATD6-79 Costilla (segunda costilla derecha)

ATA95-TD6- t40/41-H17-65

Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.



Rest. previa

ATD6-80 Vértebra dorsal

ATA95-TD6- t40/41-H17-80

Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.



Rest. previa



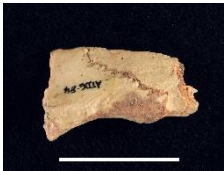






ATD6-81 Cráneo

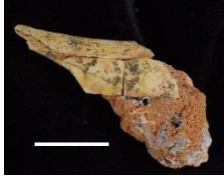







ATA95-TD6-t40/41-H17-89

Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276. En Arsuaga et al., J.Hum.Evol., 1999, 37, aparece por error referido como ATD6-89 (sigla que corresponde a una costilla).



Rest. previa

ATD6-82	Falange de mano ATA95-TD6- t40/41-I16-146bis Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Lorenzo et al., J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-83 ¿Homo?	Tibia ATA95-TD6- t40/41-H16-229 Inédito.		Rest. previa
ATD6-84	Cráneo (cigomático) ATA95-TD6- t40/41-G16-70 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276.; Arsuaga et al., J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-85	Costilla ATA95-TD6- t40/41-G16-93 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-86	Vértebra torácica ATA95-TD6- t40/41-G16-123 Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37		Rest. previa
ATD6-87 ¿Homo?	Cráneo ATA95-TD6-t40/41-G17-116 Fernández-Jalvo et al., J.Hum.Evol, 1999, 37 (sólo referenciado).		Rest. previa
ATD6-88	Costilla ATA95-TD6- t40/41-G17-153 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-89 (+ ATD6-206)	Costilla ATA95-TD6- t40/41-H16-91 y 151 Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37 (en Arsuaga et al. 1999, esta sigla está asignada al fragmento craneal ATD6-81).		Rest. previa
ATD6-90	Vértebra cervical (atlas) ATA95-TD6- t40/41-H16-106 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37		Rest. previa

ATD6-91 ¿Homo?	Cráneo (apófisis mastoidea) ATA95-TD6- t40/41-H16-239 Fernández-Jalvo et al., J.Hum.Evol, 1999, 37 (sólo referenciado). En la base de datos de Gran Dolina, ATD6-91 correspondía a esta sigla de campo. Este resto óseo que no es Homo (el de la imagen).		Rest. pendiente
ATD6-92	Diente (molar) ATA04-TD6-2-F14-124 Inédito		Apéndice IV
ATD6-93	Diente (molar (M1) inf dch) ATA04-TD6-2-F14-14 Bermúdez de Castro et al., PNAS, 2010.		Apéndice IV
ATD6-94	Diente (molar deciduo (dm1) inf izq) ATA04-TD6-2-G14-6 Bermúdez de castro et al., Estudios Geológicos, 2006.		No se restauró
ATD6-95	Astrágalo ATA04-TD6-1-G14-110 Pablos et al., J.Hum.Evol, 2012, 63.		Apéndice IV
ATD6-96	Mandíbula ATA03-TD6-Aurora-F15-5 Carbonell et al., PNAS, 2005, 102.		Apéndice IV
ATD6-97	Costilla ATA04-TD6-2-G15-48 Gómez-Olivencia et al., J.Hum.Evol., 2010, 59.		Apéndice IV
ATD6-98 ¿Homo?	Falange ATA04-TD6-1-F14-81 Inédito		No se restauró

ATD6-99 Falange de mano

ATA04-TD6-2-G15-11

Inédito

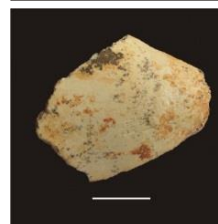


Apéndice IV

ATD6-100 Cráneo (parietal)
+ ATD6-168

ATA04-TD6-2-G15-10

Inédito



Apéndice IV

ATD6-101 Diente (canino deciduo inf izq)

ATA05-TD6-2-G15-177

Bermúdez de castro et al., Estudios Geológicos, 2006.



Rest. CENIEH

ATD6-102 Diente (incisivo lateral deciduo sup izq)

ATA05-TD6-2-G15-77

Bermúdez de castro et al., Estudios Geológicos, 2006.



Apéndice IV

ATD6-103 Diente (molar (M1) sup dch)

ATA06-TD6-2-G12-45

Bermúdez de Castro et al., PNAS, 2010.



Apéndice IV






ATD6-104 Diente

ATA06-TD6-1-G13-60

Inédito



Apéndice IV

ATD6-105	Vértebra ATA07-TD6-2-F12-33 Inédito		Apéndice IV
ATD6-106	Costilla ATA03-TD6-Aurora-G15-86 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-107 (+ATD6-70)	Metatarso ATA95-TD6-t40/41-G16-105	Ver ATD6-70	
ATD6-108	Costilla ATA95-TD6-t40/41-H16-137 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276.; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37		Rest. previa
ATD6-109	Costilla ATA04-TD6-2-F14-76 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-110	Costilla ATA05-TD6-2-G15-250 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-111	Costilla ATA95-TD6-G16-96 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-112	Mandíbula ATA06-TD6-1-G12-77 Bermúdez de Castro et al., 2010, PNAS.		Apéndice IV
ATD6-113	Mandíbula – LOCALIZR EN LISTADO ATA06-TD6-2-1-F13-25 Bermúdez de Castro et al., J. Hum.Evol., 2008: 55.		Apéndice IV

ATD6-114 Metatarso

ATA06-TD6-2-H3-81

Inédito

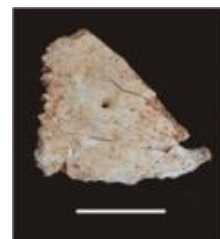


R Doc. pendiente

ATD6-115 Cráneo

ATA05-TD6-2-G14-123

Inédito

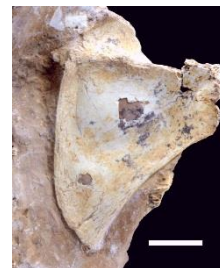


Apéndice IV

ATD6-116 Escápula – buacar en excel

ATA05-TD6-2-G14-97

Inédito

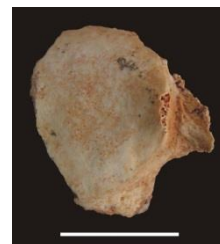


Apéndice IV

ATD6-117 Calcáneo

ATA05-TD6-2-G15-115

Pablos et al., J.Hum.Evol, 2012, 63.



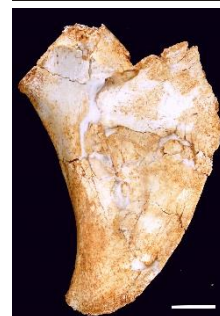
Apéndice IV

ATD6-118 Escápula derecha

ATA06-TD6-2-F12-74

Inédito

Recuperada en dos fragmentos en dos años consecutivos. Inicialmente tuvo dos siglas de campo: la anterior y ATA07-TD6-2-F12-98 (que se elimina).



Apéndice IV

ATD6-119 Clavícula

ATA06-TD6-1-G12-12

Inédito

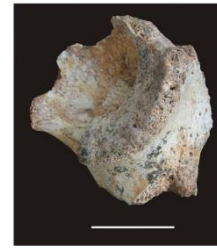


Apéndice IV

ATD6-120 Coxal

ATA06-TD6-2-G03-79

Inédito



Apéndice IV

ATD6-121 Húmero

ATA06-TD6-2-G3-140

Bermúdez de Castro et al., Amer. J. Phys. Anthrop., 2012, 147.



Apéndice IV

ATD6-122 Falange distal mano

ATA06-TD6-2-G3-151

Inédito



Apéndice IV

ATD6-123 Falange de mano

ATA06-TD6-2-G3-171



Apéndice IV

ATD6-124 Metatarso

ATA06-TD6-2-G12-13

Pablos et al., J.Hum.Evol, 2012, 63.



Apéndice IV

ATD6-125 Diente (premolar (P2) inf)

ATA07-TD6-2-F12-15

Prado et al., Am.J.Phys.Anth., 2012.



Rest.CENIEH

ATD6-126 Falange

ATA07-TD6-2-F13-23

Falange

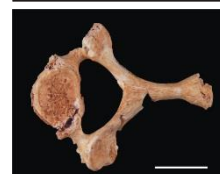


CENIEH / Apéndice IV

ATD6-127 Vértebra

ATA07-TD6-2-F12-14

Inédito



Apéndice IV

ATD6-128 Cráneo

ATA07-TD6-2-G11-64

Inédito



Apéndice IV

ATD6-129 Costilla

ATA95-TD6-t40/41-G16-91

Inédito



Doc. pendiente

ATD6-130 Vértebra torácica

ATA09-TD6-2-G12-117

Inédito



Doc. pendiente

ATD6-131 Diente

¿Homo?

ATA07-TD6-2-G11-2

Inédito



Apéndice IV

ATD6-132 Costilla

ATA07-TD6-2-G11-4



Apéndice IV

ATD6-133	Húmero ATA07-TD6-2-F12-56 Inédito		Apéndice IV
ATD6-134	Vértebra ATA96-TD6—H16-627 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-135	Vértebra ATA07-TD6-2-F13-169 Inédito		Apéndice IV
ATD6-136	Costilla ATA07-TD6-2-F13-173 Inédito		Apéndice IV
ATD6-137	Costilla ATA07-TD6-2-F13-193 Inédito		Apéndice IV
ATD6-138	Costilla ATA07-TD6-2-F13-194 Inédito		Apéndice IV
ATD6-139	Costilla ATA07-TD6-2-F13-209 Inédito		Apéndice IV
ATD6-140	Vértebra ATA09-TD6-2-G3-53 Inédito		Apéndice IV

- ATD6-141** Falange
ATA09-TD6-2-G3-56
Inédito
- ATD6-142** Carpal (grande)
ATA09-TD6-2-G4-151
Inédito
- ATD6-143** Diente (incisivo sup)
ATA09-TD6-2-G12-106
Inédito
- ATD6-144** Diente (molar)
ATA09-TD6-2-G13-99
Inédito
- ATD6-145** Carpal
ATA09-TD6-2-G13-122
Inédito
- ATD6-146** Diente (incisivo, germen)
ATA09-TD6-2-G13-206
Inédito
- ATD6-147** Carpal (semilunar)
ATA09-TD6-2-G13-208
Inédito



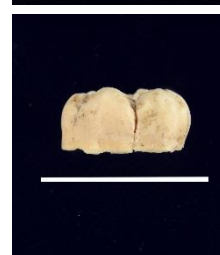
Apéndice IV



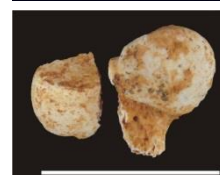
Apéndice IV



Apéndice IV



Apéndice IV



Apéndice IV



Apéndice IV



Apéndice IV

ATD6-148 Húmero

ATA09-TD6-2-G13-283

Bermúdez de Castro et al., Amer. J. Phys. Anthrop., 2012, 147.

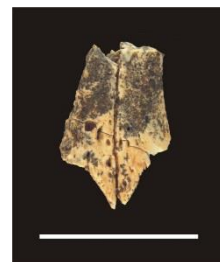


Apéndice IV

ATD6-149 Cráneo (nasal)

ATA09-TD6-2-G13-494

Inédito

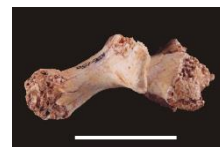


Apéndice IV

ATD6-150 Vértebra – no está

ATA07-TD6-2-E13-63

Inédito

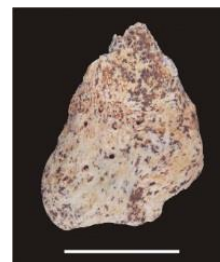


Apéndice IV

ATD6-151 Fíbula

ATA07-TD6-2-F12-191

Inédito



Apéndice IV

ATD6-152 Costilla

ATA07-TD6-2-G14-35

Inédito



Apéndice IV

ATD6-153 Costilla

¿Homo?

ATA07-TD6-2-F12-171

Inédito



Doc. pendiente





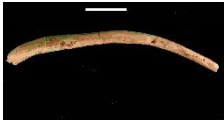
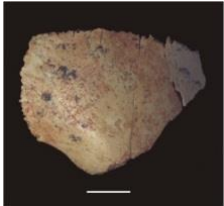



ATD6-154 Costilla





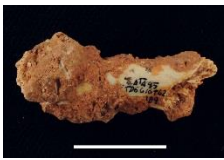



ATA09-TD6-2-G12-133

Inédito



Doc. pendiente

ATD6-155	Costilla ATA09-TD6-2-G13-305 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-156	Cráneo ATA09-TD6-2-G12-124 Inédito		Rest. pendiente
ATD6-157	Vértebra ATA95-TD6-t40/41-G16-74 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-158	Escápula ATA95-TD6-H17-113 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-167	Costilla ATA95-TD6-t40/41-G17-187 Inédito		Apéndice IV
ATD6-168 + ATD6-100	Cráneo (parietal) ATA03-TD6-Aurora-G15-76 Inédito		Apéndice IV
ATD6-169	Costilla ATA94-TD6-t38-I16-369 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-170	Costilla ATA94-TD6-t38-I16-32 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-171	Costilla ATA95-TD6-t40/41-H16-95 Inédito		Doc. pendiente

ATD6-172	Costilla ATA95-TD6-t40/41-G16-89 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-173	Costilla ATA95-TD6- t40/41-G16-95 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-174	Costilla ATA95-TD6-t40/41-G16-118 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-175	Costilla ATA95-TD6-t40/41-G16-121 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-177 ¿Homo?	Metápodo ATA95-TD6-t42-G16-189 Inédito		Rest. pendiente
ATD6-178	Costilla ATA03-TD6-G15-13 Inédito		Doc. pendiente
ATD6-206 (+ATD6-89)	Costilla ATA95-TD6-t40/41-H16-151	Ver ATD6-89	
ATD6-251	Costilla ATA95-TD6-t40/41-H17-119 Bermúdez de Castro et al., Sci., 1997, 276; Carretero et al.; J.Hum.Evol., 1999, 37.		Rest. previa
ATD6-254	Costilla ATA95-TD6-t40/41-H17-123 Inédito		Doc. pendiente

ATD6-307 Vértebra

ATA94-TD6-t39-H16-30

Fernández-Jalvo et al., J.Hum.Evol, 1999, 37 (sólo referenciado).

Inédito



Doc. pendiente

ATD6-308 Costilla

ATA95-TD6-t40/41-H16-223

Fernández-Jalvo et al., J.Hum.Evol, 1999, 37 (sólo referenciado).

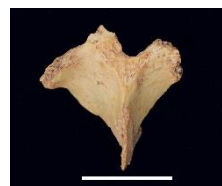


Apéndice IV

ATD6-309 Vértebra

ATA95-TD6-t40/41-G16-85

Fernández-Jalvo et al., J.Hum.Evol, 1999, 37 (sólo referenciado)



Doc. pendiente

ATD6-312 Diente (incisivo sup izq (germen)

ATA96-TD6-t43-I16-181

Bermúdez de Castro et al., J.Hum.Evol, 1999, 37.



Rest. previa

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

Apéndice III - **La reconstrucción del fragmento mandibular ATD6-5**

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

APÉNDICE III - LA RECONSTRUCCIÓN DEL FRAGMENTO MANDIBULAR ATD6-5

ATD6-5 es un fragmento mandibular 1994 que forma parte del individuo H1, holotipo de la especie *Homo antecessor* (Figura 42). A raíz del trabajo de revisión del material de TD6 realizado en el marco de esta tesis, se encontraron tres nuevos fragmentos que le pertenecían (Figura 43y Figura 44). Estos fragmentos no requirieron restauración; el trabajo que se describe aquí es el de la nueva reconstrucción del fragmento mandibular ATD6-5, que se hizo a partir de réplicas.

El individuo H1 (Figura 42) es el propuesto como holotipo de la especie *Homo antecessor* (Bermúdez de Castro el al. 1997). Está formado por ATD6-5, un fragmento de cuerpo mandibular derecho con los molares M1 y M2 *in situ* y el M3 aún incluido. Pertenecen al mismo individuo once dientes permanentes de ambos lados, inferiores y superiores (ATD6-1 a ATD6-12), así como un pequeño fragmento de maxilar izquierdo con el canino y el P3 incluidos (ATD6-13) (Bermúdez de Castro el al. 1997; Rosas y Bermúdez de Castro, 1999).

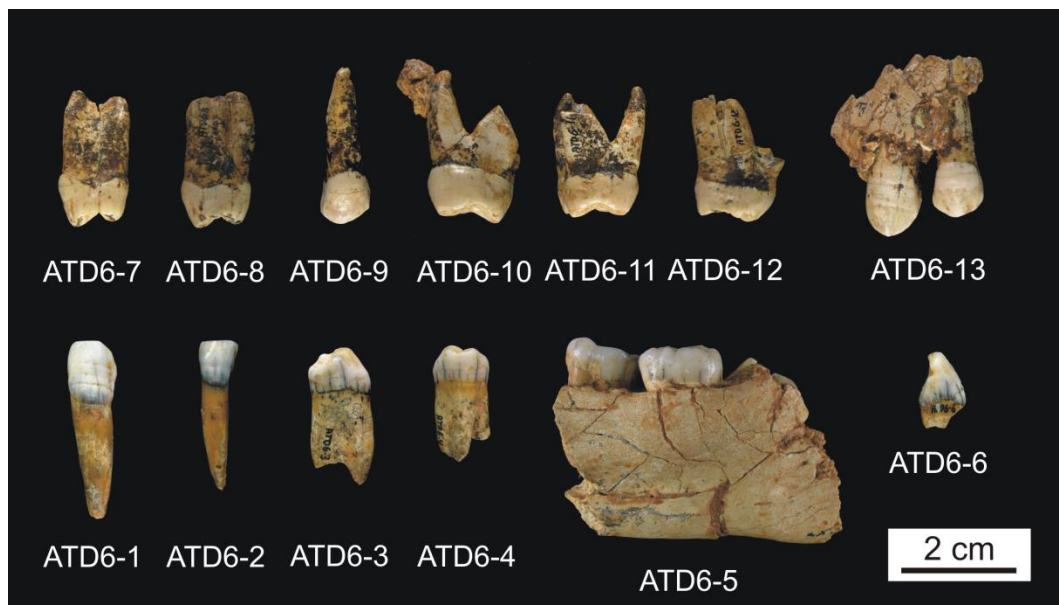


Figura 42. Fósiles que componen el individuo H1 (holotipo de *Homo antecessor*).

Durante la revisión del material de TD6 de las campañas antiguas (1994-1996) se hallaron tres fragmentos nuevos. Dos de los fragmentos (ATD6-5a, Figura 43) se encontraron juntos en una misma bolsa y con una etiqueta de campo según la cual se recuperaron en 1994 en el mismo cuadro en el que se recuperó el cuerpo mandibular ATD6-5 (cuadro I18)²⁵. El tercero (ATD6-5b, Figura 44) se halló junto a la colección de fósiles humanos²⁶.

Los nuevos fragmentos identificados (ATD6-5a y ATD6-5b) han permitido hacer una nueva reconstrucción del fragmento mandibular ATD6-5. Dos de ellos contactan bien con el cuerpo mandibular ATD6-5 (Figura 45), mientras que el tercero no tiene contacto, aunque seguramente pertenece al mismo individuo.

²⁵ Estos dos fragmentos (ATD6-5a) estaban en una bolsa con una etiqueta de campo con la sigla ATA94-I18-s/c (siendo “s/c” “sin coordinar”); su nueva sigla completa es ATA94-TD6-I18-83. En cuanto la nomenclatura específica de fósiles humanos, se ha mantenido la del fragmento original ATD6-5 (añadiendo una “a”, ATD6-5a).

²⁶ Este fragmento ATD6-5b estaba en una bolsa con etiqueta de campo de ATA94-TD6-talla39-G17-90; esta sigla corresponde a un fragmento de temporal humano (ATD6-17). Inicialmente se consideró que este fragmento de mandíbula debió coordinarse junto al temporal ATD6-17, por lo que se le asignó una sigla del cuadro G17, sigla que puede verse en la Figura 44). Después, cuando se vio que contactaba con ATD6-5, se optó por reasignarlo al cuadro de origen del individuo H1 (I18) y siglarlo como ATA94-TD6-I18-84.

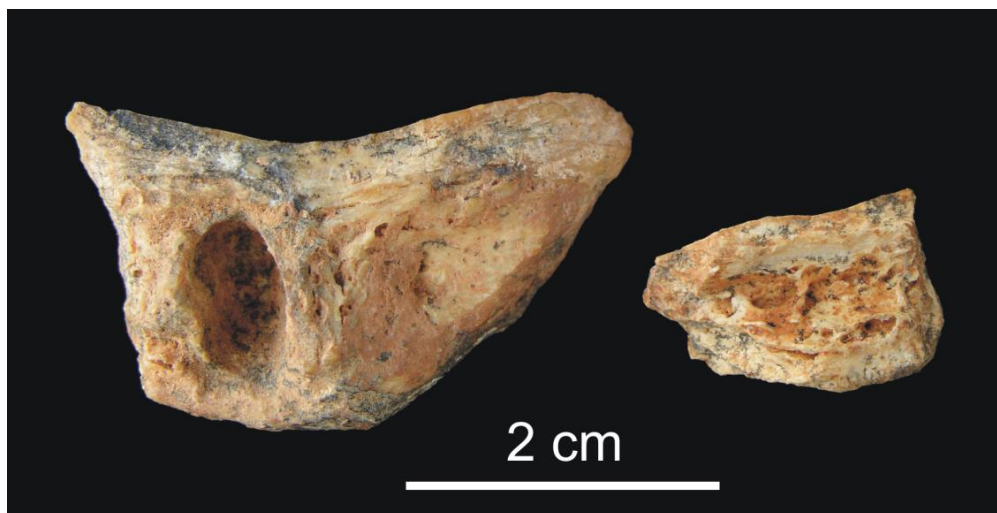


Figura 43. ATD6-5a.

Fragmentos con sigla de campo ATA94-TD6-I18-83. El de la izquierda no contacta con ATD6-5, aunque es muy probable que corresponda a la base de esta misma mandíbula. El de la derecha contacta claramente con ATD6-5 (ver reconstrucción de la réplica, Figura 45).

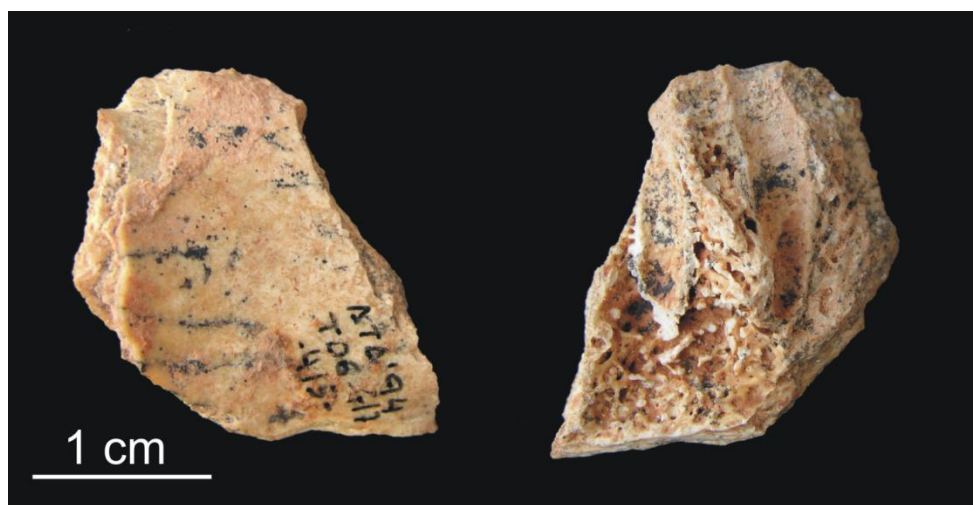


Figura 44. ATD6-5b.

Vista interna y externa del fragmento mandibular ATD65b. Este fragmento contacta con la pieza ATD6-5, tal como puede apreciarse en el montaje hecho con réplicas (ver Figura 45).

La nueva reconstrucción no se ha realizado con los fragmentos originales, sino a partir de réplicas. Gracias a uno de los fragmentos nuevos, pudieron sujetarse en su posición los premolares ATD6-3 y ATD6-4 (Figura 45). Estos premolares ya estaban asignados a este individuo, pero el fragmento de nueva identificación les da la sujeción necesaria para esta reconstrucción más completa del fósil.

Por el momento se ha descartado realizar esta misma reconstrucción con el fósil original. La superficie de contacto entre los nuevos fragmentos y el cuerpo mandibular ATD6-5 es escasa. Si se pegara, el fósil sería algo inestable y correría el riesgo de despegarse durante la manipulación.

Moldeo de los fragmentos ATD5-5a y ATD6-5b

El molde del fragmento de cuerpo mandibular ATD6-5 y de los premolares ya existía; de ellos se obtuvieron nuevas réplicas²⁷. Los moldes que se describen aquí son los de los fragmentos nuevos (ATD6-5a y b). Estos se encontraban en buen estado, ya estaban limpios y consistentes, por lo que fue necesario restaurarlos antes del moldeo.

Los moldes se hicieron con silicona Silastic 3481 (Dow Corning). Para evitar que la silicona se adhiriera a los huesos, éstos se consolidaron previamente con Paraloid B-72. No se empleó ningún otro producto desmoldeante, ni sobre el fósil, ni tan siquiera para separar las dos mitades de silicona, entre las que se interpuso también Paraloid. Con ello se buscó ensuciar lo menos posible los fósiles. De estos moldes, se obtuvieron las réplicas en poliuretano para hacer la nueva reconstrucción (Figura 45).

²⁷ La réplica del fragmento original ATD6-5 (fragmento con M1, M2 y M3) así como los premolares (P3 y P4) se realizaron en el laboratorio de Conservación y Restauración del CENIEH.

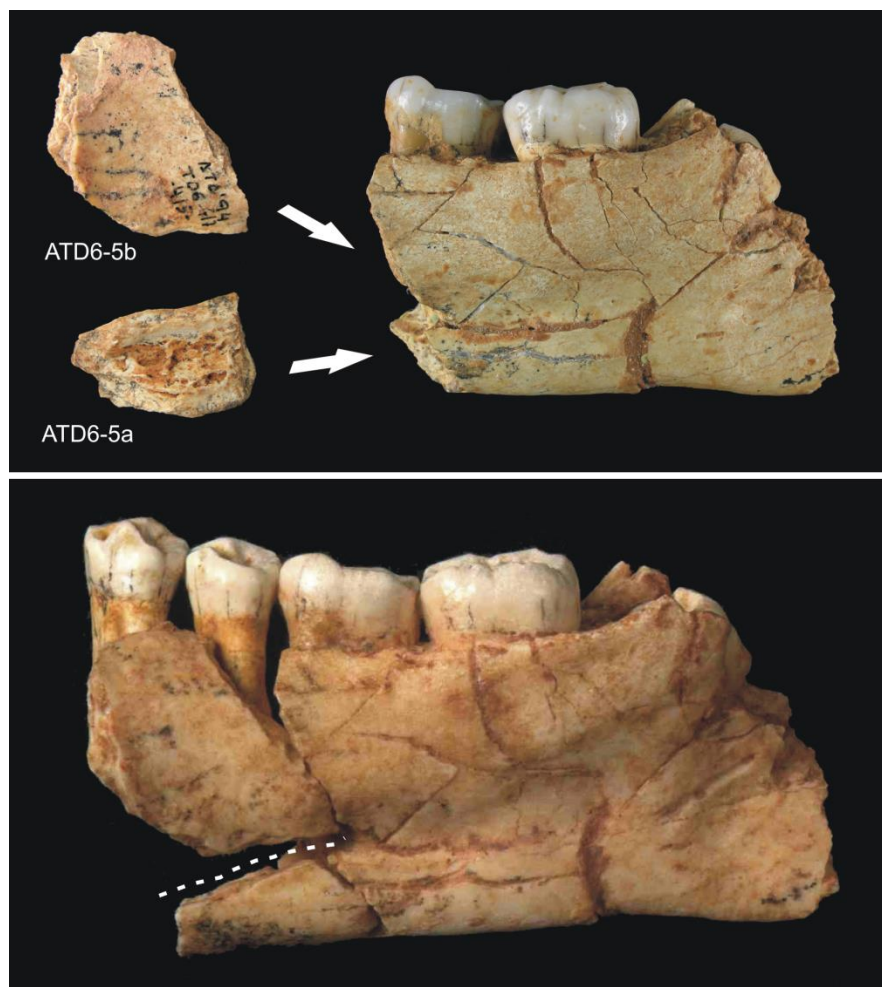


Figura 45. Nueva reconstrucción del fragmento mandibular ATD6-5.

Arriba, fósiles originales con la indicación de los lugares en los que contactan con el fragmento mandibular ATD6-5. Abajo, reconstrucción hecha con las réplicas de los distintos fragmentos. En la réplica del cuerpo mandibular se encajaron las de los dos premolares (ATD6-3 y ATD6-4). La línea discontinua marca el espacio que existe entre los dos fragmentos nuevos debido a la deformación del fragmento principal ATD6-5 (estos dos fragmentos, si no se unen a ATD6-5, contactan perfectamente por la zona indicada por la línea. La fotografía inferior es de G.Capmeny / IPHES).

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

Apéndice IV – Informes de los tratamientos de restauración de los fósiles humanos de TD6

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

ATD6-40 Vértebra

Sigla de campo: ATA94-TD6-I16-365¹



Descripción del fósil

Dimensiones: 50 x 35 x 30 mm

Fragmento de vértebra lumbar. Conserva parcialmente el proceso espinoso, los dos procesos articulares inferiores y el proceso superior izquierdo.

Esta vértebra se recuperó en 1994. De hecho, se hace referencia a ella en un listado publicado², pero no se encuentra en las publicaciones específicas del esqueleto axial, por lo que la descripción del fósil permanece inédita. Durante la realización de este trabajo, se volvió a analizar y se asignó a Homo.

Estado inicial

Las piezas de esta vértebra estaban mezcladas con otros fragmentos pertenecientes a otros elementos (Figura 47). A parte de la fragmentación y las lagunas, el estado de conservación del hueso no era malo, ya que estaba consistente (a priori no requería tratamiento de consolidación) y limpio.

¹ La vértebra se encontraba en una bolsa con una etiqueta con la sigla ATA91-TD6-I16-sc (siendo “s/c” “sin coordinar”). Se le asigna la sigla ATA94-TD6-I16-365.

² Aparece referenciada como “ATD6-40, vértebra torácica” en el listado de fósiles de Fernández-Jalvo et al., 1999, J.Hum.Ev., 37, pero no se menciona ni se describe en el artículo específico del esqueleto axial (ver apéndice II).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: marzo-mayo 2013

Resumen de la intervención: consolidación de bordes con Paraloid B72 y adhesión de los fragmentos (con Paraloid B72).

Se consolidan los bordes de fractura con Paraloid B72 disuelto en acetona y, posteriormente, se reconstruye el fósil pegando con el mismo producto y rellenando las lagunas con una masilla comercial ya preparada (Modostuc³).

Los puntos de contacto eran escasos, por lo que en la reconstrucción, puede haber alguna ligera desviación de alguno de los fragmentos (de hecho, se hizo una primera reconstrucción que posteriormente se rectificó, hasta quedar como se muestra en la Figura 47 al término de este trabajo).

Referencias citadas

Fernández-Jalvo, Y., Díez, J.C., Cáceres, I., y Rosell, J. (1999). Human cannibalism in the Early Pleistocene of Europe (Gran Dolina, Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution*, 37(3-4), 591-622.

³ Este producto puede retirarse fácilmente con acetona una vez endurecido.

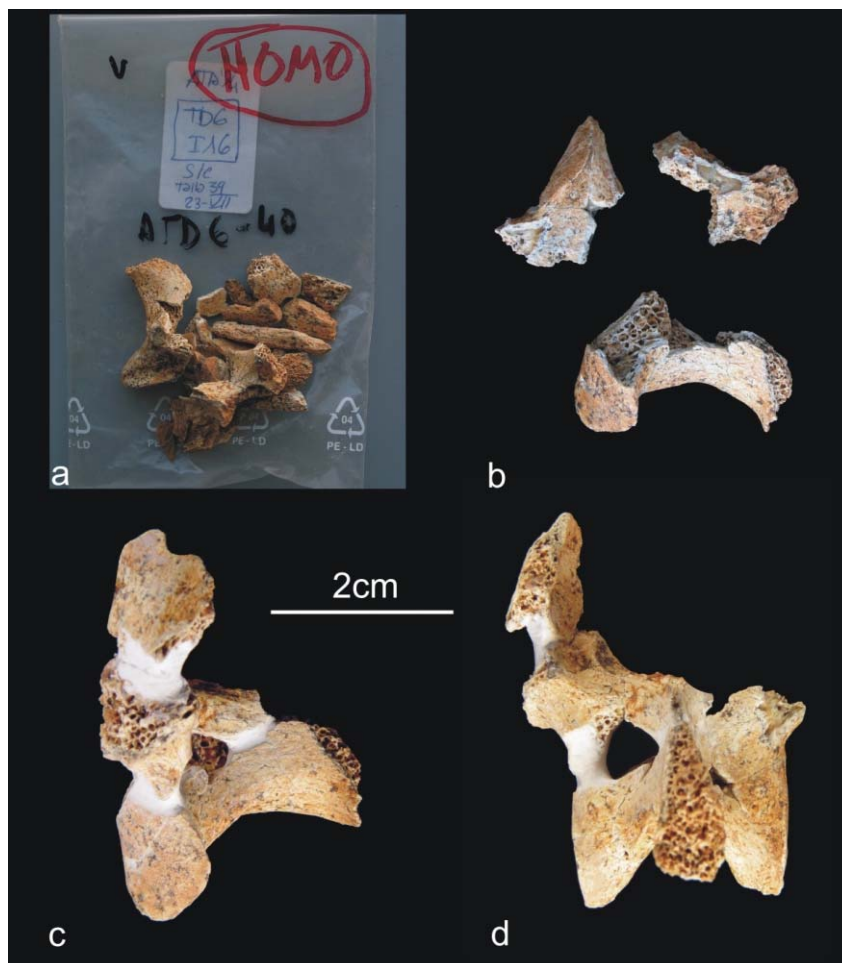


Figura 47. Vértebra ATD6-40 antes y después de la restauración.

Arriba (a y b) todos los fragmentos incluidos en la misma bolsa. Algunos (a) no pertenecían a la vértebra (b). Abajo, la vértebra ya reconstruida (c, vista lateral; d, vista posterior); presentaba diversas lagunas que se reintegraron con masilla (Modostuc) para poder situar algunos de los fragmentos.

ATD6-41 Costilla

Sigla de campo: ATA95-TD6-t40/41G16-65



Descripción del fósil

Dimensiones: 115 x 15 x 8 mm

Fragmento de costilla. Conserva el extremo esternal y parte del cuerpo.

Este fósil se recuperó en la excavación de 1995. En las hojas de campo anotó que era humano. Sin embargo, no llegó a publicarse con el resto de fósiles de las excavaciones de 1994-95. En la revisión efectuada en 2006, fue reconocido como humano y se le asignó la sigla ATD6-41¹.

Estado inicial

Esta costilla había sido tratada con anterioridad. Seguramente debió limpiarse y, además, se pegó, aunque llegó en parte despegada, concretamente, llegó en dos piezas separadas (con restos de pegamento en los bordes de contacto) que, a su vez, estaban compuestas por dos fragmentos pegados entre sí (Figura 48). La única fractura que parecía reciente es la que separaba las dos piezas del fragmento de menor tamaño (Figura 48, flecha de la derecha); el resto de las fracturas parecían antiguas (tenían sedimento y los bordes parecían más redondeados).

¹ Este fósil tenía la “sigla-homo” ATD6-95 rotulada en la bolsa y también en la base de datos general, en la cual estaba como “Hominidae?”. Como no se había publicado (ni estaba como Homo en la base de datos general), la sigla ATD6-95 no se tuvo en cuenta y, antes de que se volviera a estudiar esta costilla, se había asignado un astrágalo del 2004, por lo que a este fósil se le asignó una sigla nueva, ATD6-41.

La consistencia del hueso era buena, suficiente como para a priori descartar que fuera necesaria la consolidación.

Antes de la intervención, se examinó la superficie para detectar posibles elementos de interés tafonómico (se detectaron algunas marcas, Figura 49).



Figura 48. Costilla ATD6-41 antes y después de la restauración.

Arriba, las flechas señalan los bordes que llegaron pegados. La fractura señalada por la flecha derecha, es la única que parece fresca del todo (por la manera en que encaja y la ausencia de desgaste en los bordes). Abajo, dos vistas de la costilla ya restaurada.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: re-tratamiento.

Fecha: abril-mayo 2013

Resumen de la intervención: limpieza combinada (mecánica y con disolventes); adhesión de los dos fragmentos (con Paraloid B72 y nitrato de celulosa).

En primer lugar, se despegaron los fragmentos para intentar corregir la reconstrucción, ya que se apreciaba una ligera desviación. Por el aspecto, el adhesivo con el que estaban pegados era pegamento Imedio (pegamento que se ha empleado habitualmente en los yacimientos de la Trinchera). Para despegar, se dejó el fósil en un recipiente cerrado junto a un pequeño recipiente lleno de acetona. De esta manera, se ablandó el adhesivo, con lo que sólo hubo que ejercer una ligera presión para separarlos. Después, se retiraron los restos de pegamento que quedaban en el borde mediante un pincel empapado en acetona.

Una vez separados los fragmentos, se limpió el único que aún tenía restos de sedimento relevantes (el de la derecha en la Figura 48). La limpieza fue mecánica, con bisturí. Ya antes de la limpieza se apreciaban numerosas marcas en superficie (posiblemente mordeduras, Figura 49), por lo que la limpieza fue especialmente cuidadosa, realizándose en gran parte bajo la lupa binocular.

Todos los fragmentos se limpiaron con un pincel sintético suave y alcohol. Las dos piezas del fragmento del extremo (el de la derecha de la Figura 48), se adhieron con Paraloid B72. Mientras que el resto de las uniones se hicieron con una mezcla de Paraloid B72 y pegamento a base de nitrato de celulosa (Imedio), en una proporción aproximada de 3:1. Este pegamento se añadió para facilitar el pegado y procurar algo más de resistencia a la adhesión (puesto que con Paraloid no se conseguía la adhesión).

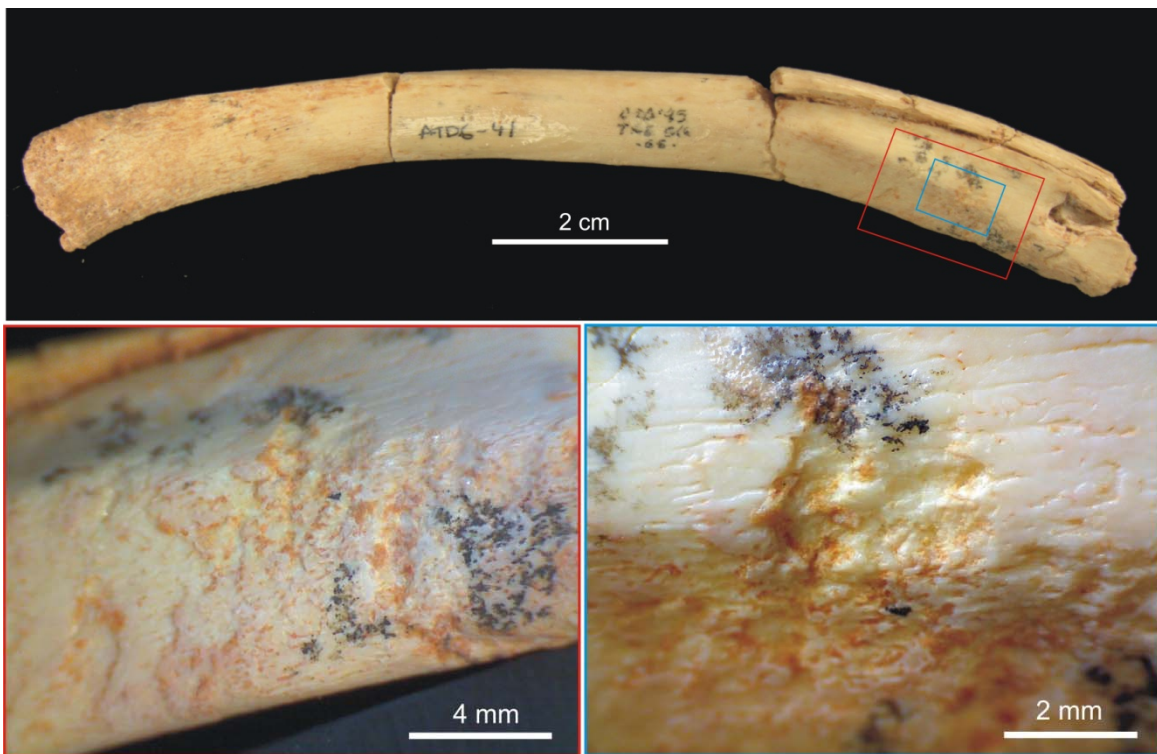


Figura 49. Costilla ATD6-41. Detalle de la superficie.
Las imágenes son de algunas de las marcas de la superficie tras la limpieza.

ATD6-61 Vértebra

Sigla de campo: ATA94-TD6-t37-J18-60



Descripción del fósil

Cuerpo vertebral.

Estaba entre los restos óseos de TD6, pero no junto al resto de la colección de fósiles humanos, a pesar de que tenía anotaciones en la bolsa hechas durante alguna revisión previa a la de esta tesis.

La vértebra estaba limpia y consistente. Aparentemente, no se había consolidado ni tenía restos de productos de restauración. Tras evaluar su estado de conservación, se consideró innecesario tratarla.

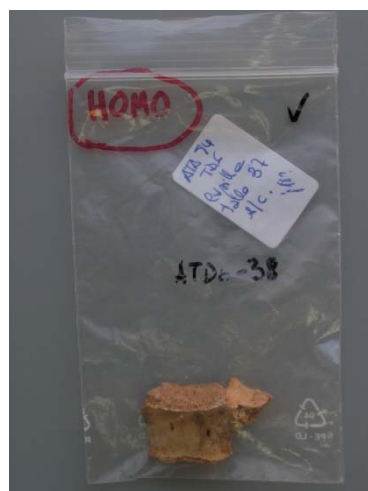


Figura 50. Vértebra ATD6-61 en la bolsa en la cual se encontraba antes de que se asignara definitivamente a Homo.

ATD6-92 Diente

Sigla de campo: ATA04-TD6-2-F14-124



Descripción del fósil

Fragmento de corona (probablemente de molar).

Este fósil se recuperó tras lavar y triar el sedimento del cuadro F14. Tras evaluar su estado de conservación, se consideró innecesario tratarlo.

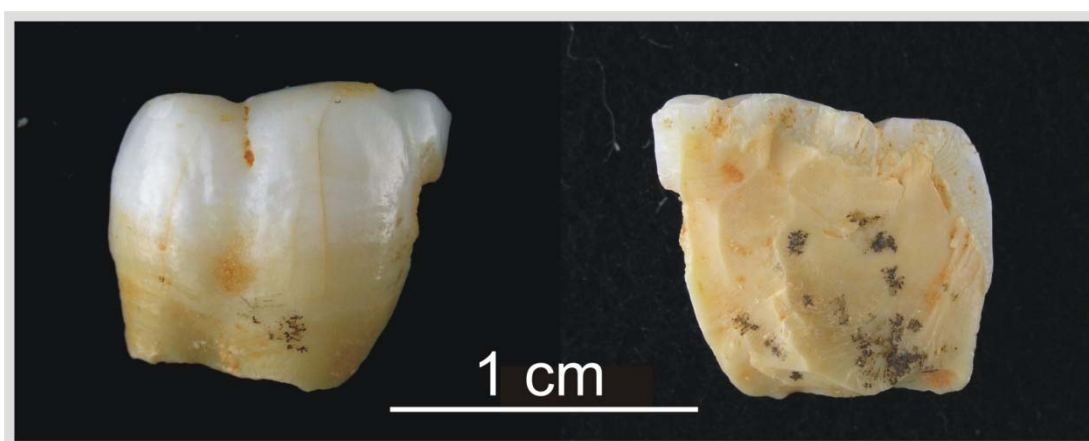


Figura 51. Diente ATD6-92 (molar).

Dos vistas del fragmento de diente tal como llegó al laboratorio de restauración.

ATD6-93 Molar

Sigla de campo: ATA04-TD6-2-F14-14



Descripción del fósil

M1 inferior derecho que pertenece al homínido 5 (H5), junto al M1 superior del mismo lado ATD6-103 (Bermúdez de Castro et al., 2010).



Figura 25. Diente ATD6-93 (molar)

Molar aún en el yacimiento (Foto G.Campeny).

Estado de conservación y tratamiento

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: julio de 2004

Resumen de la intervención: sólo lavado.

El fósil estaba en buen estado, por lo que no recibió tratamiento específico de restauración. Tan sólo se lavó con agua desmineralizada y un pincel sintético suave. Las raíces (huecas) estaban rellenas de sedimento adherido que se dejó dentro, ya que reforzaba el fósil.



Figura 53. Diente ATD6-93 (molar)

Antes (izquierda) y después del lavado (las dos de la derecha).

Referencias citadas

Bermúdez de Castro, J.M., Martínón-Torres, M., Prado, L., Gómez-Robles, A., Rosell, J., López-Polín, L., Arsuaga, J.L., Carbonell, E., 2010. New immature hominin fossil from European Lower Pleistocene shows the earliest evidence of a modern human dental development pattern. PNAS 107, 11739–11744.

ATD6-95 Astrágalo

Sigla de campo: ATA04-TD6-1-G14-110



Descripción del fósil

Dimensiones: 60 x 40 x 40 mm

Astrágalo izquierdo casi completo (Pablos et al., 2012).

Estado inicial

Astrágalo en una sola pieza, casi completo, aunque con pérdidas en distintas zonas y con el esponjoso al descubierto en distintas áreas (Figura 54, Figura 55). Tenía bastantes fisuras que, en algunas zonas, creaban una retícula (Figura 54b). Además, presentaba algunos restos de sedimento concentrado en algunas áreas, especialmente en sus caras superior e inferior (Figura 55). Este sedimento era carbonatado, compacto y especialmente adherido al fósil (más que en la mayoría de los fósiles).

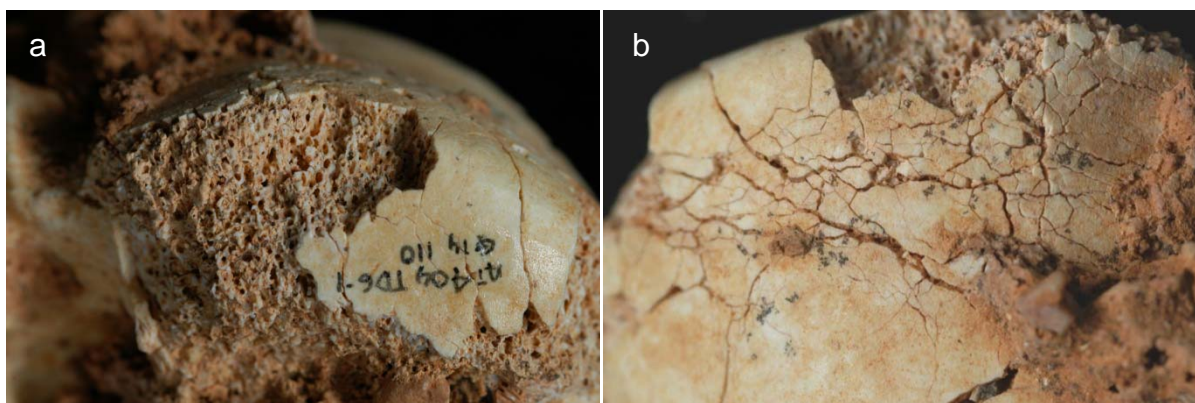


Figura 54. Astrágalo ATD6-95 antes de la restauración (detalles).

Detalles del fósil antes de la restauración. a) Estado del esponjoso expuesto (en vista medial). b) Fisuras en la superficie de la tróclea (vista superior).

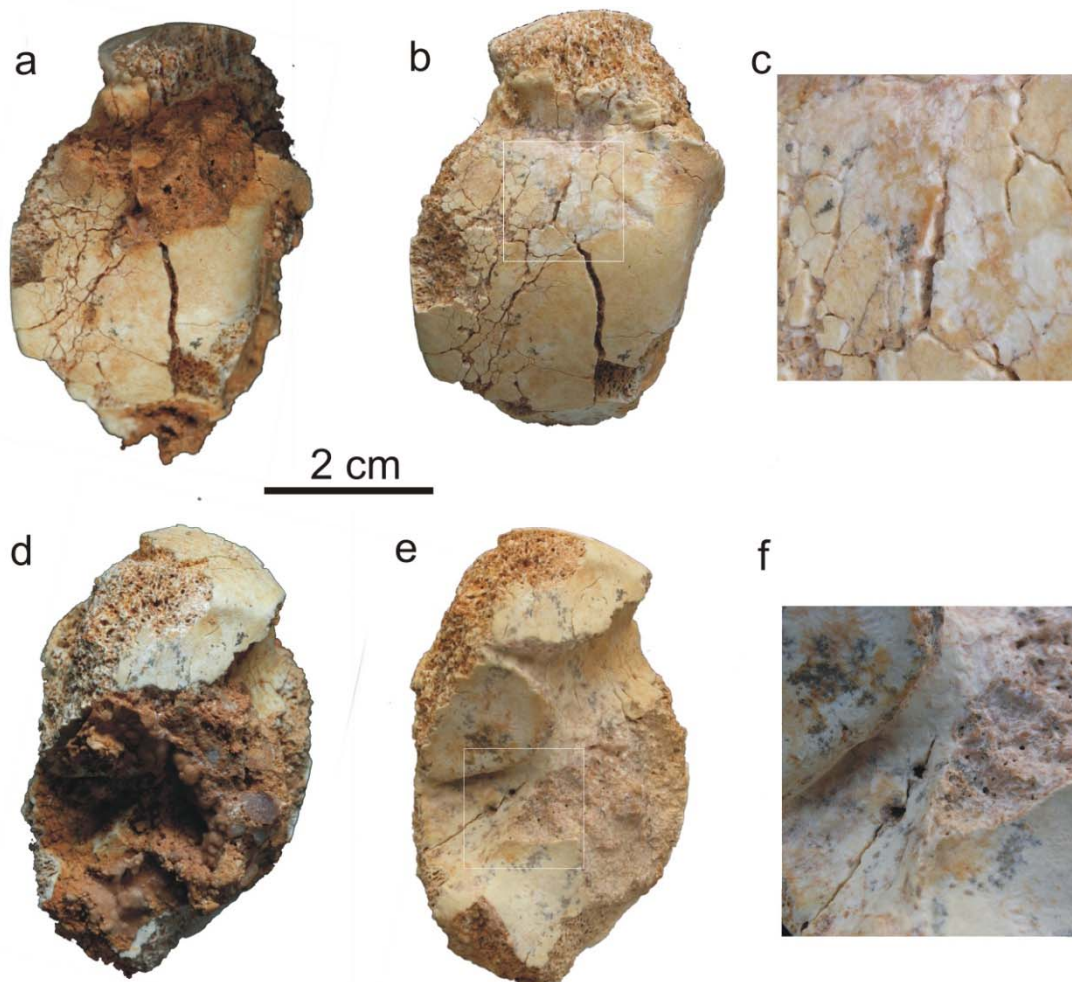


Figura 55. Astrágalo ATD6-95 antes y después de la restauración.

Vista superior e inferior antes (a, d) y después (b, e) de la restauración. En las de antes del tratamiento (a y d) pueden observarse las dos áreas de máxima concentración de sedimento que, una vez limpias (b y e) se distinguen bien porque son más blancuzcas que la superficie de su alrededor. En este fósil la limpieza mecánica (con bisturí) afectó claramente a su superficie. En las imágenes de detalle (c y f), ambas de después del tratamiento (corresponden a los recuadros de b y e), se ve como en algunas zonas quedaron marcas fruto del proceso de limpieza (c), mientras que otras zonas, en las que no se originaron a simple vista marcas, quedaron también con un aspecto más blanquecino que las superficies no tratadas (Fotos a y d A.Ollé).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración
Fecha: febrero - mayo de 2006

Este fósil no se identificó durante la campaña de excavación, sino después, durante el trabajo de revisión posterior del material. En consecuencia, durante la campaña debió lavarse con agua, tal como se hace normalmente con el resto del material. Ya en el laboratorio de restauración, el sedimento se retiró mecánicamente, con bisturí en general, aunque también se empleó vibroincisor puntualmente para rebajar el sedimento de la cara inferior. Además, durante la limpieza, el sedimento se fue humectando (aplicando agua y alcohol con pincel), que lo único que hacía que se percibiera mejor el color del mismo. En determinadas zonas, especialmente en las fisuradas o con el esponjoso expuesto, se fue consolidando con Paraloid B72 a medida que se avanzaba en la limpieza (de lo contrario, se desprendían pequeñas esquirlas de hueso).

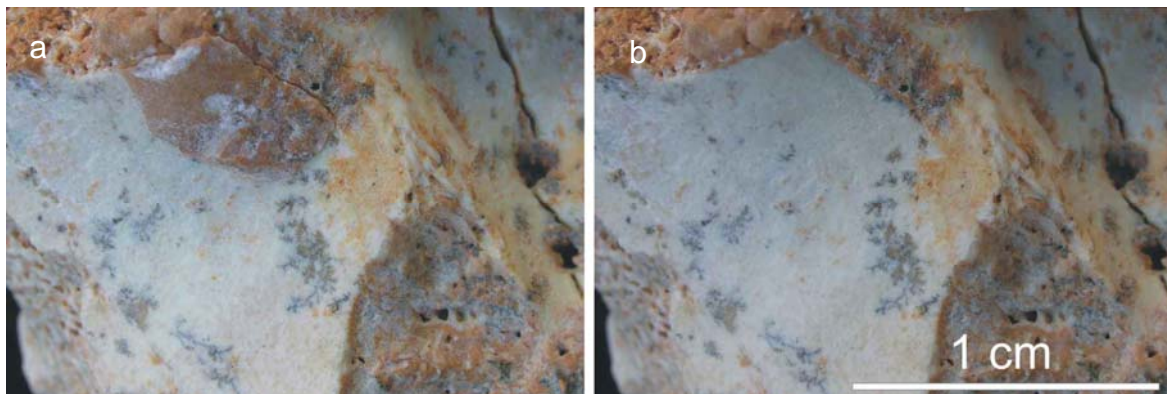


Figura 56. Astrágalo ATD6-95 durante el proceso de limpieza (detalle).

La misma zona, antes (a) y después (b) de la eliminación de una porción del sedimento con bisturí. Este es un ejemplo de un área en la cual el sedimento era saltaba en bloque con facilidad. La primera imagen sirve también para dar una idea de la velocidad del proceso, ya que la porción de sedimento tiene un tamaño representativo de lo que se retiraba con cada toque de bisturí en estas áreas “fáciles”.

Durante la limpieza, fue muy acusada la diferencia de respuesta del sedimento en función de la zona. En algunos puntos se quitaba bien, saltando “en bloque” y sin provocar aparentemente daños en la superficie (Figura 56). Mientras que en otros, no necesariamente alejados de los primeros, el sedimento estaba fuertemente soldado al hueso y era extremadamente difícil quitarlo (Figura 57): no saltaba, sino que había que ir retirándolo mediante rebaje; de hecho, era difícil distinguir cuándo se llegaba a la superficie del hueso. Así, quedaron numerosas marcas de bisturí, que se hicieron mucho más evidentes cuando se descubrió toda la superficie (Figura 55c).

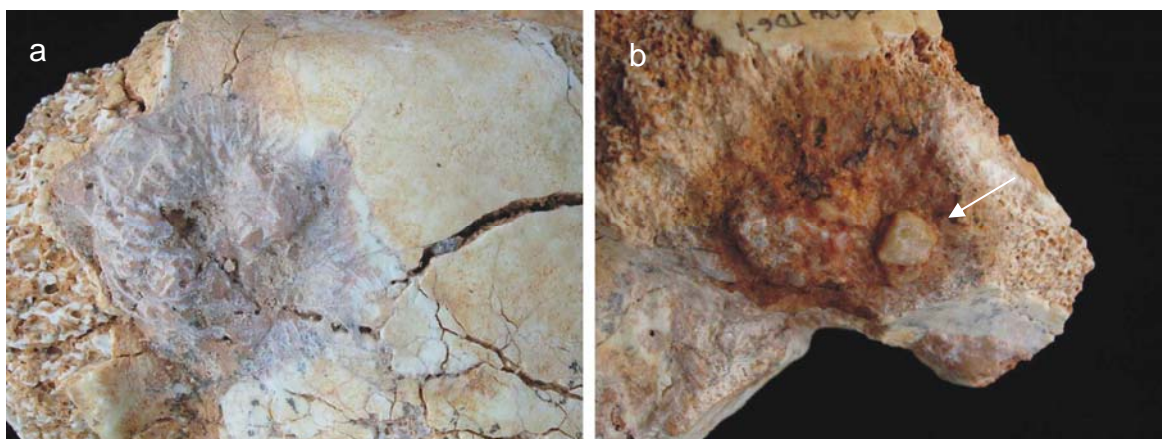


Figura 57. Astrágalo ATD6-95 durante el proceso de limpieza (detalle).

Dos zonas diferentes durante el proceso de limpieza: a) detalle en vista superior y b) en vista medial. Son ejemplo de las zonas con el sedimento fuertemente soldado al hueso. En estos puntos, incluso los pequeños clastos calcáreos (señalado con una flecha en b) estaban fuertemente unidos al fósil, de manera que hubo que rebajarlos con el vibroincisor.

Una vez retirado el sedimento, el fósil se lavó con una mezcla de agua y alcohol (1:1) aplicada con un pincel sintético suave. Rematada la limpieza, se consolidaron (con Paraloid B72 al 5% en acetona) sólo aquellos puntos más frágiles, es decir las zonas con el esponjoso expuesto y fisuras, evitando consolidar la cortical bien preservada.

En el caso del esponjoso, el que ya estaba expuesto antes de la restauración presentaba unos bordes de la trabécula limpios y claros, mientras que, el esponjoso descubierto durante la restauración, carecía de esos bordes limpios y tenía más restos de sedimento incluido entre la trabécula (Figura 58, e y f). De hecho, debido a su estado más compacto (menos poroso y con más sedimento), apenas hubo que consolidar mientras se limpiaba.

Estado final

Tras el tratamiento, el fósil quedó limpio y estable mecánicamente gracias a la consolidación de las zonas más delicadas. Cabe señalar que la restauración provocó algunas diferencias en el aspecto final de distintos puntos, tanto de la superficie cortical como del esponjoso. Así, la mayoría de las zonas tratadas se distinguen claramente de las que no se trataron. La superficie del hueso cortical limpiada en el laboratorio es más blanquecina (Figura 58c) y, además, en algunas áreas quedaron marcas de bisturí (especialmente la zona de la tróclea, Figura 55, b y c). Es probable que la diferencia se deba más al tipo de sedimento o, más bien,

del tipo de unión entre sedimento y el fósil en cada punto concreto, más que al procedimiento de retirada en sí mismo. Así, es probable que el sedimento que ya no llegó al laboratorio de restauración no tuviera una unión tan sólida, mientras que el sedimento retirado en el laboratorio se hallaba muy soldado (especialmente en algunas zonas).

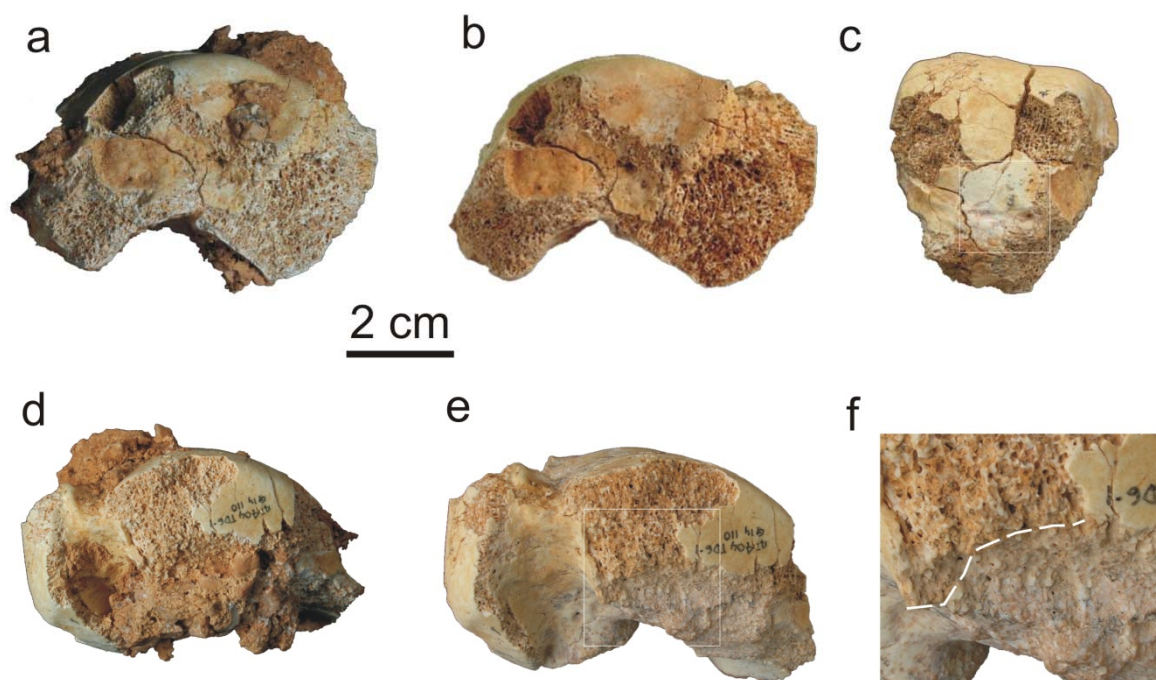


Figura 58. Astrágalo ATD6-95 antes y después de la restauración.

Cara lateral antes (a) y después (b) de la restauración. (c) Vista posterior tras la restauración. (f) Ampliación señalada en el recuadro de e. En la cara medial antes y después de la restauración (d y e) se ve la diferencia entre el aspecto entre el esponjoso originalmente expuesto (f, por encima de la línea) y el descubierto como consecuencia del tratamiento de restauración (f, bajo la línea) (Fotos a y d A.Ollé).

Referencias citadas

Pablos, A., Lorenzo, C., Martínez, I., Bermúdez de Castro, J.M., Martín-Torres, M., Carbonell, E. & Arsuaga, J.L. 2012. New foot remains from the Gran Dolina-TD6 Early Pleistocene site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution*, 63: 610-623.

ATD6-96 Mandíbula

Sigla de campo: ATA03-TD6-2-F15-5



Descripción del fósil

Dimensiones: 105 x 60x 25 mm

Hemimandíbula izquierda de un individuo adulto (Homínido 7) con los premolares y molares *in situ*. Está rota a la altura del septum alveolar de entre el canino e incisivo lateral (Carbonell et al., 2005).



Figura 59. Mandíbula ATD6-96 in situ.
(Fotografía procedente del diario de excavación)

Estado inicial

Extraída en bloque en una sola pieza y con el hueso consolidado *in situ* con Paraloid B72 disuelto en acetona. El fósil llegó al laboratorio de restauración incluido en un bloque de

sedimento compacto, con algunos clastos calcáreos incluidos, y con el área en la que podía estar la serie dental completamente cubierta por sedimento.

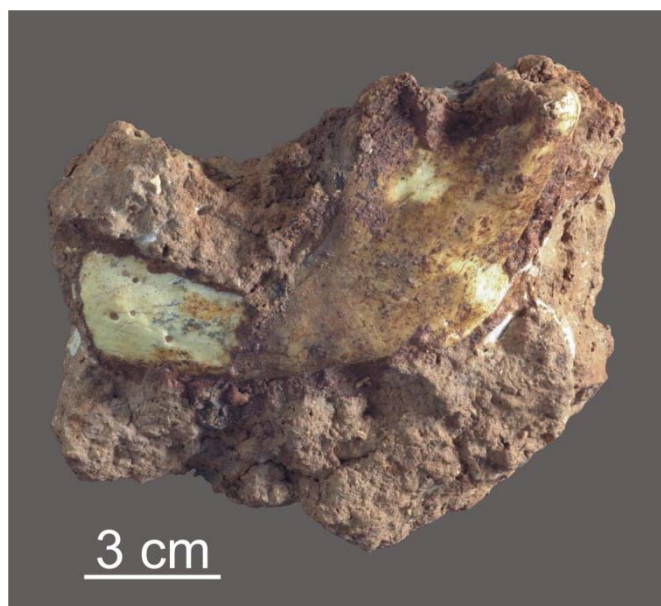


Figura 60. Mandíbula ATD6-96 antes de la restauración.

Antes del tratamiento, se analizó la superficie ósea, en la cual se reconocieron algunas marcas de corte (quedando así localizadas antes de la limpieza del fósil). Además, se hicieron tomografías (TAC) para analizar el estado de conservación. También se realizó un barrido fotográfico exhaustivo (López-Polín et al., 2008). Combinando los exámenes, se vio que había algunas fisuras que se apreciaban en la superficie visible del fósil que lo atravesaban por completo (Figura 61).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: noviembre 2003 – mayo 2004

Resumen de la intervención: limpieza mecánica (bisturí) y con agua y disolventes (acetona y alcohol)

Publicación: López-Polín et al., 2008

La presencia de fisuras hizo que se descartase el uso de herramientas más contundentes, como el vibroincisor, y el sedimento se retiró con herramientas manuales (bisturí esencialmente).

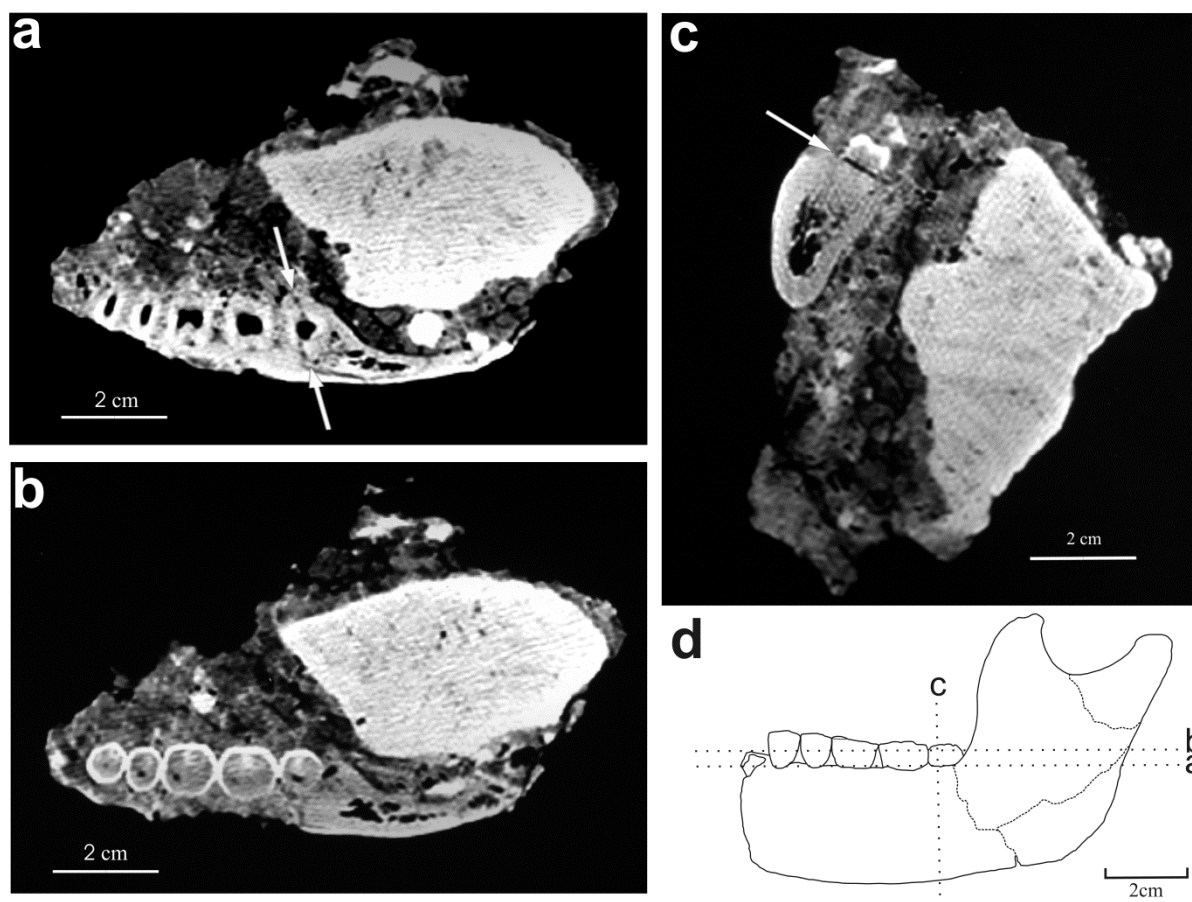


Figura 61. Mandíbula ATD6-96 antes de la restauración: tomografías.

Selección de imágenes obtenidas mediante TAC. En la imagen d, se indica la procedencia de las imágenes a-c. En la imagen b, puede verse cómo se preservaba la serie dental P3-M3 *in situ*. En las imágenes a y c, las flechas indican la fisura que partía en direcciones diferentes el M3 y que durante el tratamiento se separaría. (Figura de López-Polín et al., 2008).

Primero se retiró el sedimento del perímetro de la cara externa aglutinado con el consolidante. Esto se hizo combinando el uso de disolvente (xileno) e instrumentos metálicos (sonda y bisturí). Después se retiró el sedimento que cubría la serie dental con bisturí, dejando el sedimento de la otra cara, el cual se mantuvo hasta que se limpió por completo la cara externa como elemento de apoyo y refuerzo. Una vez limpia la cara externa cara, se inició la retirada de sedimento de la cara interna del fósil. Al retirar este sedimento, en seguida se produjo la fragmentación del fósil (Figura 62) por las fisuras preexistentes. Todas ellas estaban ya presentes antes de la restauración, habiéndose documentado tanto en las fotografías como en las imágenes tomográficas iniciales.

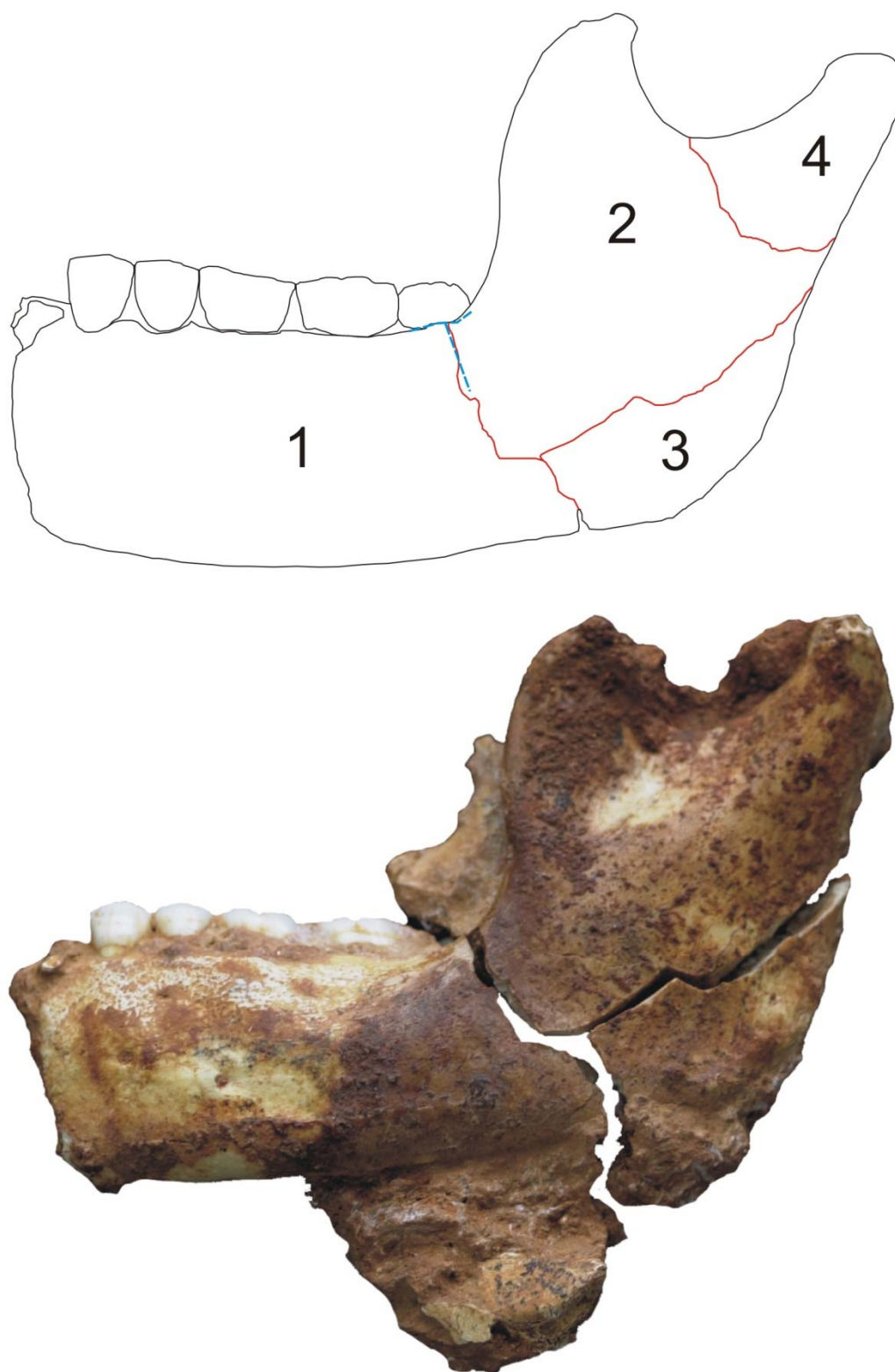


Figura 62. Mandíbula ATD6-96 durante la restauración.

En el dibujo se señalan las cuatro piezas en las que se fragmentó la mandíbula durante la preparación (la nº4 aún no está separada en la imagen de abajo). La línea discontinua azul señala aproximadamente los planos por los que se partió el M3.



Figura 63. Mandíbula ATD6-96 durante la restauración. Las dos imágenes muestran el M3 dividido en dos piezas.

La separación del M3 (

Figura 63) sirvió para estudiar con detalle el grado de desarrollo de la raíz (Carbonell et al., 2005). El resto de fracturas (Figura 62) también se documentaron. La última en separarse fue la pieza señalada como nº4 (Figura 62) que se originó a raíz de una fisura que había pasado prácticamente desapercibida pero que se vio en la documentación fotográfica inicial que ya existía, que se había originado ya durante la excavación.

La limpieza del fósil se remató con los fragmentos por separado. Tras la eliminación del sedimento con bisturí, se limpió toda la superficie mediante pincelado de una mezcla de agua destilada y alcohol. Finalmente, el fósil se adhirió con Paraloid B72.



Figura 64. Mandíbula ATD6-96 restaurada.

Referencias citadas

- Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Allué, E., Bastir, M., Benito, A., Cáceres, I., Canals, T., Díez, J.C., van der Made, J., Mosquera, M., Ollé, A., Pérez-González, A., Rodríguez, J., Rodríguez, X.P., Rosas, A., Rosell, J., Sala, R., Vallverdú, J., Vergès, J.M., 2005. An Early Pleistocene hominin mandible from Atapuerca-TD6, Spain. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102, 5674-5678.
- López-Polín, L., Ollé, A., Cáceres, I., Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., 2008. Pleistocene human remains and conservation treatments: the case of a mandible from Atapuerca (Spain). *Journal of Human Evolution* 54, 539-545.

ATD6-97 Costilla

Sigla de campo: ATA04-TD6-2-G15-48



Descripción del fósil

Dimensiones: 150 x 10 x 10 mm

Costilla 10 (11?) izquierda que preserva el cuerpo casi completo; carece de cabeza, parte del cuello y del extremo esternal Gómez-Olivencia et al., 2010.



Figura 65. Costilla ATD6-97 antes y después de la restauración.

Estado inicial

Esta costilla se recuperó en cuatro fragmentos. Tres de ellos, son los que se ven en la Figura 65, el cuarto es el de la Figura 67. El sedimento que tenía era de compacidad variable. Del mismo modo, en algunos fragmentos estaba más fuertemente adherido al hueso que en otros (Figura 67).

Antes del tratamiento, se examinó la superficie y se detectaron algunas marcas de corte (Figura 66).



Figura 66. Costilla ATD6-97 después de la restauración (detalle).

Cara externa de la zona central del cuerpo de la costilla. Se observan marcas de corte (paralelas a las líneas negras); también la ligera separación de fragmentos (flecha blanca) causada por las fracturas de origen diagenético (marcadas por la línea blanca discontinua).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: enero de 2005

Resumen de la intervención: limpieza mecánica y adhesión de los fragmentos con Paraloid B72 (HMG).

Todos los fragmentos se lavaron con agua destilada y un pincel; después se retiró el sedimento con bisturí en general. En el fragmento 4 (Figura 67), antes se rebajó el bloque de sedimento cortándolo con torno micromotor. Una vez limpios, las cuatro piezas se pegaron con adhesivo a base de Paraloid B72 (adhesivo comercial HMG).



Figura 67. Costilla ATD6-97 durante la restauración.

Fragmento 4 de la costilla. El bloque de sedimento se rebajó cortando con torno micromotor (arriba). Abajo: antes (a) y durante (b y c) la restauración. El bloque de sedimento estaba fuertemente adherido. Primero se redujo cortándolo (b), lo cual permitió trabajar con bisturí en la zona de contacto entre el fósil y el sedimento y separarlo con más seguridad (c).



Figura 68. Costilla ATD6-97 durante la restauración.

Detalle de la zona de contacto entre los fragmentos 2 y 3 antes de la reconstrucción (son los dos fragmentos de la izquierda de la imagen superior de la Figura 65). Las áreas de contacto entre ambos fragmentos muestran algo que es habitual en estos fósiles: zonas en las que se habían infiltrado restos de sedimento, combinadas con otras de fractura aparentemente reciente. Esto se observa en fragmentos que en el campo están fisurados (como el señalado con la flecha en la Fig. 24) y que, al excavarlos, manipularlos o restaurarlos, pueden separarse. Cuando esto ocurre antes de que llegue el fósil al laboratorio de restauración, es difícil saber cuál era la posición exacta de los fragmentos antes de la separación, es decir, si ese sedimento causaba algún tipo de desviación

Referencias citadas

Gómez-Olivencia, A., Carretero, J.M., Lorenzo, C., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2010. The costal skeleton of *Homo antecessor*: first results. *Journal of Human Evolution* 59, 620-640.

ATD6-99 Falange

Sigla de campo: ATA04-TD6-2-G15-11



Descripción del fósil

Falange medial de mano completa.

Estado inicial

Esta falange se recuperó en el mismo bloque en el que se hallaba el fragmento de parietal ATD6-100 (Figura 69). De hecho, el fósil que se vio y se excavó conscientemente en bloque durante la excavación fue el parietal. Al levantar y girar el bloque, se vio que debajo estaba esta falange (Figura 70).



Figura 69. Excavación del Parietal ATD6-100.
(Foto J.Mestre / G.Campeny –IPHES)

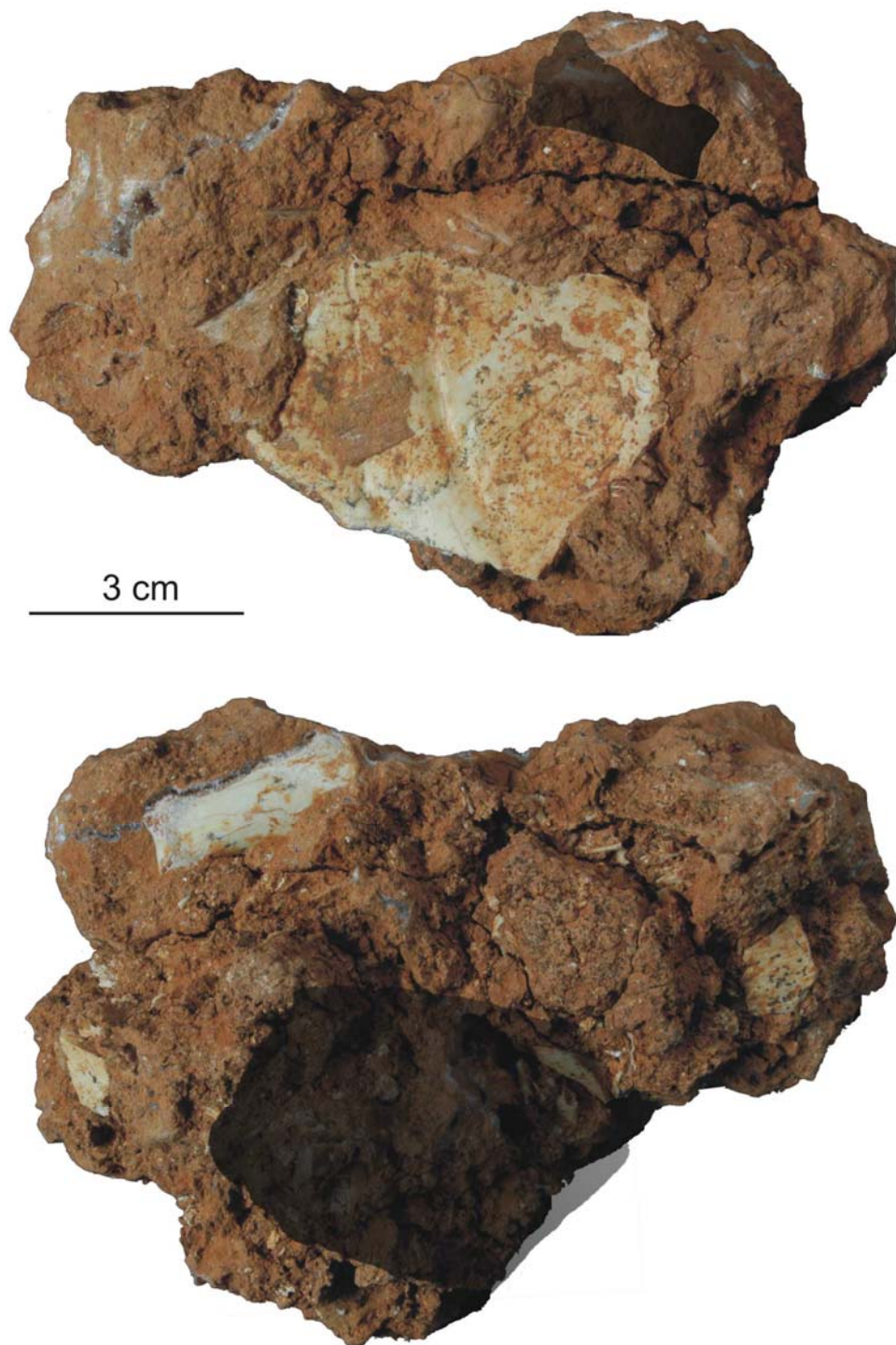


Figura 70. Falange ATD6-99 y parietal ATD6-100 antes de la restauración.

Las dos caras del mismo bloque: en una estaba la falange ATD6-99 y, en la otra, el fragmento parietal ATD6-100. En las dos imágenes se representa la posición del fósil situado en el lado opuesto del bloque. Así es como el bloque llegó a restauración, aunque enseguida se separó espontáneamente por la fisura que puede apreciarse en las fotografías.

Durante el proceso de documentación inicial, el bloque se separó en dos partes a partir de una fisura preexistente, de manera que se separaron también los dos fósiles. La falange quedó incluida en sedimento por todas sus caras, excepto la dorsal de la epífisis. Este sedimento era de dureza y compacidad variable, aunque en general, carbonatado y compacto. El fósil, por su parte, se encontraba en buen estado, consistente.

Antes de intervenir, se a la lupa la superficie accesible. A parte valorar el estado de conservación, este examen confirmó la presencia de una marca de corte apreciable a simple vista en la parte central de la diáfisis de la cara vista (la dorsal).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: marzo-mayo del 2005

Resumen de la intervención: limpieza combinada (con bisturí y agua); adhesión de los fragmento (con Paraloid B72).

Durante el proceso de documentación previo al tratamiento, el bloque se separó, de manera que los dos fósiles quedaron individualizados antes de iniciar el tratamiento de restauración.

Para retirar el sedimento de la falange, el primer paso fue meter en inmersión el bloque (dejando la falange al aire). Así se quitó parte del sedimento, el sensible al agua; el resto, se retiró con bisturí. Durante la limpieza, se rompió un pequeño fragmento de la epífisis proximal, que tras la limpieza, se pegó con Paraloid B72.

El buen estado de conservación del fósil hizo que se considerase innecesario consolidarlo.

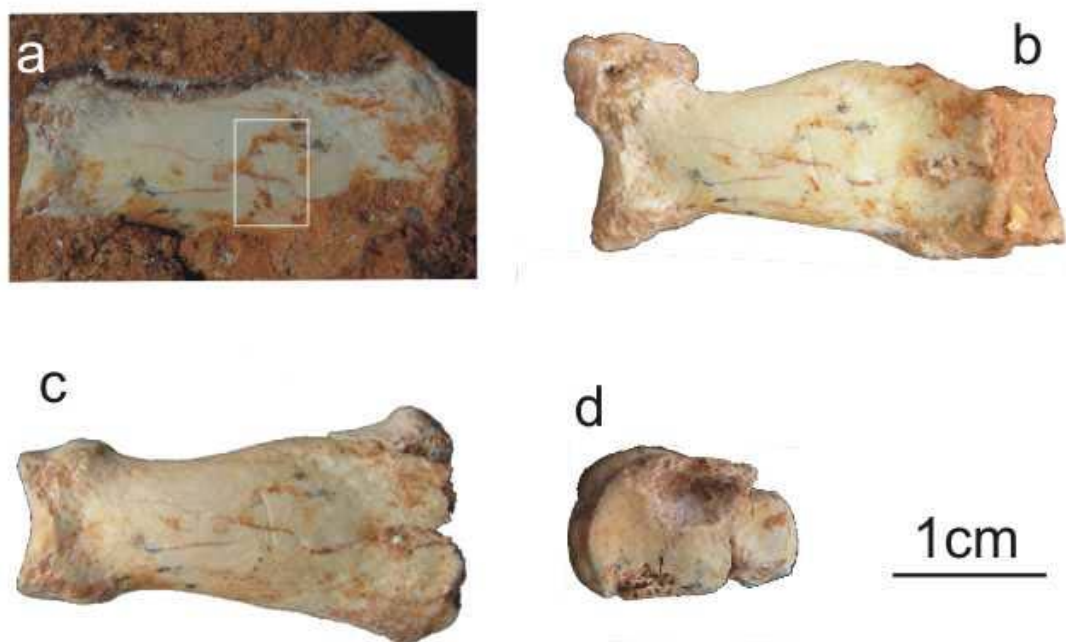
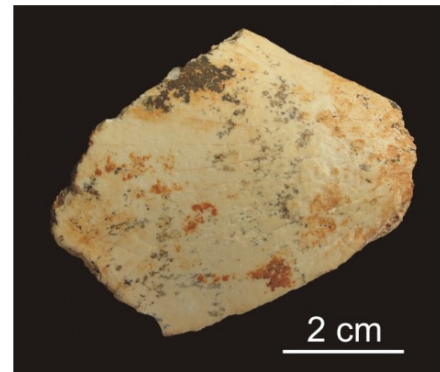


Figura 71. Falange ATD6-99 antes, durante y después de la restauración.

Vista dorsal antes, durante y después de la restauración (a, b, c). El recuadro de la imagen a enmarca la marca de corte, apreciable a simple vista ya antes de la restauración. En la superficie articular de la epífisis próxima (d) puede verse una zona en la que falta el hueso cortical que hubo que vaciar de sedimento durante la limpieza.

ATD6-100 Parietal

Sigla de campo: ATA04-TD6-2-G15-10



Descripción del fósil

Fragmento de parietal. Contacta con el fragmento ATD6-168 recuperado un año antes (ATA03-TD6-2-G15-76).

Estado inicial

Este fósil se recuperó en bloque (Figura 72), llegando descubierta la cara interna, mientras que la externa estaba en contacto con el sedimento. Uno de sus bordes (Figura 73, derecha) mostraba una fractura reciente, pero no llegó ningún otro fragmento que pudiera adherirse a este borde. Al levantar el bloque, al otro lado, se encontró la falange ATD6-99 (Figura 72. Parietal ATD6-100 in situ.).



Figura 72. Parietal ATD6-100 *in situ*.

A la izquierda, perfilado del bloque en el que se extrajo el fragmento craneal ATD6-100. A la derecha, el lado opuesto del bloque, en el que se ve la falange ATD6-99 (Fotos: J.Mestre-IPHES).

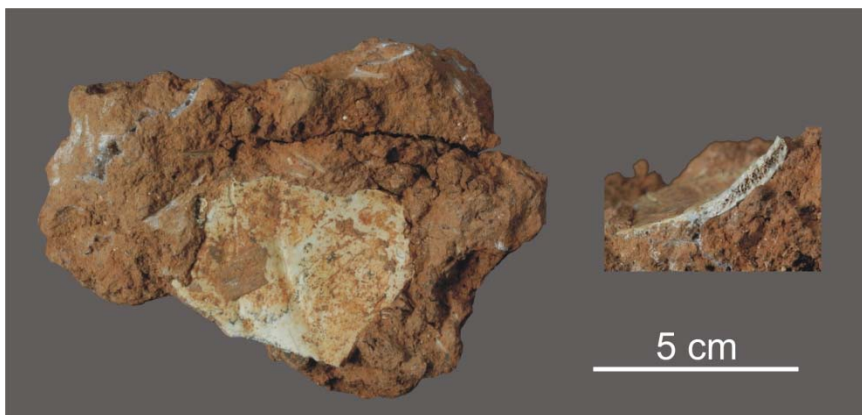


Figura 73. Parietal ATD6-100 antes de la restauración.

Dos vistas del fragmento ATD6-100. En la de la derecha, puede verse el borde de fractura reciente (causada durante la excavación).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: marzo 2005 – junio de 2005

Resumen de la intervención: limpieza combinada (mecánica y con agua).

El sedimento de este bloque era, en parte, arcilloso y relativamente sensible al agua, por lo que optó por meterlo en agua (desionizada); en húmedo, se retiró con un palillo de madera (Figura 74 a y b), hasta que quedó el sedimento carbonatado e insensible al agua (Figura 74c y d) que se retiró con bisturí.

Durante la limpieza de la cara externa, se descubrieron marcas de corte (Figura 74c y d). Tras localizarlas, se procuró incidir lo menos posible sobre ellas. Al final, quedó un resto de sedimento que saltó en bloque, arrastrando partículas de hueso (Figura 75).

Con la limpieza finalizó el tratamiento, ya que no se innecesario consolidar.



Figura 74. Parietal ATD6-100 durante la restauración.

Proceso de limpieza. a) Inmersión del bloque de sedimento en agua; b) retirada del sedimento menos compacto con palillo de madera; c) estado tras la retirada del sedimento menos compacto y antes de iniciar la limpieza con bisturí; el recuadro delimita una zona con marcas de corte ampliadas en la imagen *d*.

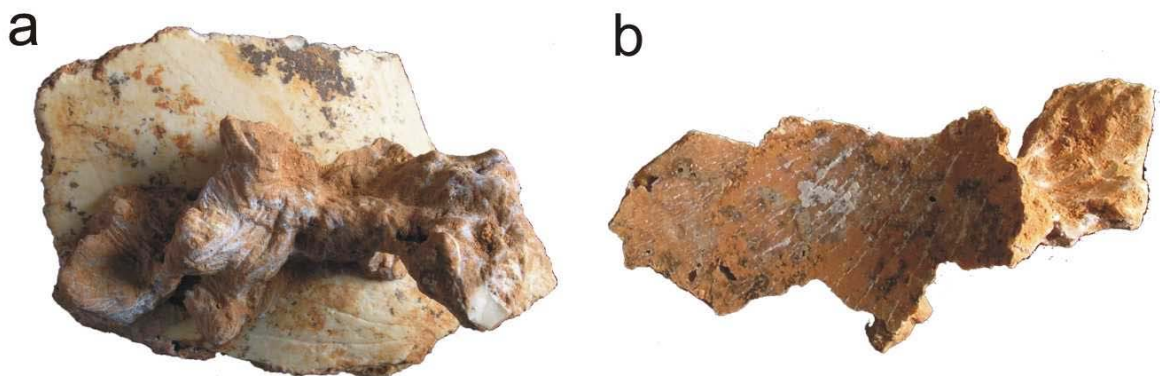


Figura 75. Parietal ATD6-100 durante la restauración.

a) Antes de retirar el último resto de sedimento; b) este resto de sedimento saltó en bloque, arrastrando algunas partículas de hueso que quedaron adheridas al sedimento.

Estado final

Tras el tratamiento, el fósil quedó limpio y mecánicamente estable. Este fragmento, ATD6-100, se adhirió al fragmento ATD6-168 (ver apartado siguiente).

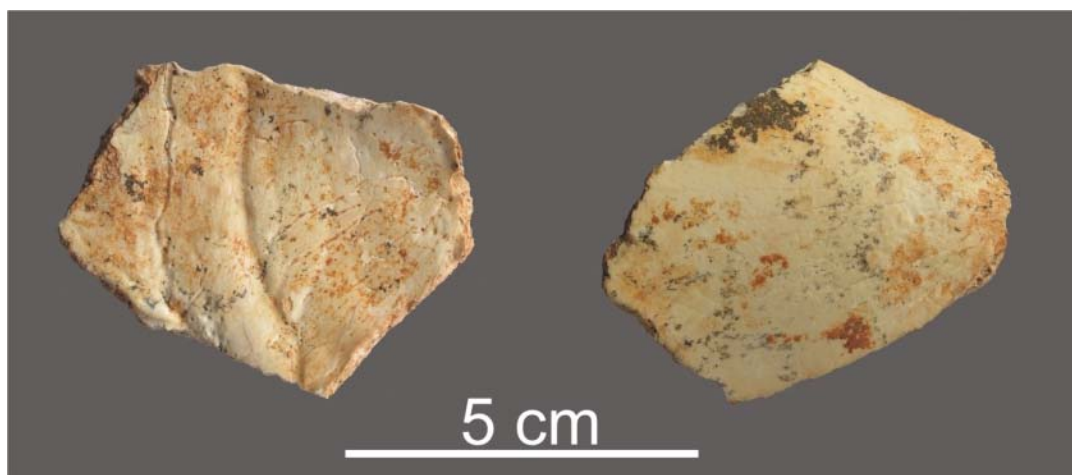


Figura 76. Parietal ATD6-100 restaurado.

Reconstrucción de ATD6-100 y ATD6-168

Al terminar el tratamiento de ATD6-100, se vio que contactaba con el fragmento craneal ATD6-168.

Las dos piezas (Figura 77) se recuperaron en dos campañas consecutivas. Según las coordenadas asignadas en el campo, se hallaban muy próximas:

- ATD6-168: recuperado en la campaña del 2003; siglado como ATA03-TD6-2-G15-76; coordenadas (x – y – z): 10 – 15 – 747.
- ATD6-100: recuperado en la campaña del 2004; siglado como ATA04-TD6-2-G15-10; coordenadas (x – y – z): 3 – 15 – 750.

Sin embargo, los bordes por los que contactaban estos dos fragmentos (ATD6-100 y ATD6-168) mostraban claramente que la fractura se originó antes de la excavación: además de recubiertos de sedimento (Figura 78), estaban ligeramente redondeados. Es decir, en principio, siguiendo el criterio general de no pegar piezas fragmentadas con anterioridad a la excavación, no se deberían haber pegado. No obstante, en este caso, se acordó que sí se pegarían, es decir, se decidió priorizar el valor del fósil reconstruido. Antes de la reconstrucción, se limpiaron los bordes de contacto con bisturí, humectando alternativamente con agua. La adhesión se hizo con adhesivo a base de Paraloid (HMG Paraloid).

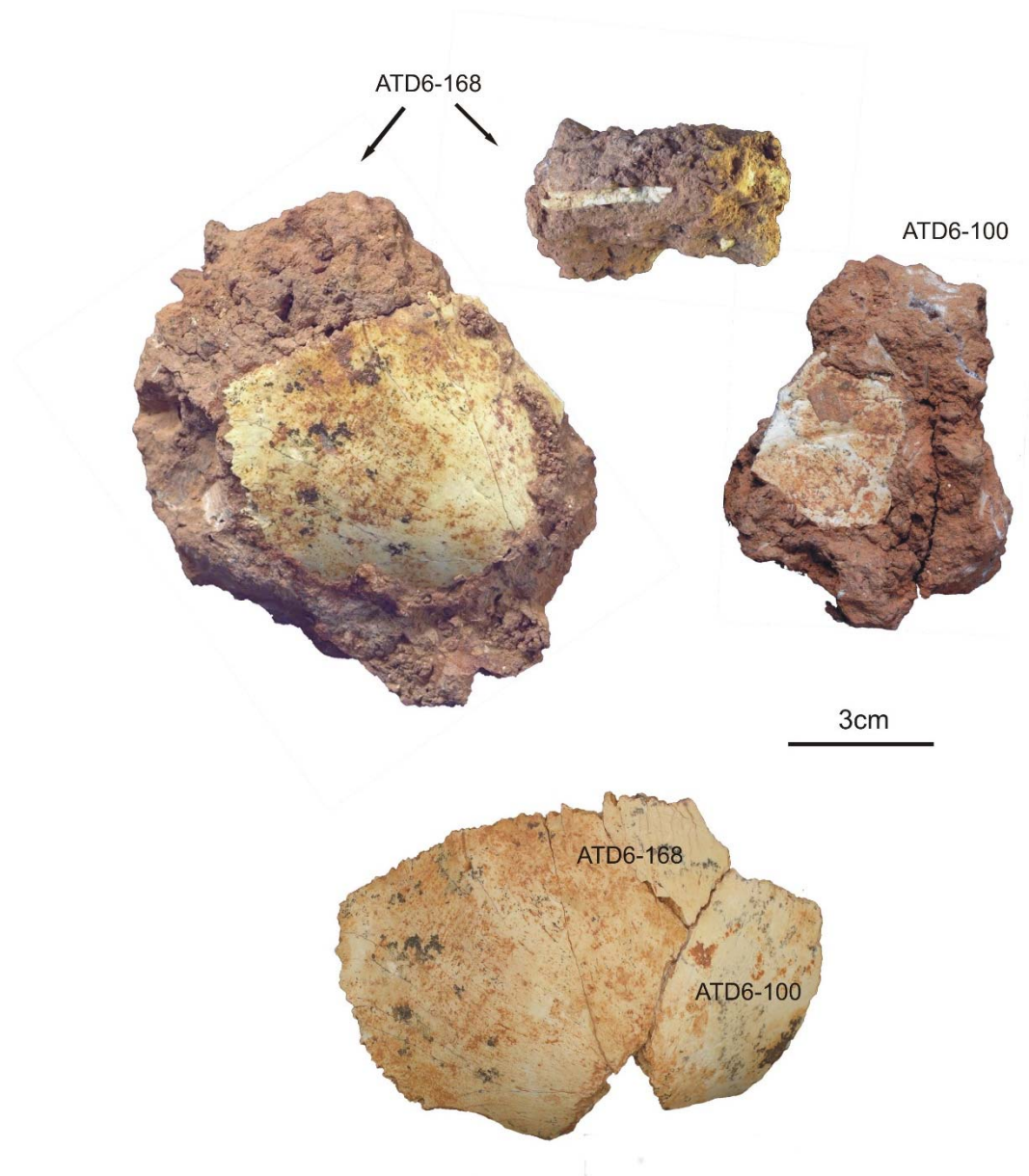


Figura 77. Fragmentos de parietal ATD6-100 y ATD6-168 antes y después de la restauración. El fragmento de parietal se compuso a partir de tres fragmentos originales: ATD6-168, recuperado en 2003 y ATD6-100, recuperado en 2004 (figura creada a partir de fotografías de A.Ollé)

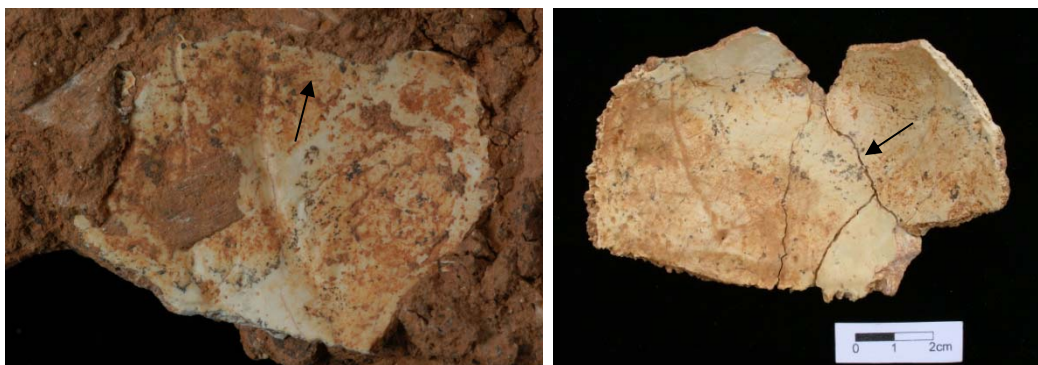


Figura 78. Fragmento de parietal ATD6-100 y ATD6-168.

A la izquierda, el fragmento ATD6-100 antes del tratamiento; el borde señalado con una flecha es el mismo señalado en la imagen de la derecha. En la imagen de antes del tratamiento (izquierda) puede verse cómo ese borde estaba rodeado de sedimento (la vista es de la cara interna).

Estado final del fósil reconstruido (ATD6-100 + ATD6-168)

El fósil quedó restaurado, con todos los fragmentos unidos. Como puede observarse en la imagen del parietal restaurado (Figura 79), existe una ligera diferencia de color entre el fragmento de mayor tamaño de ATD6-168 y ATD6-100: tiene más restos de arcilla, por lo que tiene una coloración más rojiza. Esto se debe a fue consolidado *in situ* con Paraloid B72, aglutinando parte del sedimento que, después es muy difícil retirar del todo.

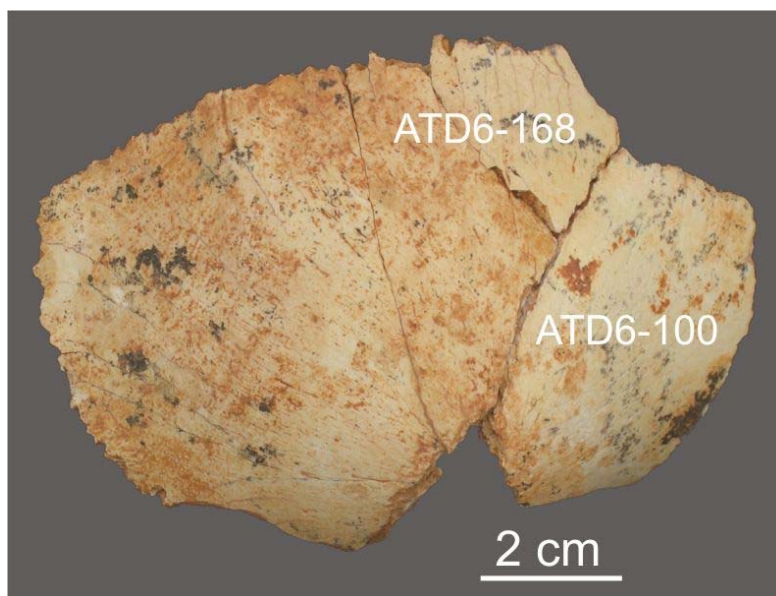


Figura 79. Parietal formado por ATD6-100 y ATD6-168.

ATD6-102 Incisivo

Sigla de campo: ATA05-TD6-2-G15-77



Descripción del fósil

Incisivo lateral deciduo (superior izquierdo) (Bermúdez de Castro et al., 2006).



Figura 80. Diente (incisivo) ATD6-102 *in situ*.

Estado de conservación y tratamiento

Tratamiento realizado: -

Fecha: julio de 2005

Resumen de la intervención: sólo lavado.

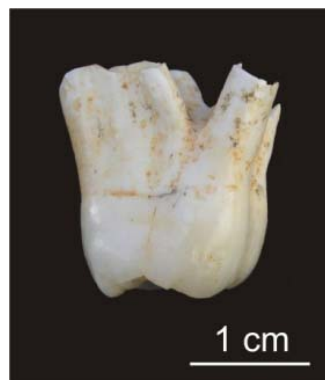
En buen estado, sólo se lavó con agua desmineralizada y un pincel sintético suave.

Referencias citadas

Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., Gómez, A., Mateos, A., Martín-Torres, M., Muela, A., Rodríguez, J., Sarmiento, S., Varela, S. (2006). Paleodemografía del hipodigma de fósiles de homínidos del nivel TD6 de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos): estudio preliminar. *Estudios Geológicos* 62, 145-154.

ATD6-103 Molar

Sigla de campo: ATA06-TD6-2-G12-45



Descripción del fósil

M1 superior derecho que pertenecería al homínido 5 (H5), junto al M1 inferior del mismo lado ATD6-93 (Bermúdez de Castro et al., 2010).



Figura 81. Diente ATD6-103 (molar) *in situ*.
(Foto J.Mestre/G.Capmeny-IPHES)

Estado de conservación y tratamiento

Tratamiento realizado: -

Fecha: julio de 2006

Resumen de la intervención: sólo lavado.

En buen estado. El sedimento presente entre las raíces, se quitó con un palillo de madera sin demasiada dificultad. Todo el diente se lavó con agua desmineralizada y un pincel sintético suave.

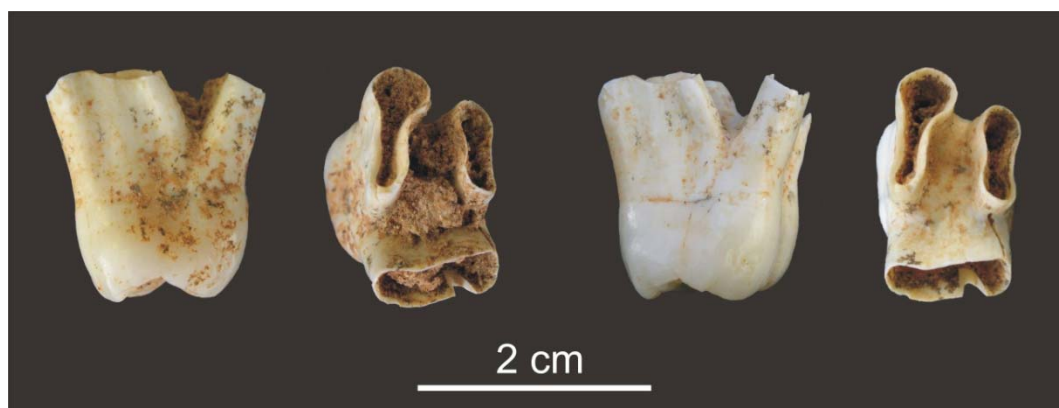


Figura 82. ATD6-103 Diente (M1) antes y después de la limpieza.

Referencias citadas

Bermúdez de Castro, J.M., Martín-Torres, M., Prado, L., Gómez-Robles, A., Rosell, J., López-Polín, L., et al. (2010). New immature hominin fossil from European Lower Pleistocene shows the earliest evidence of a modern human dental development pattern. *PNAS*, 107, 11739–11744.

ATD6-104 Diente

Sigla de campo: ATA06-TD6-2-G13-60



Descripción del fósil

Fragmento de corona que se recuperó tras lavar y triar el sedimento del cuadro.

Estado de conservación y tratamiento

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: julio de 2006

Resumen de la intervención: lavado y limpieza mecánica.

En buen estado, consistente y con apenas un poco de sedimento concrecionado en la base de la corona que se quitó con un bisturí. Todo el diente se lavó con agua desmineralizada y un pincel sintético suave.

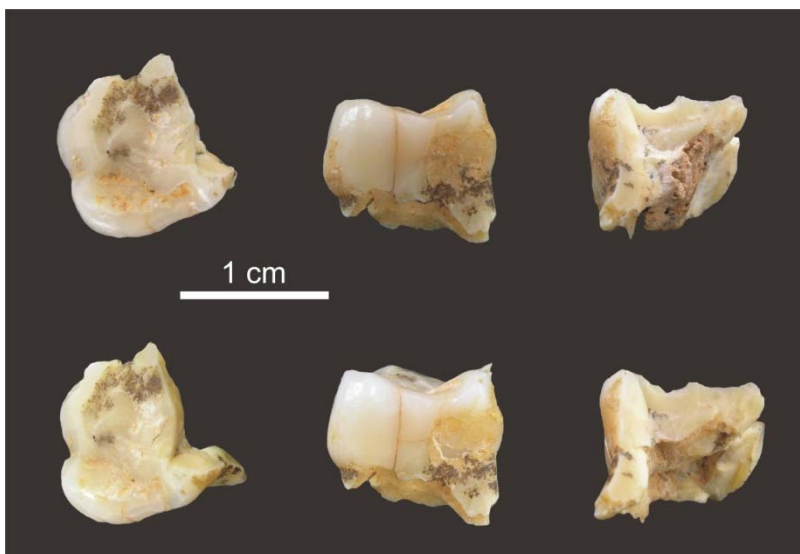


Figura 83. ATD6-104 Diente
Antes (arriba) y después (abajo) de la limpieza.

ATD6-105 Vértebra

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-F12-33



Descripción del fósil

Dimensiones: 45 x 30 x 30 mm

Fragmento de vértebra. Conserva parte del cuerpo vertebral y uno de los procesos articulares.



Figura 84. Vértebra ATD6-105 *in situ*.
(Foto J.Mestre / IPHES).

Estado inicial

En buen estado, consistente y sin apenas restos de sedimento adherido. Además del fragmento principal (Figura 84) se recuperó una esquirla (de unos 14x10x8 mm, Figura 85).

Por el aspecto de los planos de fractura, este fósil sufrió algunas pérdidas durante la excavación, aparentemente tanto en el cuerpo como en la zona articular.

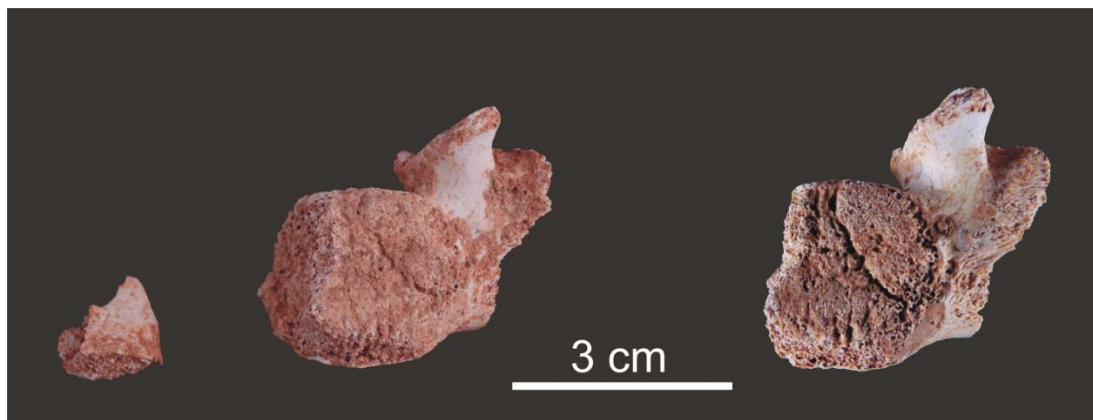


Figura 85. Vértebra ATD6-105 antes y después de la restauración.

En la imagen de antes del tratamiento (izquierda) se observa una esquirla suelta que no se pegó por falta de contacto claro (no aparece en la imagen de la derecha porque se dejó suelta).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: mayo 2012

Resumen de la intervención: limpieza combinada (mecánica y con agua); consolidación de bordes y esponjoso con Paraloid B72.

Se limpió mediante lavado con agua destilada y pincel, así como bisturí puntual para algunas de las pequeñas concreciones. Se consolidaron los bordes y zonas debilitadas del esponjoso con Paraloid B72.

Estado final

El fragmento principal queda en una sola pieza mecánicamente estable. Además, queda un fragmento (14 x 10 x 8 mm) suelto por falta de contacto claro (a pesar de que parece pertenecer a este fósil).

ATD6-112

Sigla de campo: ATA06-TD6-1-G12-77



Descripción del fósil

Fragmento de mandíbula infantil que conserva la zona derecha del cuerpo mandibular desde la sínfisis hasta la cripta del segundo molar permanente (M2). Además, contiene: las coronas de los dos molares deciduales (dm1 y dm2) y varios dientes permanentes en diferente estado de desarrollo, concretamente los incisivos, I1 e I2, el canino C, el premolar P3 y el primer molar M1. Este espécimen es el individuo 11 (H11) del hipodigma de TD6 (Bermúdez de Castro et al., 2010).

Estado inicial

Esta mandíbula llegó fragmentada e incluida en sedimento carbonatado y muy compacto. Durante la excavación, la mandíbula se fragmentó en seis piezas, numeradas del 1 al 6 para facilitar el trabajo de documentación del tratamiento de restauración (en la Figura 86, fragmentos 1 a 5; el 6 está en la Figura 94).

Cinco de los seis fragmentos se rompieron limpiamente, es decir, la superficie de contacto entre ellos se conservó suficientemente bien como para volver a unirse sin dificultad. Sin embargo, los molares deciduos, dm1 y dm2, perdieron parte de la superficie de contacto (Figura 86, fragmento 5). Los dos dientes se rompieron a la altura del cuello transversalmente, es decir, las coronas se separaron de las raíces siguiendo un plano transversal (Figura 92). Además, las superficies seccionadas de los dos molares se hallaban muy craqueladas, con microfisuras que cuarteaban tanto el esmalte como la dentina.

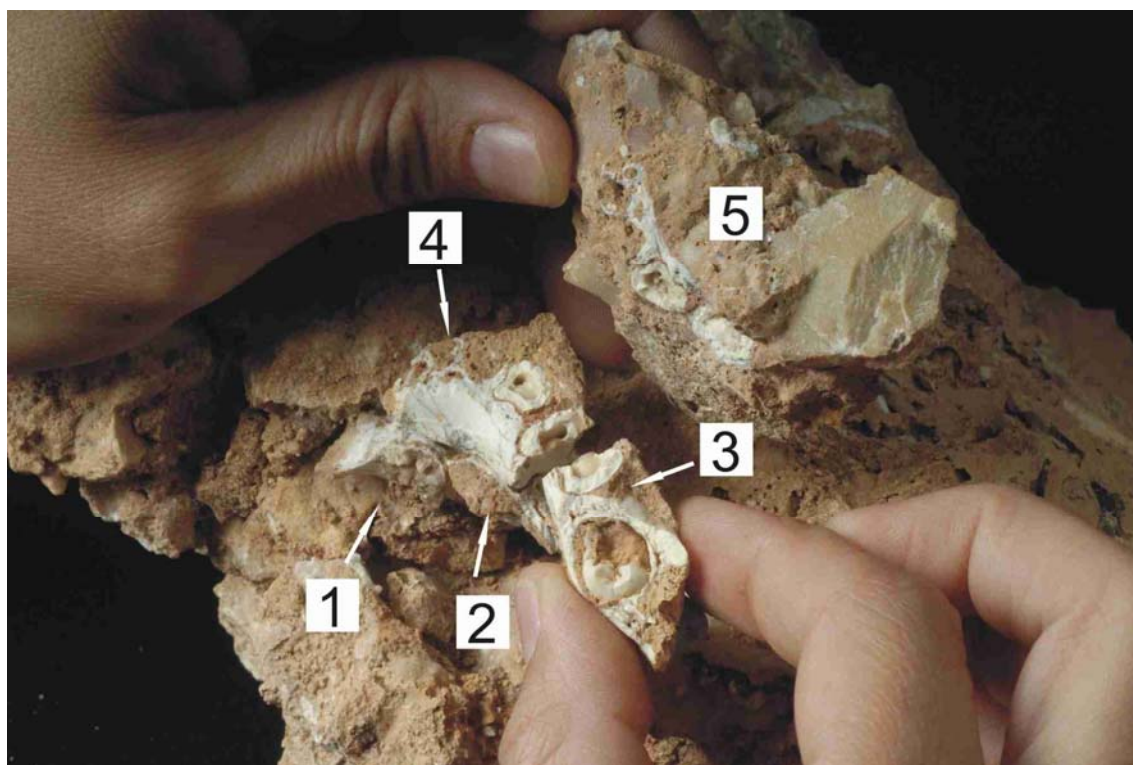


Figura 86. Mandíbula ATD6-112 antes de la restauración.

Cinco de los seis fragmentos recuperados (Fotografía: Jordi Mestre – IPHES). El fragmento 1 contiene la sínfisis y parte de los gérmenes del canino y el incisivo (I2). Apenas visible en la imagen, el fragmento 2, con parte del germen del canino. La mano derecha, sostiene el fragmento 3, con el M1 permanente incluido y parte de la raíz del dm2. A su lado está el fragmento 4, que contiene parte de la raíz del dm2, la raíz del dm1 y los alveolos del canino y los incisivos, así como un incisivo. La mano izquierda sujeta el fragmento 5, que contiene los dos molares (dm1 y dm2)..

Además de estos seis fragmentos de partida (Figura 86), en el yacimiento se recogió el sedimento que rodeaba al fósil. Durante la restauración, se trió este sedimento y se recuperaron algunas esquirlas (Figura 95). Una de ellas, pertenecía a uno de los incisivos (I1) y, el resto, al cuerpo mandibular.

Pero, a pesar de la fragmentación, el problema que tenía que abordar el tratamiento de restauración era extraer del sedimento los fragmentos. Este era muy compacto y estaba fuertemente unido al hueso, lo cual era un problema especialmente en las partes más finas del fósil, como los alveolos dentales (Figura 91).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración.

Fecha: noviembre 2003 – mayo 2004

Resumen de la intervención: limpieza mecánica (bisturí y espátula de ultrasonidos) y con agua y disolventes (acetona y alcohol).

Publicación: López-Polín et al., 2008.

Inicialmente se probó a retirar el sedimento con bisturí, porque el fósil tenía zonas muy finas y presentaba microfisuras en otras, con lo cual, se quería evitar el uso de herramientas como cinceles o vibroincisores, para evitar así impactos o vibraciones. Pero la acción del bisturí era, en general, insuficiente: el sedimento estaba demasiado duro y, en algunas zonas, alcanzaba un grosor considerable. Así, finalmente se probó con la espátula de ultrasonidos (Figura 87). Esta herramienta resultó ser más de eficaz que el bisturí y, sin embargo, más controlable que otras herramientas de mayor tamaño o potencia, como el vibroincisor, que se utilizó puntualmente para desbastar parte del sedimento (por ejemplo, con el fragmento 6). También se empleó bisturí para retirar parte del sedimento, pero mayoritariamente se utilizó la espátula de ultrasonidos.



Figura 87. Mandíbula ATD6-112 durante la restauración.

Fragmento número 1 durante el proceso de extracción con espátula de ultrasonidos (Fotografía: Andreu Ollé).

A lo largo del proceso de restauración, se consolidaron algunas zonas con Paraloid B72 diluido en acetona. Este mismo producto se empleó también para adherir algunos fragmentos, mientras que para otros se utilizó un adhesivo comercial a base de Paraloid B72 (HMG).

Restauración del fragmento 1 (Figura 87)

El fragmento 1 se encontraba incluido en un gran bloque de sedimento compacto (de unas dimensiones y peso aproximados de 30 x 17 x 12 cm y 3.700 g, Figura 88a). Antes del tratamiento, se podían ver los extremos apicales de diversos alvéolos y además, dos fragmentos de dientes seccionados.

La pieza se extrajo del bloque con la espátula de ultrasonidos (Figura 87), rodeando el fósil a cierta distancia, para evitar dañarlo con la herramienta. Una vez levantado (Figura 88e) quedaba aún una capa de concreción fina, que se acabó de retirar con bisturí. Al sacarlo, se pudo verificar que el fragmento correspondía a la zona de la sínfisis mandibular y que los dos trozos de diente pertenecían a los gérmenes del incisivo (I1) y del canino (Figura 88e).

Restauración del fragmento 2 (Figura 89)

El fragmento 2 contactaba con el resto de piezas del cuerpo mandibular (fragmentos 1, 3 y 4) y contenía parte del germen del canino (la otra parte, en el fragmento 1). Se hallaba cubierto por una capa de concreción de escaso grosor (máximo 5mm) que se retiró con el aparato de ultrasonidos.

Restauración del fragmento 3 (Figura 90)

El fragmento 3 contenía el M1 permanente y parte de la raíz del molar deciduo dm2. La capa de concreción era muy fina, por lo que se limpió íntegramente con bisturí.

El proceso de limpieza de la superficie oclusal del M1 fue costoso por dos motivos: 1) la presencia de las irregularidades típicas de la superficie oclusal, acentuadas por su estado de desarrollo y 2) la ausencia de esmalte desarrollado, que hacía que la superficie fuera más blanda que la habitual del esmalte en buen estado. Parte de la limpieza se realizó bajo lupa binocular.

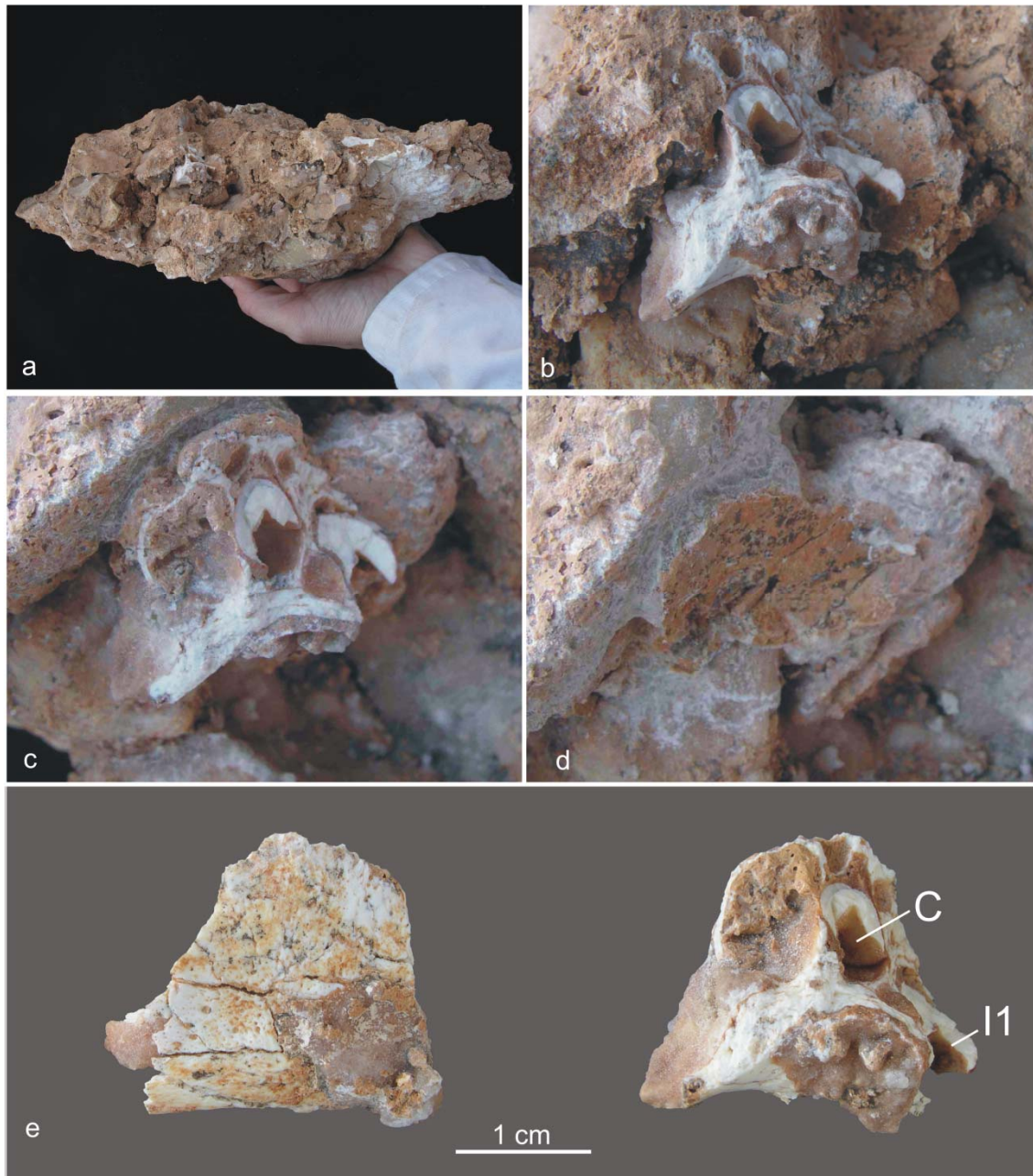


Figura 88. Mandíbula ATD6-112 durante la restauración (fragmento 1).

Fragmento número 1 durante el proceso de extracción con espátula de ultrasonidos. Arriba (a y b) antes de iniciar la extracción. En medio, en proceso; puede verse el surco en el bloque con la punta de ultrasonidos, creado para forzar la extracción (c) así como la huella que dejó el fósil en el sedimento (d). Abajo, dos vistas del fósil recién extraído; se indican la posición del canino (C) y el incisivo (I1) (Fotografía a, Andreu Ollé).



Figura 89. Mandíbula ATD6-112 antes y después de la restauración (fragmento 2).

Dos vistas diferentes del fragmento numerado como 2 antes (izquierda) y después (derecha) de la restauración. Se aprecia un fragmento del germen del canino.

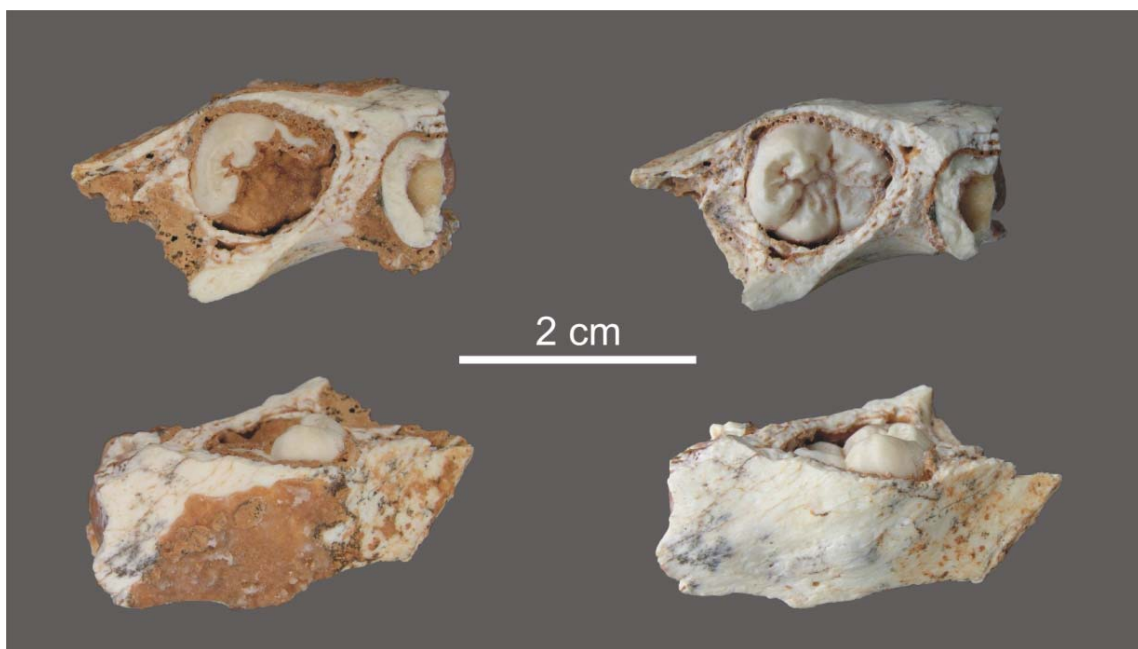


Figura 90. Mandíbula ATD6-112 antes y después de la restauración (fragmento 3).

Dos vistas diferentes del fragmento numerado como 3 antes (izquierda) y después (derecha) de la restauración. Se ve el M1 incluido y parte del dm2.

Restauración del fragmento 4 (Figura 91)

El fragmento 4 contenía los dos incisivos (I1 e I2), el premolar (P3) y también parte de la raíz del molar deciduo (dm1), ésta contactaba con el resto de la raíz incluida en el fragmento 3.

Esta pieza se limpió con bisturí y espátula de ultrasonidos. La espátula se utilizó en la zona con concreción gruesa, es decir, para retirar el sedimento adherido a la cara externa de la mandíbula a la altura del dm2. El vaciado del sedimento que rellenaba los alveolos se hizo con bisturí.

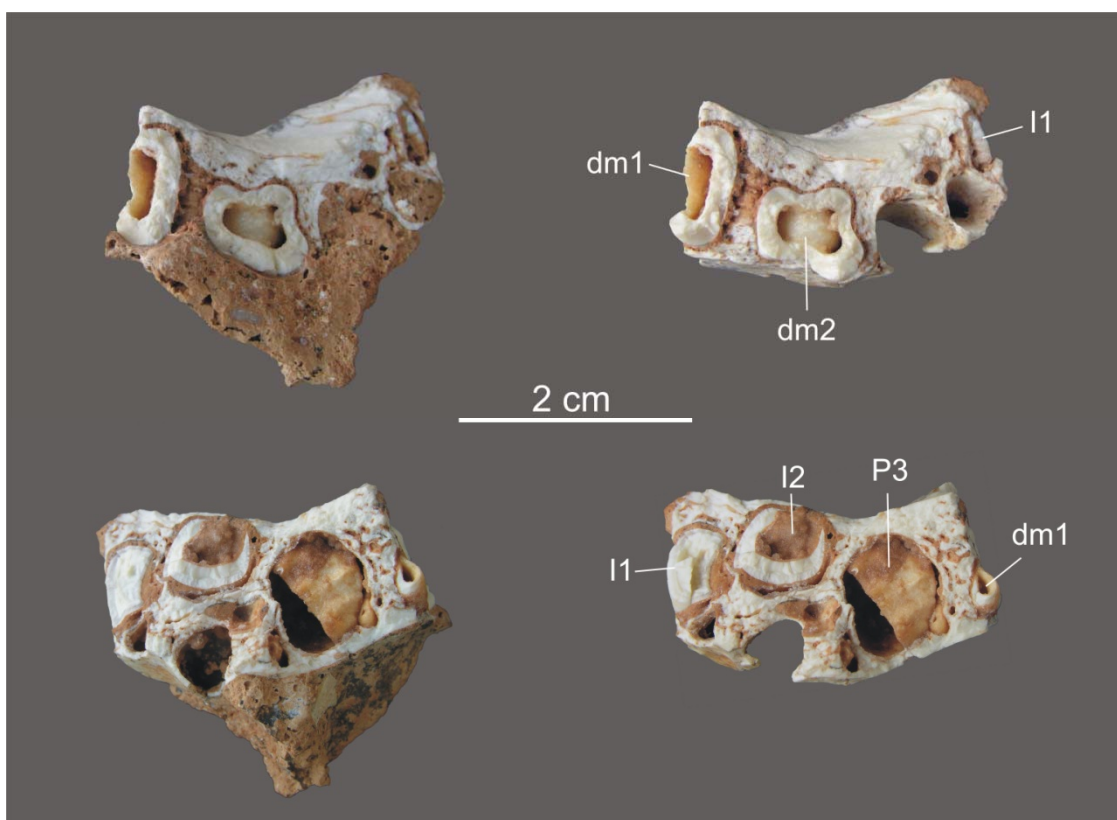


Figura 91. Mandíbula ATD6-112 antes y después de la restauración (fragmento 4).

Fragmento numerado como 4: vista superior (arriba) e inferior (abajo); antes (izquierda) y después (derecha) de la restauración. A la derecha se indica la posición de los dientes, en vista superior (arriba) e inferior (abajo).

Restauración del fragmento 5 (Figura 92)

El fragmento 5 contenía las coronas de los dos molares deciduales (dm1 y dm2). Dichas coronas estaban completamente incluidas en sedimento, quedando al descubierto sólo el plano transversal fracturado durante la excavación (Figura 92).



Figura 92. Mandíbula ATD6-112 antes y durante la restauración (fragmento 5).

Los dos molares deciduales (dm1 y dm2) antes (izquierda) y durante la restauración (derecha): .

La superficie de los dientes expuesta, presentaba numerosas microfisuras (Figura 92b). Por ello, antes de empezar a retirar sedimento se consolidó (con Paraloid B72). Tras la consolidación, se inició la limpieza. Primero se redujo el bloque de sedimento con micromotor, cortando con disco de diamante y desbastando con fresas de carborundo. Después, se retiró el sedimento más próximo al fósil con espátula de ultrasonidos y con bisturí. Así se liberaron los dientes parcialmente de sedimento (Figura 93, arriba). Tras esto, el dm2 se separó del bloque de sedimento sin problemas (Figura 93), mientras que el dm1 se fracturó durante el proceso de separación (Figura 93). Para evitar que este molar se desintegrara, se consolidó con Paraloid antes de rematar la limpieza del sedimento de alrededor. Por fin se extrajo en 3 fragmentos, que posteriormente se adhirieron también con Paraloid.

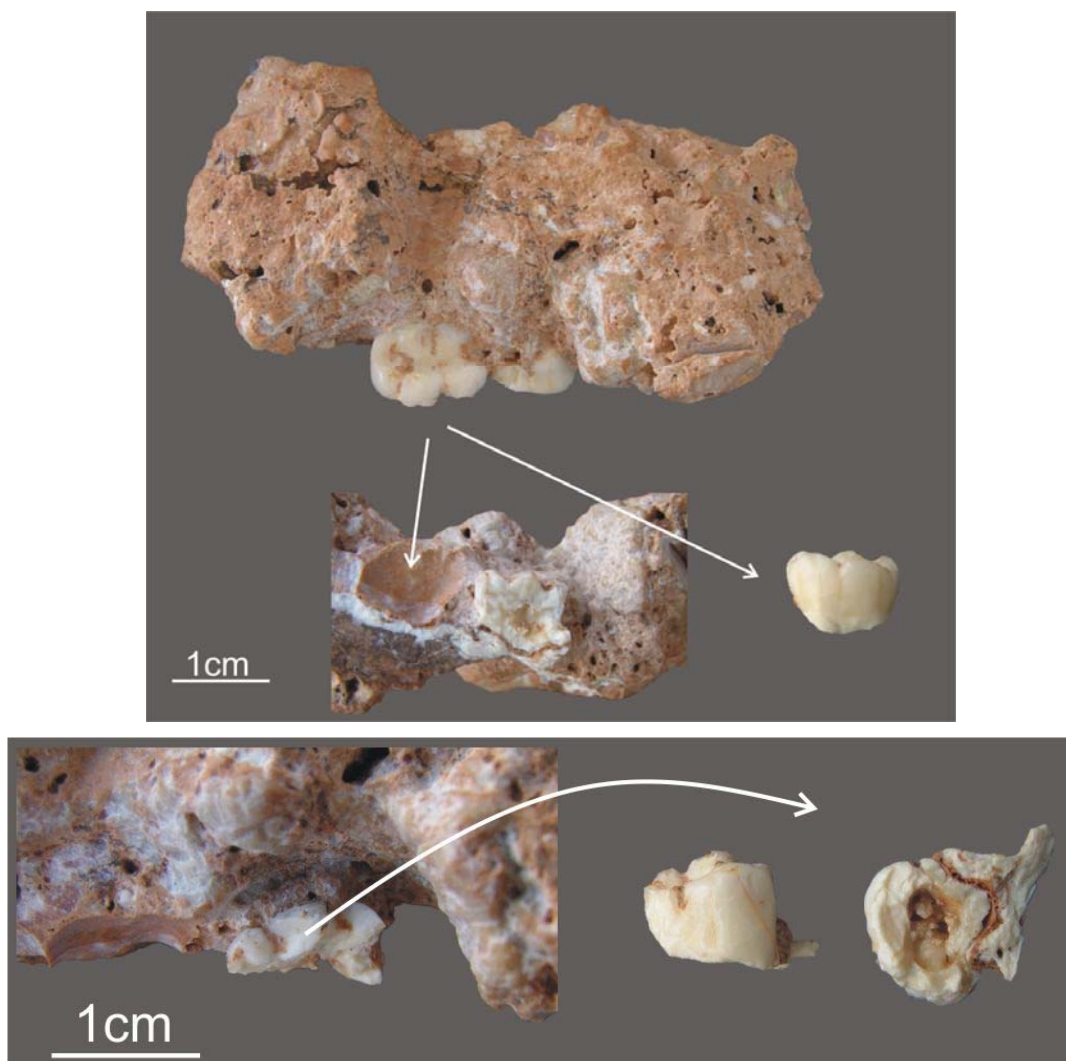


Figura 93. Mandíbula ATD6-112 durante la restauración (fragmento 5).

Dos vistas diferentes del fragmento 5 durante la restauración. Arriba, secuencia de la separación con éxito del dm2. El dm1, como puede verse arriba y abajo, se rompió durante el proceso, aunque, una vez extraído en trozos, se recompuso (abajo a la derecha).

Restauración del fragmento 6 (Figura 94)

Fragmento que contenía parte de la cripta del molar permanente (M1). Este fragmento estaba incluido en sedimento casi por completo (excepto en el plano por el que se fracturó en la excavación). Esto, unido a su escaso grosor del hueso, lo convertía en un fragmento muy delicado. Así, durante el proceso de limpieza se fue consolidando (con Paraloid B72) para evitar posibles fracturas.

La limpieza se hizo alternando la espátula de ultrasonidos y el bisturí. Hubo que recurrir al vibroincisor puntualmente, para retirar un canto calcáreo. La limpieza ocasionó la

fragmentación de la pieza, así como una ligera pérdida. Los fragmentos se adhirieron con Paraloid B72.

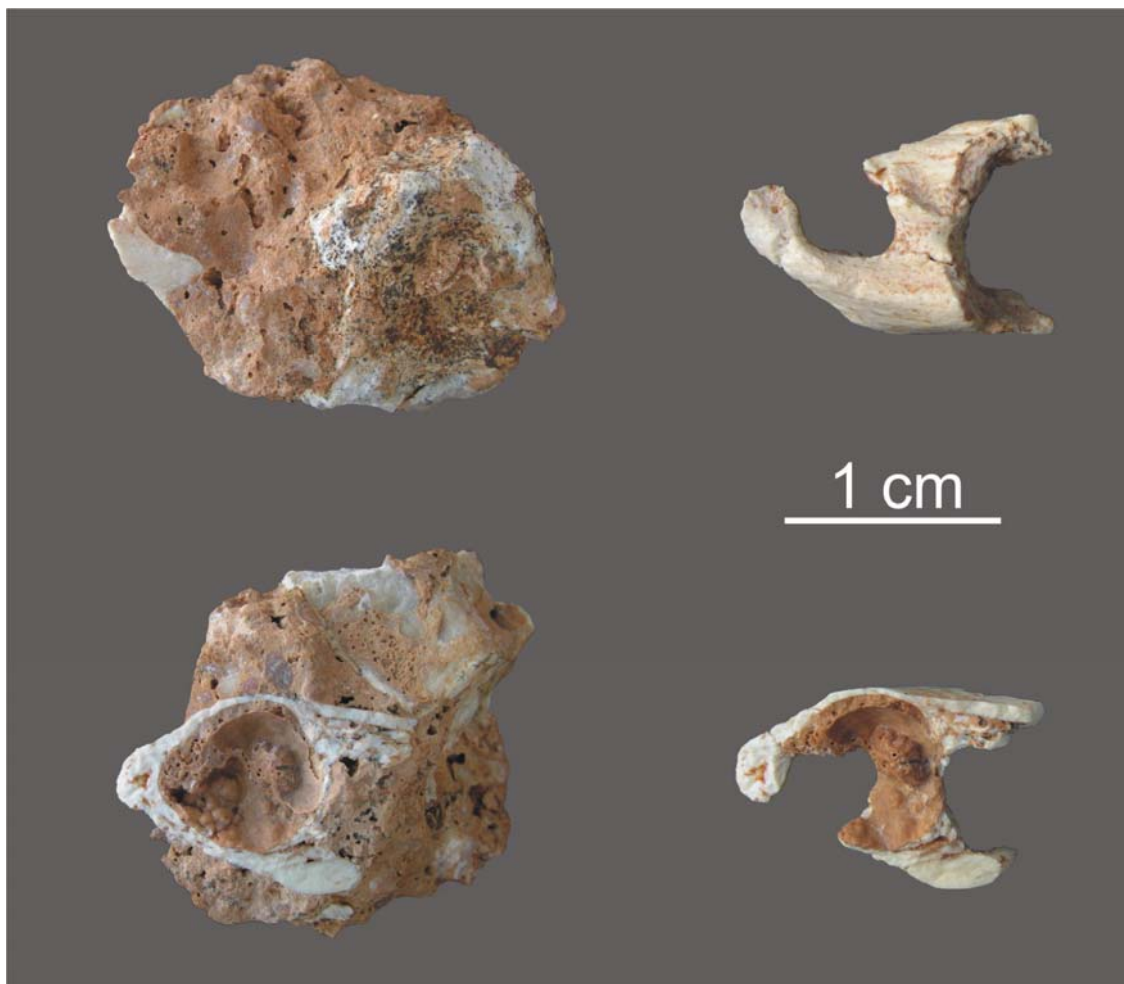


Figura 94. Mandíbula ATD6-112 antes y después de la restauración (fragmento 6).

Fragmento con la cripta del primer molar permanente (M1) antes y después de la restauración, en vistas superior e inferior (arriba y abajo respectivamente).

Fragmentos recuperados al triar el sedimento (Figura 95)

Durante la excavación, además de los fragmentos de fósil reconocibles, se se recogió el sedimento de alrededor. Este sedimento se trió durante la restauración y se recuperaron así otros seis pequeños fragmentos que pudieron pegarse a los principales (descritos como 1 a 6).

Un fragmento pertenecía al incisivo I1 (Figura 95, izquierda), el resto, al cuerpo mandibular: tres de ellos (8, 11 y 12), se pegaron en la base del fragmento numerado como 2, los otros dos (9 y 10), pegaban con el fragmento 3; todos ellos, completaron bastante la base mandibular (Figura 95, derecha).

De estas esquirlas, tan solo una (la nº8) requirió algo de limpieza; el resto no se limpiaron, aunque en todos se consolidaron los bordes. Tanto esta consolidación, como la adhesión de fragmentos, se hizo con Paraloid B72.



Figura 95. Mandíbula ATD6-112, fragmentos recuperados triando el sedimento.

El fragmento de diente (izquierda) y el resto de fragmentos numerados, se recuperaron triando el sedimento recogido del entorno del fósil durante la excavación.

Estado final

Tras el tratamiento de limpieza y consolidación, la mandíbula se dejó sin reconstruir. Esto se hizo por petición explícita de los especialistas en paleoantropología, que hicieron una reconstrucción virtual del fósil a partir de las imágenes de cada pieza por separado (Bermúdez de Castro et al., 2010).

En realidad, todos los fragmentos del cuerpo mandibular se podrían pegar sin dificultad alguna. Sin embargo, para colocar los dos molares deciduos (dm1 y dm2) en su posición, habría que añadir algo de material de relleno, puesto que falta algo de material en la zona de contacto entre las coronas y las raíces.



Figura 96. Mandíbula ATD6-112 restaurada.

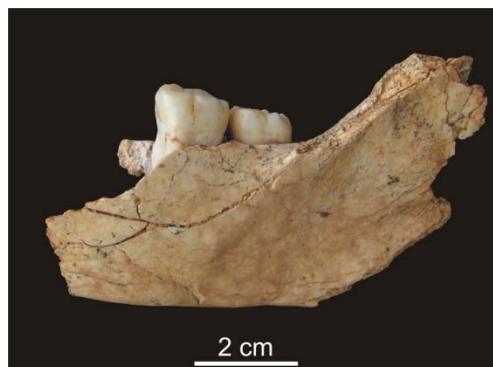
En esta figura la mandíbula se encuentra recompuesta para tomar la fotografía, con los fragmentos en su sitio pero sin pegar. Izquierda, vista superior con todos los fragmentos y con los molares (dm1 y dm2) en su posición aproximada. Derecha, sin los molares.

Referencias citadas

- Bermúdez de Castro, J.M., Martínón-Torres, M., Prado, L., Gómez-Robles, A., Rosell, J., López-Polín, L., Arsuaga, J.L., Carbonell, E., 2010. New immature hominin fossil from European Lower Pleistocene shows the earliest evidence of a modern human dental development pattern. *PNAS* 107, 11739–11744.
- López-Polín, L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2011. Preparation of Pleistocene Human Bones with an Ultrasonic Scaler: The Case of Mandible ATD6-112 from Atapuerca (Spain). *Archeosciences* 35, 235-239.

ATD6-113 Mandíbula

Sigla de campo: ATA06-TD6-2-F13-25



Descripción del fósil

Dimensiones: 70 x 45 x 20 mm

Fragmento de cuerpo mandibular izquierdo con parte de la rama y que contiene los molares M2 y M3 in situ (Bermúdez de Castro et al., 2008).



Figura 97. Mandíbula ATD6-113 in situ.
(Foto J.Mestre-G.Capmeny / IPHES)

Estado inicial

En buen estado, con escasos restos de sedimento bastante suelto. En los extremos, el hueso del cuerpo mandibular se hallaba algo más debilitada (con fisuras y alguna esquirla prácticamente suelta) pero, en general, no presentaba demasiados problemas.



Figura 98. Mandíbula ATD6-113 antes de la restauración.

Diferentes vistas de la mandíbula antes de la restauración (arriba, vista inferior y superior; abajo a la izquierda, cara lingual; a la derecha, cara bucal).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: febrero-marzo 2007

Resumen de la intervención: limpieza combinada (con pincel y aplicando agua y alcohol; con palillo de madera y puntualmente con bisturí); adhesión de esquirlas y consolidación puntual con Paraloid B72

El sedimento se retiró con pincel, aplicando agua desmineralizada y alcohol etílico. En algunos puntos, se incidió con palillo de madera y, muy puntualmente, para pequeñas concreciones, con bisturí.

Durante el proceso se desprendieron algunas esquirlas de los extremos del cuerpo mandibular, que adhirieron con Paraloid B72. Con el mismo producto, se consolidaron las zonas más fisuradas de los extremos del cuerpo mandibular.

Estado final

Tras el tratamiento, quedó en una sola pieza mecánicamente estable.

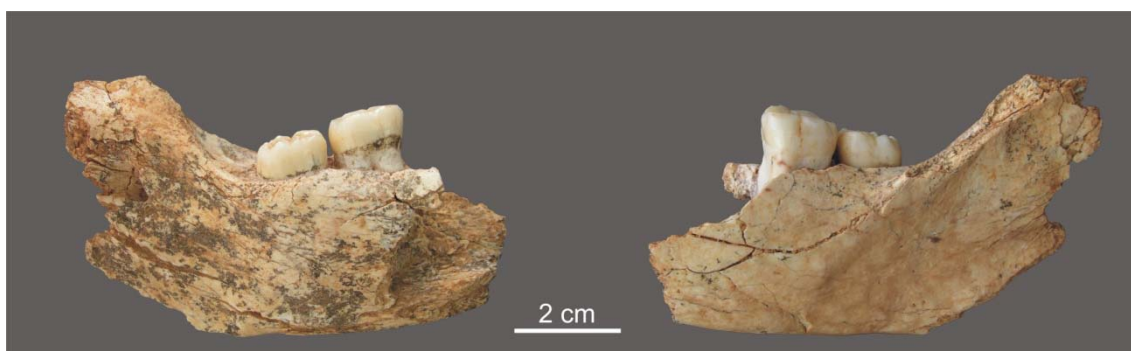


Figura 99. Mandíbula ATD6-113 restaurada.

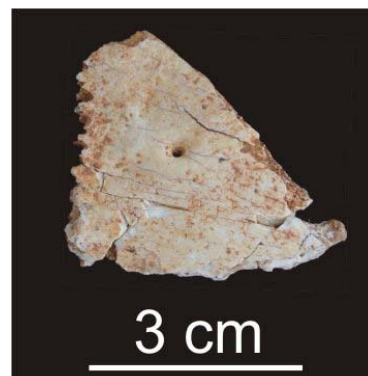
A la izquierda, vista de la cara lingual; a la derecha, de la bucal.

Referencias citadas

Bermúdez de Castro, J.M., Pérez-González, A., Martín-Torres, M., Gómez-Robles, A., Rosell, J., Prado, L., Sarmiento, S., Carbonell, E., 2008. A new early Pleistocene hominin mandible from Atapuerca-TD6, Spain. *Journal of Human Evolution* 55, 729-735.

ATD6-115

Sigla de campo: ATA05-TD6-2-G14-123



Descripción del fósil

Dimensiones: 45 x 30 x 7 mm

Fragmento craneal.

Estado inicial

Fragmentado durante la excavación y recuperado en dos piezas, una de ellas engasada, es decir, con una gasa adherida a su superficie con Paraloid B72 (Figura 100).

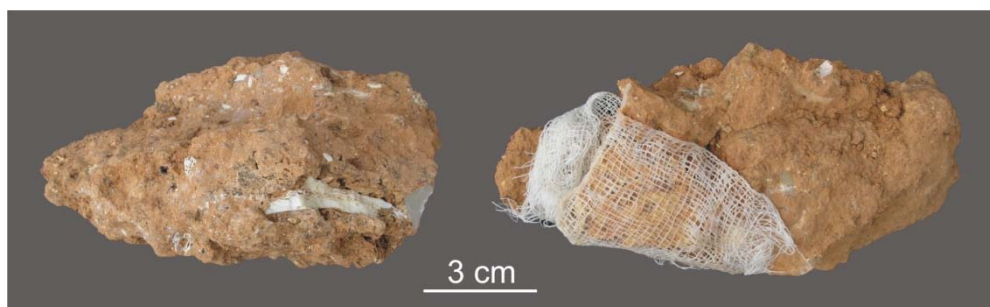


Figura 100. Fragmento craneal ATD6-115 antes de la restauración.

Este fósil se recuperó en los dos fragmentos incluidos en sedimento de esta figura. Uno de ellos (el de la derecha), se engasó in situ.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: mayo de 2006

Resumen de la intervención: limpieza mecánica (vibroincisor y bisturí); desengasado; adhesión de fragmentos con Paraloid B72.

Uno de los dos fragmentos (Figura 100, izquierda) llegó casi completamente incluido en sedimento. Éste se intentó rebajar inicialmente con bisturí, pero era un sedimento difícil de retirar debido, compacto y con clastos calcáreos que dificultaban aún más el trabajo, por lo que, finalmente, se recurrió al vibroincisor. Durante la limpieza con vibroincisor este fragmento sufrió diversas fracturas algunas fruto de las vibraciones generadas este aparato (fractura limpia que luego se pegaría, Figura 101) y otras simplemente por la presión ejercida durante la limpieza con bisturí (la fragmentación puede observarse en Figura 103, fragmento inferior).



Figura 101. Fragmento craneal ATD6-115 durante la restauración. Momento en el que se rompió la pieza incluido en sedimento a causa de las vibraciones ocasionadas con el vibroincisor.

Por lo que respecta al fragmento que llegó engasado, el tratamiento se inició con la retirada de gasa de algodón adherida con Paraloid B72 aplicada en el campo. Esto se hizo dejando el fósil dentro de un recipiente cerrado junto a un recipiente lleno de acetona (Figura 101). Así, se separó con bastante facilidad la gasa, sin necesidad de empapar demasiado de disolvente o de tocar excesivamente el fósil.

Una vez desengasado el fósil, se retiró el sedimento con bisturí. Finalmente, se limpió el hueso con acetona pincelada para retirar restos de consolidante y sedimento adherido. Todo se adhirió pegamento de Paraloid B72 (preparado comercial de HMG).



Figura 102. Fragmento craneal ATD6-115 antes de la restauración.

Este fósil se recuperó en dos fragmentos incluidos en sedimento. Uno de ellos, se engasó in situ (el de la derecha).

Estado final tras el tratamiento

El fósil quedó en una sola pieza (Figura 103) y mecánicamente estable.

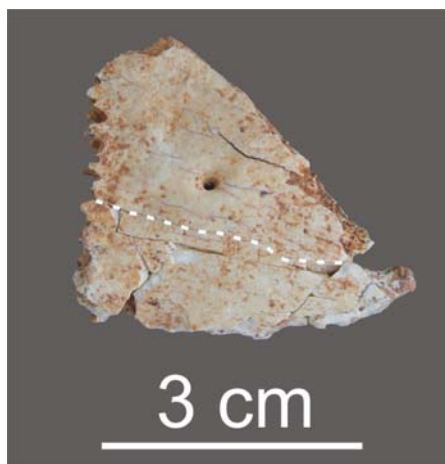
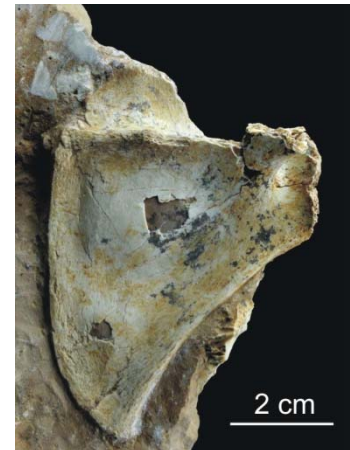


Figura 103. Fragmento craneal ATD6-115 restaurado.

La línea blanca discontinua separa las dos piezas en las que llegó el fósil al laboratorio. La de arriba es la engasada, la de abajo, la que llegó completamente incluido.

ATD6-116 Escápula

Sigla de campo: ATA05-TD6-2-G14-97



Descripción del fósil

Escápula infantil derecha. Se preservan bastante bien toda la superficie de las fosas, la cavidad glenoidea y el arranque del acromion.

Estado inicial

Esta escápula se recuperó en distintos fragmentos incluidos en cuatro bloques de sedimento que se numeraron para poder documentar la intervención de restauración (Figura 104). El bloque 1 (Figura 107a) contenía la mayor parte del fósil, esencialmente las fosas escapulares y parte de la cavidad glenoidea (Figura 107b). El fragmento 2, se reducía a parte del acromion y el 4 parte de la cavidad glenoidea. Finalmente, el fragmento 3 de sedimento (Figura 106) contenía sólo pequeñas esquirlas del hueso y, principalmente, la impresión de la mayor parte del fósil.

La valoración del estado de conservación se hizo esencialmente a partir del análisis organoléptico, pero también si hicieron tomografías del fragmento de mayor tamaño (frag.1 de la Figura 104). Este examen se hizo para descartar que el bloque contuviera más fósiles humanos. Además, las imágenes se suman a la documentación del estado inicial del fósil (Figura 105).

Antes de la restauración, además, se hizo una revisión detallada de la superficie y se delimitaron algunas zonas en las que había marcas con interés potencial para el análisis tafonómico (Figura 108).

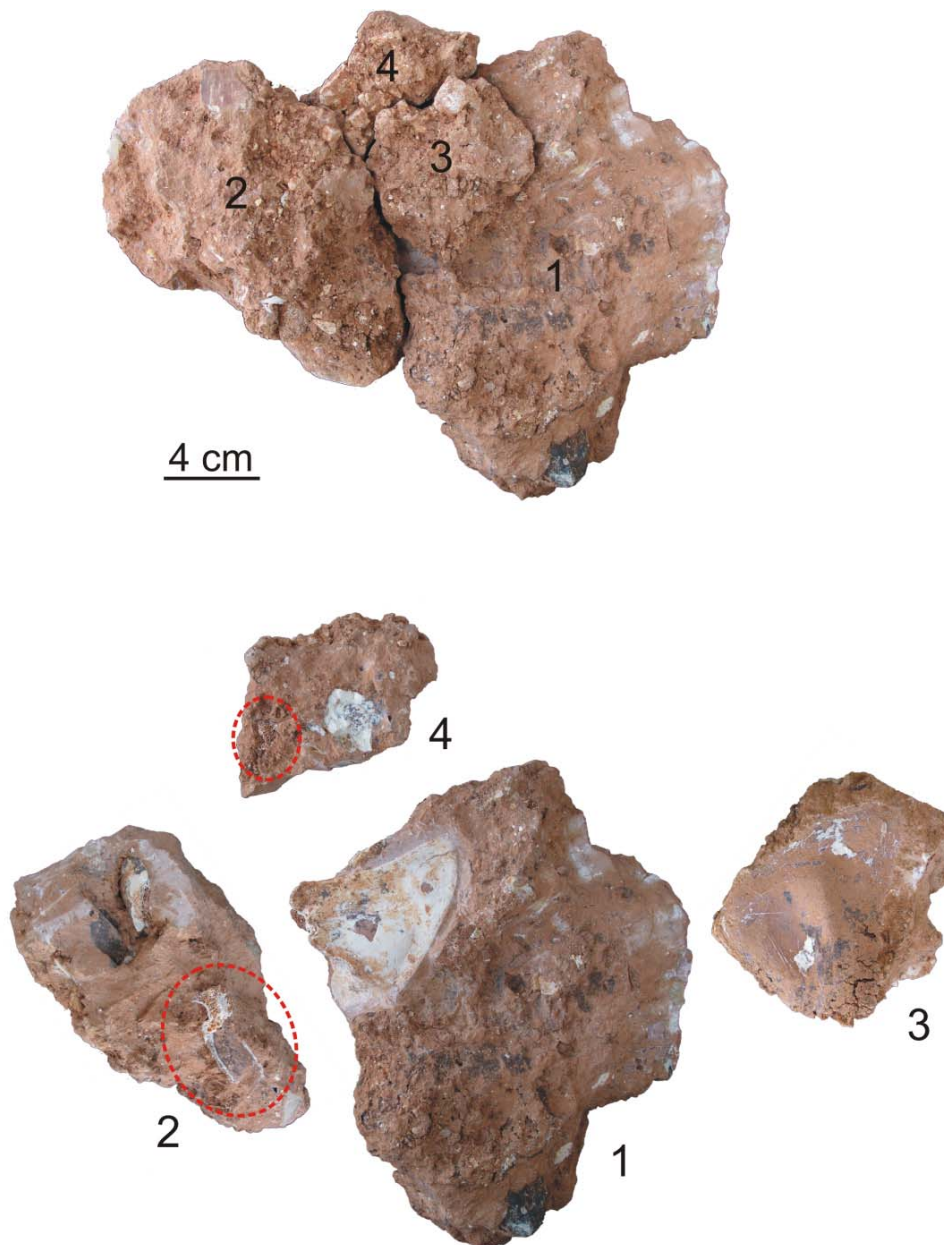


Figura 104. Escápula ATD6-116 antes de la restauración: ubicación de los bloques recuperados.

Arriba, recomposición del bloque original a partir de los fragmentos en los que se recuperó, numerados abajo como: 1) bloque principal, con el fragmento mayor de la escápula; 2) bloque con parte del fragmento de acromion (incluido en el círculo); 3) bloque de sedimento con la forma en negativo de la escápula, así como con algunas esquirlas del fósil adheridas; 4) bloque con parte de la cavidad glenoidea (incluida en el círculo).

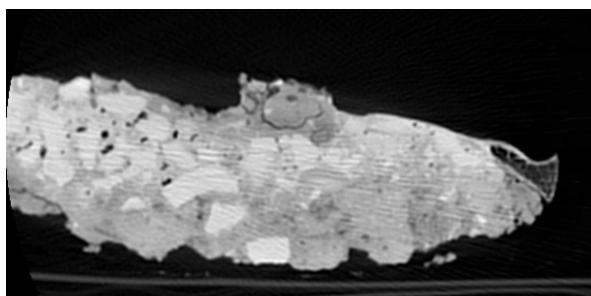


Figura 105 8 (arriba). Escápula ATD6-116: imagen tomográfica.

Una de las imágenes obtenidas mediante tomografía del bloque 1. Con este examen se descartó que en el bloque hubiera otros fósiles incluidos.



Figura 106. (arriba a la derecha) Bloque de sedimento (nº 3 en Figura 104).

Este bloque se separó durante la excavación, quedando en él la impronta de la escápula, así como algunos restos de hueso. No se intervino sobre esta pieza dado que los fragmentos de hueso eran muy fin (grosor máximo 1mm) sobre los que no se intervino. *Foto A.Ollé – IPHES.*

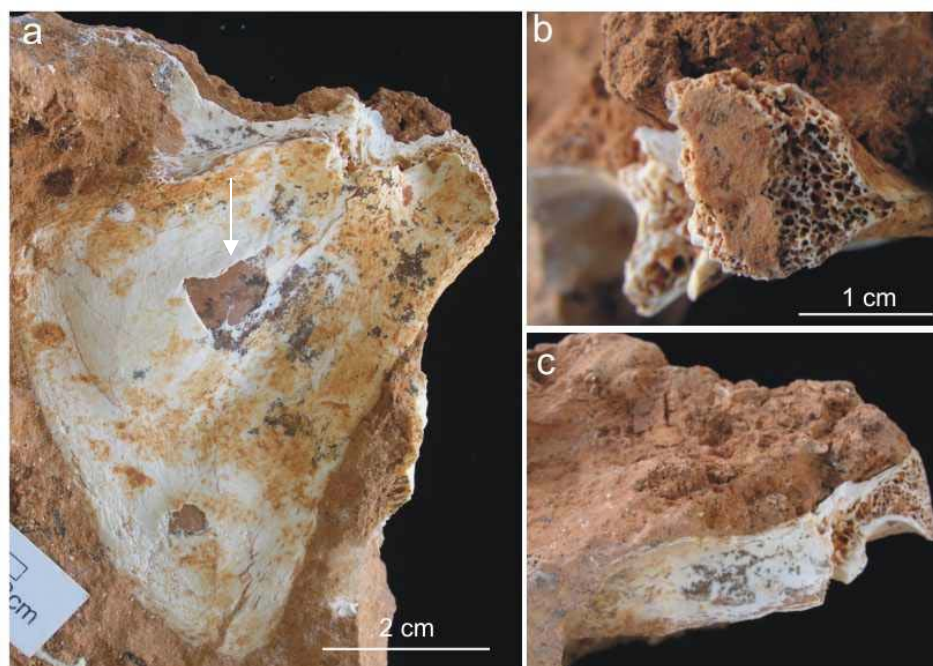


Figura 107. Escápula ATD6-116 antes de la restauración: fragmento 1.

Distintas vistas del fragmento principal (frag.1) antes de la restauración. La flecha de la imagen a señala el área ampliada en la Figura 108)

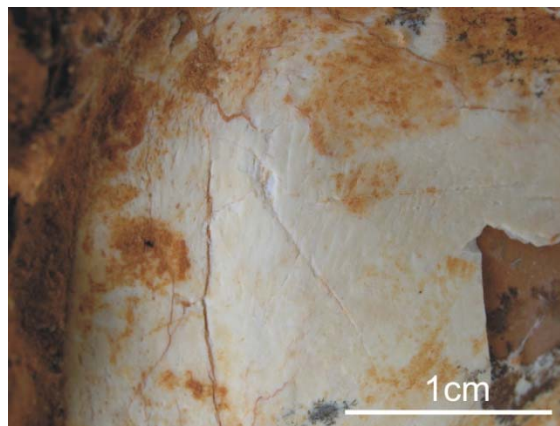


Figura 108. Escápula ATD6-116 (detalle). Detalle de la zona en la que se localizaron algunas marcas (área señalada con una flecha en la Figura 107a).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: junio de 2006 – junio de 2012

Resumen de la intervención: extracción mecánica de dos de los fragmentos incluidos y reducción del bloque de sedimento del fragmento principal (que no se extrae).

En esta intervención de restauración se extrajeron los dos pequeños dos fragmentos de hueso incluidos en sedimento (frags. 2 y 4, Figura 104), mientras que el fragmento principal se dejó en el bloque (Figura 107). Y es que, tras discutir la posibilidad de intentar extraerlo, se decidió que no se haría, ya que éste sufriría seguro algunos daños, se fragmentaría y con ello, se podrían perder algunas esquirlas. Además, según los especialistas en paleoantropología, la cara que se apreciaba del fósil era suficientemente informativa, si bien convenía delimitar mejor el fragmento principal para ver mejor los límites. Con estas directrices, se realizó el tratamiento.

Los fragmentos 2 y 4 (Figura 104), se extrajeron del sedimento mecánicamente, mediante bisturí y espátula de ultrasonidos. Previamente hubo que consolidar con Paraloid B72 los bordes, para evitar así que durante la extracción se fragmentasen. Una vez extraídos del bloque, se adhirieron al fragmento principal también con Paraloid.

En cuanto al fragmento principal (frag.1), el cual se dejaría en el bloque, lo que se hizo fue rebajar el sedimento que rodeaba el perímetro del fósil. Esto se hizo primero mediante bisturí y, después, con herramientas automáticas, concretamente, con espátula de

ultrasonidos y torno micromotor (con fresas de carborundo). Este rebaje se hizo en distintas fases, la última cuando ya estaban adheridos los dos fragmentos menores.

En el fragmento 3 (Figura 104), que apenas contenía unas esquirlas de hueso, no se intervino.

En todos los fragmentos de hueso se limpiaron con un pincel sintético suave y una mezcla de agua y alcohol para retirar restos de suciedad superficial.



Figura 109. Escápula ATD6-116 durante la restauración.

Rebajado del perímetro del fósil con torno micromotor.

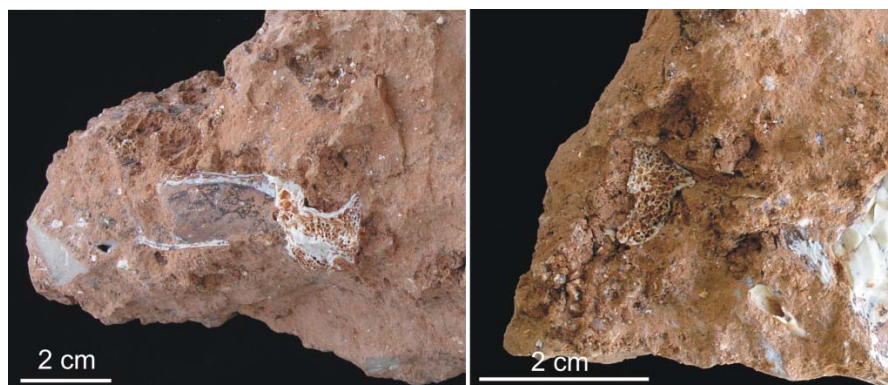


Figura 110. Escápula ATD6-116 antes de la restauración (fragmentos 2 y 4).

Fragmentos pertenecientes al acromion (izquierda, fragmento 2) y a la cavidad glenoidea (derecha, fragmento 4). Una vez extraídos de los bloques, se adhirieron al fragmento principal (Figura 111b).

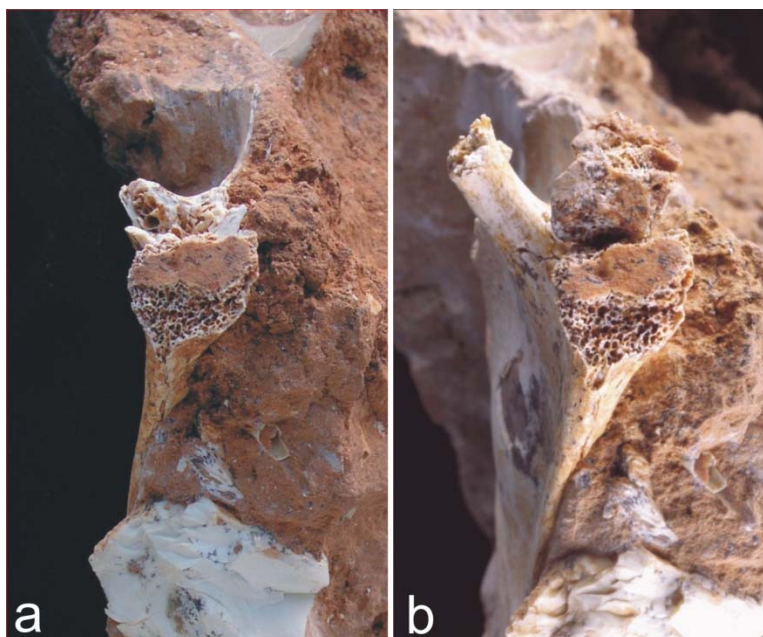


Figura 111. Escápula ATD6-116 antes y después de la restauración.

Los fragmentos 2 y 4 (ver Figura 110) se extrajeron del bloque de sedimento y se adhirieron al fragmento principal. Con ellos, se completaron en parte el acromion y la cavidad glenoidea (b).

Estado final

Al finalizar el tratamiento, la escápula quedó adherida al bloque de sedimento de mayor tamaño en el que llegó al laboratorio de restauración. Con el tratamiento, se había rebajado el sedimento de alrededor para facilitar el estudio. Además, se había completado el acromion y la cavidad glenoidea con los fragmentos recuperados de otros dos bloques de sedimento (2 y 4 Figura 104). Así, el fósil quedó estable y en una sola pieza. Por otro lado, el bloque de sedimento con el molde natural de la cara visible de la escápula (Figura 106), se conservó intacto.

Durante el tratamiento se valoró la posibilidad de reducir el bloque, cortándolo. Con herramientas pequeñas se probó (torno micromotor con disco de diamante) pero no eran suficientemente eficientes (habría llevado mucho tiempo). Herramientas de mayor tamaño (pequeñas amoladoras) se descartaron por las vibraciones que producen: se trata de un fósil muy delicado que podría sufrir fracturas o desprendimientos. Así, se dio por terminado el tratamiento con el bloque de sedimento tal como puede observarse en la (Figura 112). En cualquier caso, en el futuro, podría reducirse más (para empezar con herramientas como el micromotor).

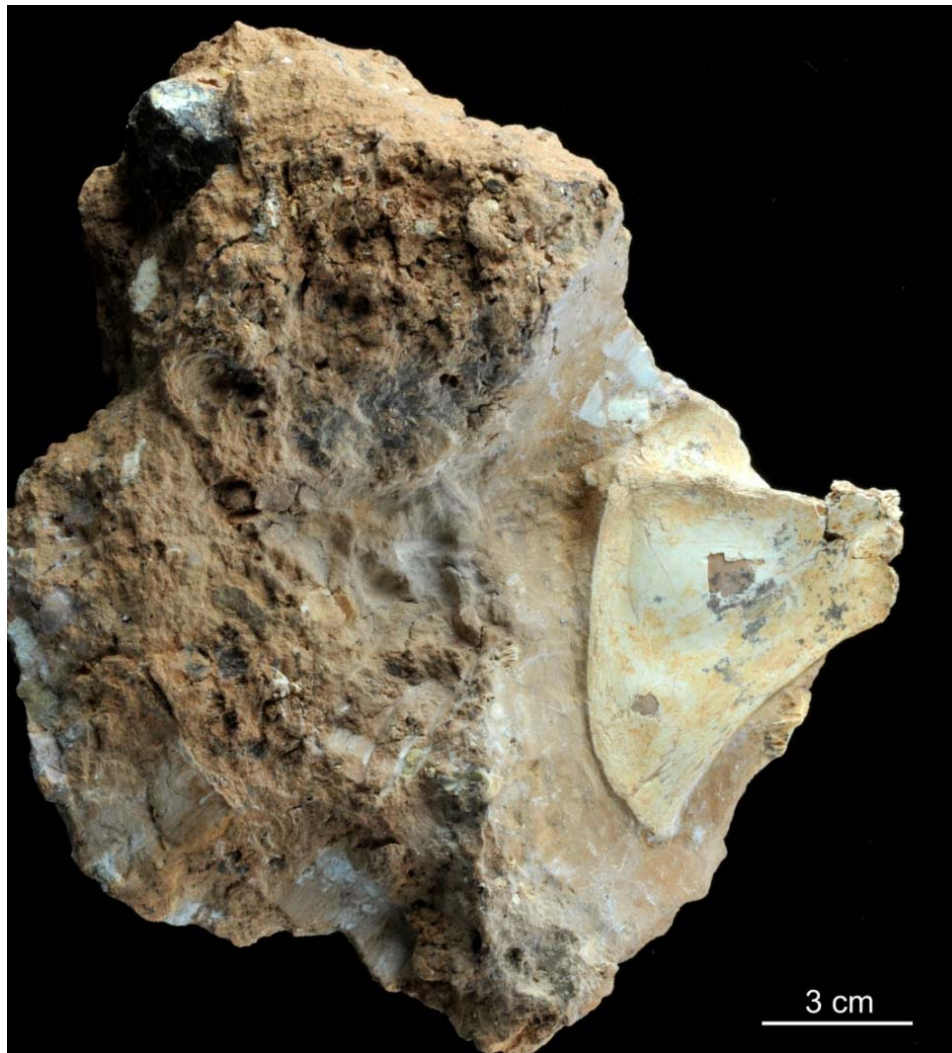


Figura 112. Escápula ATD6-116 después de la restauración.

ATD6-117 Calcáneo

Sigla de campo: ATA05-TD6-2-G15-115



Descripción del fósil

Dimensiones: 30 x 25 x 10 mm

Fragmento de la faceta posterior de un calcáneo izquierdo, posiblemente adulto. Preserva una pequeña parte del surco del calcáneo. Podría pertenecer al mismo individuo que el astrágalo ATD6-95 (Pablos et al., 2012).

Estado inicial

Llega en una sola pieza. Alguno de sus bordes evidencia una fractura reciente, por lo que pudo haberse pedido parte durante la excavación (Figura 113, tercera imagen).

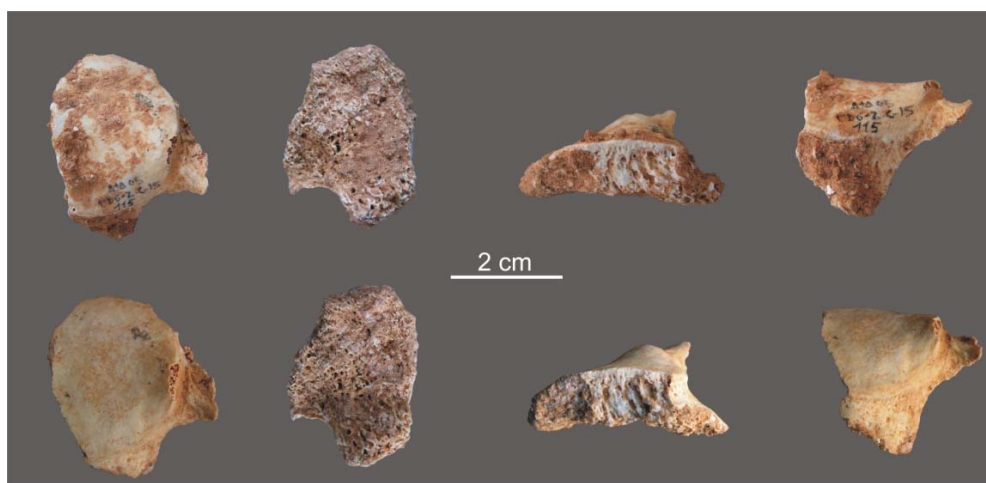


Figura 113. Calcáneo ATD6-117 antes y después de la restauración

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: mayo de 2007

Resumen de la intervención: lavado (con agua y pincel) y limpieza de sedimento con bisturí.

Este fósil llegó a restauración cuando ya se había lavado y siglado en el laboratorio general de campaña. Ya en el laboratorio de restauración, se lavó de nuevo con agua desmineralizada y pincel suave. Con ello, se retiró algo de sedimento, si bien quedaron restos que hubo que quitar con bisturí. En general, estos restos de sedimento se quitaron con facilidad, aunque de la faceta articular posterior costó eliminarlo (estaba muy adherido y al quitarlo arrastraba partículas superficiales de hueso, igual que con el astrágalo ATD6-95).

Estado final

Fósil en buen estado y mecánicamente estable. En la zona con esponjoso se deja bastante sedimento, para evitar posibles fracturas y, a la vez, para que sirva de refuerzo a esta parte del fósil.

Referencias citadas

Pablos, A., Lorenzo, C., Martínez, I., Bermúdez de Castro, J.M., Martín-Torres, M., Carbonell, E., Arsuaga, J.L., 2012. New foot remains from the Gran Dolina-TD6 Early Pleistocene site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution* 63, 610-623.

ATD6-118 Escápula

Sigla de campo: ATA06-TD6-2-F12-74



Descripción del fósil

Dimensiones: 130 x 90 x 40 mm (aproximadamente)

Escápula derecha. Conserva casi completa las fosa infraespinosa, la espina y la cavidad glenoidea. Mientras que la fosa supra espinosa está menos completa, y carece de acromion y de proceso coracoides.

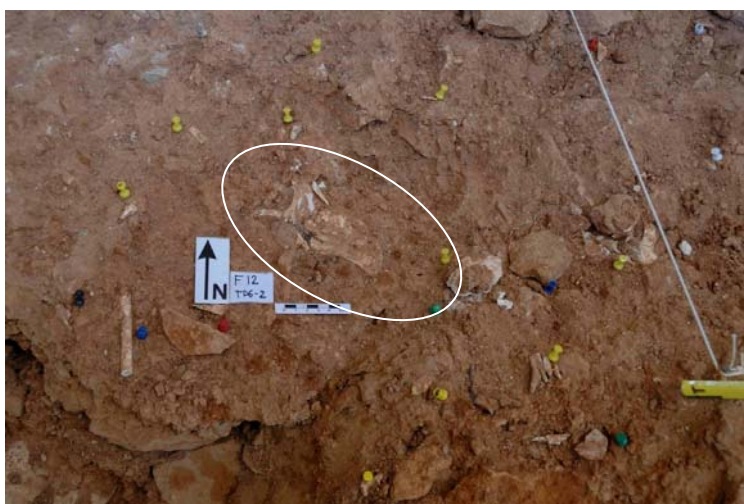


Figura 114. Escápula ATD6-118 *in situ*.

Vista del cuadro F12 durante la campaña de excavación del 2007, antes del levantamiento de la escápula (Foto J.Mestre / G.Capmeny – IPHES).

Esta escápula se rompió durante la excavación y se recuperó en dos fragmentos en campañas consecutivas: 2006 y 2007¹. Así, se trató inicialmente como dos fósiles independientes, hasta que se vio que remontaban. La reconstrucción definitiva (Figura 125) se hizo en 2013².



Figura 115. Escápula ATD6-118 antes de la restauración.

Este fósil se recuperó en dos campañas diferentes. El fragmento más pequeño, el que contiene la cavidad glenoidea (en el recuadro) se recuperó en 2006. Se había roto y, separado del fragmento de mayor tamaño, que se recuperó al año siguiente.

¹ Los dos fragmentos se siglaron como ATD6-118 (ATA06-TD6-2-F12-74) y ATD6-130 (ATA07-TD6-2-F12-98). Las coordenadas de los fragmentos eran, respectivamente: x 64, y 7, z 694; x75, y 27, z697. Tras la restauración, se dejó para el fósil completo la sigla del más antiguo: ATD6-118 (ATA06-TD6-2-F12-74).

² El fragmento hallado en 2006 (el pequeño con la cavidad glenoidea) se restauró en el IPHES (Tarragona) y se entregó al CENIEH (Burgos) a principios de la campaña del 2007, días antes de que se recuperarse el resto de la escápula. Esta pieza del 2007, de nuevo, se llevó al IPHES para ser tratada. Los dos fragmentos estuvieron separados hasta que, al revisar la documentación de la restauración (en 2013), se vio que claramente remontaban.

Estado inicial y tratamiento del fragmento menor (recuperado en 2006)

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: mayo 2007 – junio 2007

Resumen de la intervención: limpieza mecánica y adhesión de los fragmentos (con Paraloid B72).

El fragmento menor contiene la cavidad glenoidea. A diferencia del fragmento principal de la escápula, éste no se extrajo en bloque, sino suelto. Al excavarlo, se rompió en tres trozos: dos fragmentos de tamaño similar y otro significativamente menor (Figura 116).

Antes del tratamiento, se inspeccionó la superficie y se detectaron marcas de corte. Las áreas con estas marcas se localizaron bien y así, durante el tratamiento, se evitaría incidir excesivamente.



Figura 116. Escápula ATD6-118, fragmento menor (recuperado en 2006) antes y después de la restauración.

Este fragmento tenía una fina capa de concreción que lo cubría parcialmente y que se retiró mediante bisturí. Esta concreción era bastante cristalina y se separaba del hueso con

bastante facilidad, en piezas relativamente grandes. Tras retirar la concreción, se limpió toda la superficie con un pincel sintético suave y una mezcla de agua destilada y alcohol etílico.

Se consolidaron los bordes de fractura, que era lo único más debilitado, con Paraloid B72 en acetona. Finalmente, se pegaron los fragmentos con adhesivo preparado a base de Paraloid B72 (HMG).

Estado inicial y tratamiento del fragmento principal (recuperado en 2007)

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: julio de 2007 – junio 2012

Resumen de la intervención: limpieza mecánica, consolidación y adhesión de los fragmentos (con Paraloid B72).

El fragmento principal (Figura 115, fragmento mayor) se extrajo en un gran bloque (Figura 118). Contenía la fosa infraespinosa completa, es decir, un área amplia estaba formada por hueso muy fino, en algunas zonas de apenas 1mm y que, debido a las vibraciones generadas durante la excavación, se fragmentó, con lo cual se originaron numerosas esquirlas, en algunos casos muy pequeñas (Figura 117). Cabe remarcar que aun así, gracias a la extracción en bloque, se logró que apenas se perdieran esquirlas, ya que la mayoría quedaron en su posición. De esta manera, muchas de ellas se pudieron pegar en su sitio.

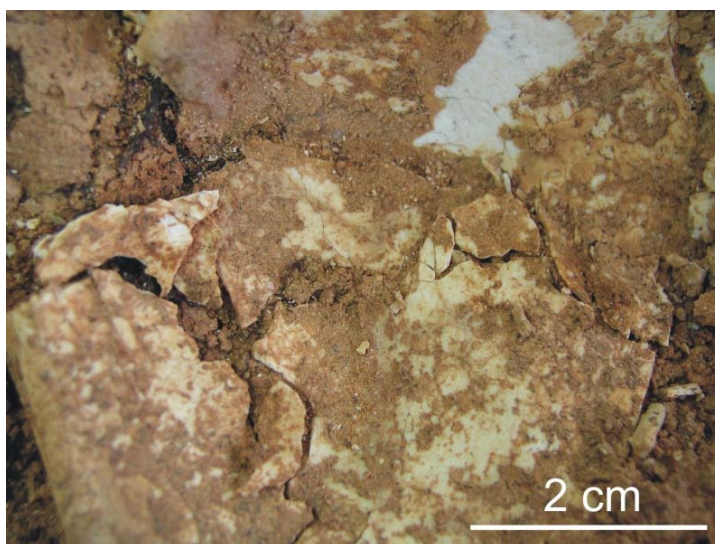


Figura 117. Escápula ATD6-118 (fragmento principal) antes de la restauración (detalle de la zona central).

Aunque llegó en bloque, en realidad gran parte del fósil no estaba ya pegado al sedimento. Así, previa consolidación de las zonas más delicadas, especialmente de los bordes de fractura, el primer trabajo fue levantar fragmentos de manera ordenada (Figura 119). Así se levantó todo, hasta que se llegó a la última pieza, la de la espina), que sí que estaba pegada al sedimento (Figura 119b y Figura 120).



Figura 118. Escápula ATD6-118 (fragmento principal) durante la restauración.

Primeros momentos del tratamiento. Tras consolidar los bordes más débiles, se limpió ligeramente antes de recoger las esquirlas sueltas (fotos J.Mestre – G.Campeny / IPHES).

Esta última pieza de la espina (Figura 120), además de estar incrustada en el bloque tenía una dificultad añadida, ya que el hueso era especialmente poroso debido al estado de desarrollo del espécimen (infantil). Esta pieza se levantó tras perfilar bien con bisturí el sedimento y mediante una percusión muy ligera. En el levantamiento, se rompió y parte del borde quedó incluido. En la medida de lo posible, se recuperaron los fragmentos con la ayuda de un bisturí. Sin embargo, algunas esquirlas se perdieron en el proceso (Figura 120).

Una vez levantados todos los fragmentos, se limpiaron con un pincel y una mezcla de agua y alcohol etílico. Puntualmente, se trabajó con bisturí para eliminar la capa de concreción (especialmente concentrada en la pieza del acromion). Se consolidaron con Paraloid B72 diluido en acetona las zonas más finas y con fisuras, así como los bordes de fractura. Igualmente, se pegaron con este producto los fragmentos.

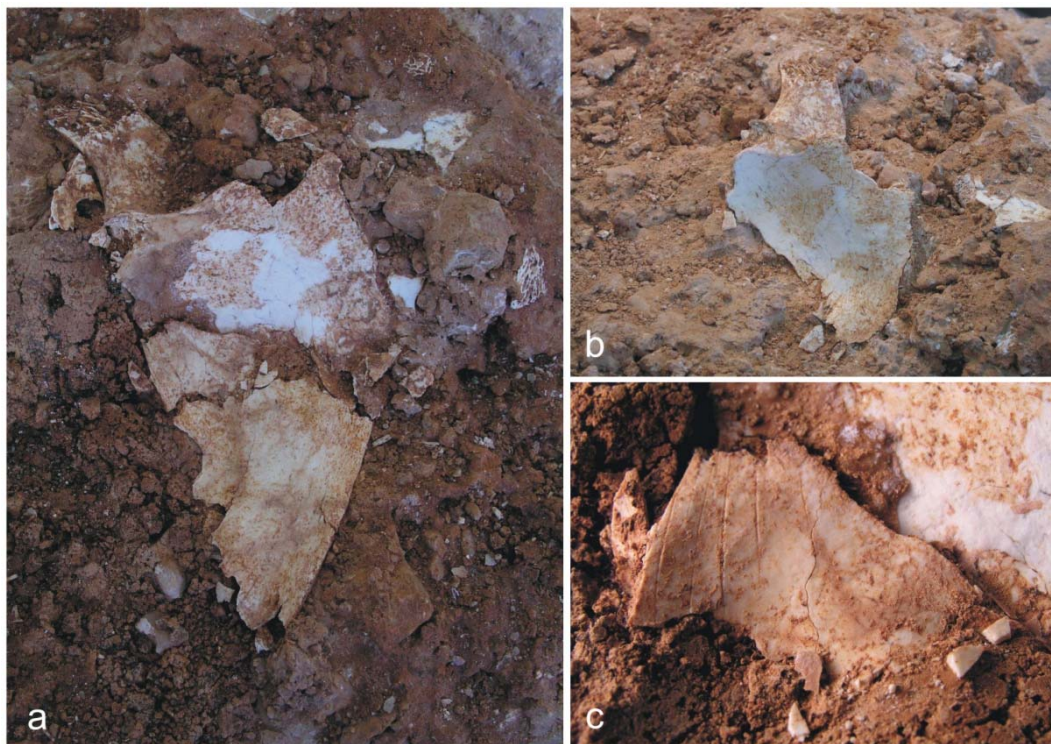


Figura 119. Escápula ATD6-118 (fragmento principal) durante la restauración. Secuencia con distintos momentos del proceso de levantamiento. En la imagen b, la última pieza levantada (la de la espina), la única que llegó pegada al sedimento. En la imagen c se observan las marcas de corte presentes en uno de los fragmentos de la zona central de la fosa infraespinosa.



Figura 120. Escápula ATD6-118 (detalle de la pieza con la espina durante y después de la restauración).

A la derecha, la pieza recién separada del bloque de sedimento, en el que se ve que queda incrustada parte de la espina. En el recuadro de la izquierda, se señalan algunos de los fragmentos que se recuperaron y se recompusieron.

Levantados todos los fragmentos, se consolidaron bien, especialmente los bordes, y el fósil quedó en cuatro piezas (Figura 122). En esta fase, es decir, antes de que se reconociera que el fragmento del 2006 pertenecía a esta escápula, el fósil se dejó sin pegar del todo por diversos motivos, esencialmente, porque la combinación de escaso grosor, falta de contacto bueno en algunas (piezas de la espina con el resto) y “deformación” (que acentuaba la falta de contacto), hacía muy difícil su reconstrucción.

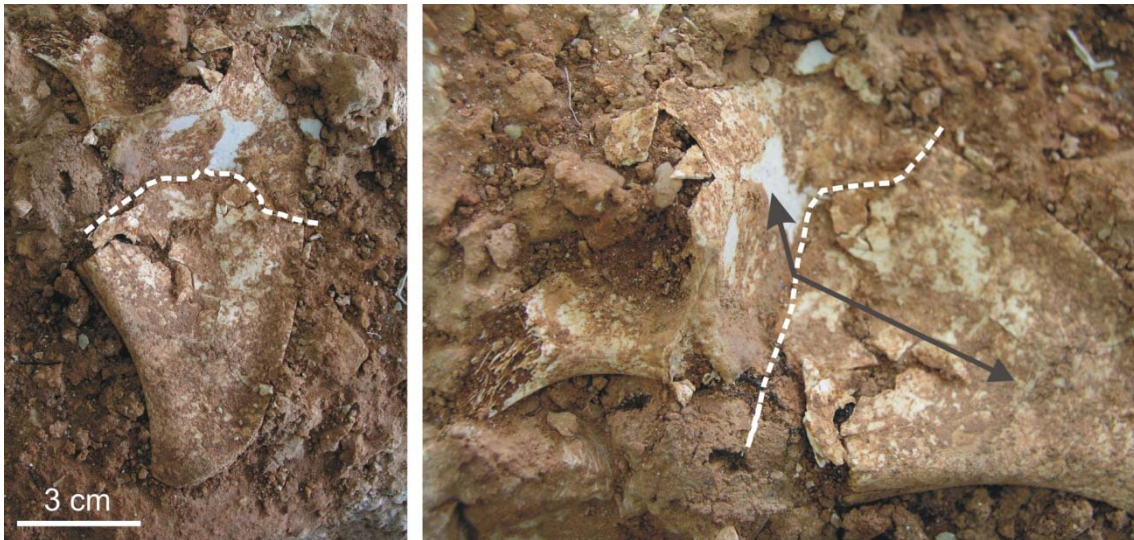


Figura 121. Escápula ATD6-118 (fragmento principal) antes de la restauración.

La línea blanca marca el contacto entre los dos planos que aproximadamente seguía en esta parte la escápula debido a una deformación de origen diagenético.

La deformación de la escápula tenía dos orígenes. El primero, diagenético, ya que el fósil tenía un escalón especialmente acusado en la mitad superior de la fosa infraespinosa (Figura 121) y, además, diversas fisuras, aproximadamente longitudinales, en toda la fosa infraespinosa. A esta primera deformación había que sumar la ocasionada por los “agentes post-descubrimiento”, es decir, la ocasionada durante la excavación y la propia restauración. Durante la excavación se fracturó (Figura 117) y, durante la reconstrucción, dada la finura del hueso y el tamaño diminuto de algunos de los fragmentos, resultó imposible no ir acumulando pequeñas desviaciones. La suma de pequeñas deformaciones, de origen diagenético y post-excavación, al final causa que piezas compuestas por otras menores aparentemente bien pegadas, en realidad, estén deformadas. Esto ocurrió con las dos grandes piezas de la fosa infraespinosa (Figura 122) que, tras su reconstrucción por separado, no acababan de pegar bien entre ellas. Lo mismo pasó con el fragmento pequeño, el de la zona central de fosa infraespinosa. Finalmente, el fragmento que contenía la espina no se pegó porque, además del escaso contacto, pesaba demasiado para ser adherido a los otros

fragmentos, demasiado finos. En este punto, además, se consideró que se haría una reconstrucción digital a partir de las imágenes 3D de los fragmentos separados, para así corregir bien todas las deformaciones del fósil. Pero esto cambió cuando se reconoció que el fragmento recuperado en 2006 en realidad pertenecía a esta escápula.



Figura 122. Escápula ATD6-118 (fragmento principal) tras el primer tratamiento de restauración.

Estado final de la escápula antes de que se contara con el fragmento recuperado en la campaña anterior (el de la Figura 116). Quedó en los cuatro trozos en los que puede verse en la imagen de la izquierda. Además, quedaron numerosas esquirlas, algunas de ellas con una localización clara, pero que no se pegaron porque quedaban en los bordes y desprotegidas.

Reconstrucción definitiva (sumando los dos fragmentos)

Tratamiento realizado: reconstrucción

Fecha: marzo 2013- mayo 2013

Resumen de la intervención: reconstrucción mediante adhesión con Paraloid B72 y refuerzo temporal con tejido de fibra de vidrio; reintegración con masilla de escayola y Paraloid.

Cuando se descubrió que el fragmento de la cavidad glenoidea del 2006 y el resto del fósil del 2007, remontaban, se reconsideró la posibilidad de pegar las piezas que hasta entonces se habían dejado sueltas (Figura 122). Con el nuevo fragmento cobraba interés la reconstrucción, puesto el fósil estaba bastante completo. Además, desde un punto de vista puramente mecánico, con el nuevo fragmento era más fácil lograr una reconstrucción estable.

La reconstrucción tenía dos dificultades básicas: se trataba de un hueso con zonas muy finas y, además, como se ha explicado con anterioridad, con muchas deformaciones. Así, no era posible pegar el fósil sin más, ya que los contactos no eran buenos (no coincidían exactamente todos los bordes, sino que había ligeras desviaciones) y además, eran tan finos, que no era fácil pegarlos. A esto, había que sumar a esto que la escápula era un fósil frágil, y que con presión o movimientos inadecuados, se podría romper, tal como ocurrió con algunos fragmentos durante la excavación o la propia restauración. Incluso, algunos fragmentos ya pegados, con la manipulación se despegaban.

Así, para facilitar el trabajo de reconstrucción, se optó por ir reforzando las uniones con un tejido de fibra de vidrio (tejido fino, de gramaje 48gr/m²) pegado con Paraloid (Figura 123). Estas tiras reforzaban y así se evitaba que se despegaran los fragmentos o que se fracturasen con la manipulación, pudiéndose así reconstruir con más seguridad. Pero, además, estas tiras facilitaban la rectificación de las uniones, ya que, si había que hacerlo, bastaba con “ablandar” las uniones un poco de acetona y presionar para recolocar (las tiras mantenían mientras los fragmentos unidos, de otra manera se habrían despegado).

En esta reconstrucción final se adhirieron también pequeñas esquirlas que se habían dejado en la fase anterior (Figura 122; Figura 123), ya que entonces quedaban en zonas que eran perimetrales y bastante “en el aire”, de manera habrían quedado demasiado expuestas y, en consecuencia, se habrían podido despegar (o romper) con facilidad. Durante el proceso de corrección de las deformaciones (con el tejido de refuerzo aún puesto) algunas piezas pequeñas, especialmente de las zonas más finas, se fragmentaron, aunque se mantuvieron en su sitio.

Una vez pegados los fragmentos (Figura 123, arriba, derecha), se rellenaron las lagunas con una masilla hecha con escayola en polvo y Paraloid B7. Esta mezcla se usa habitualmente para reintegrar piezas de industria en los yacimientos de la Trinchera. En ella, al no añadir agua, la que escayola no fragua, es decir, la escayola actúa como una carga “inerte”, igual que otros polvos que se usan habitualmente para hacer masillas de relleno (como el carbonato de calcio o las microesferas de vidrio). Así, la masilla es después fácilmente retirable con acetona, a diferencia de la escayola endurecida mediante el fraguado normal, que sólo puede retirarse mecánicamente.

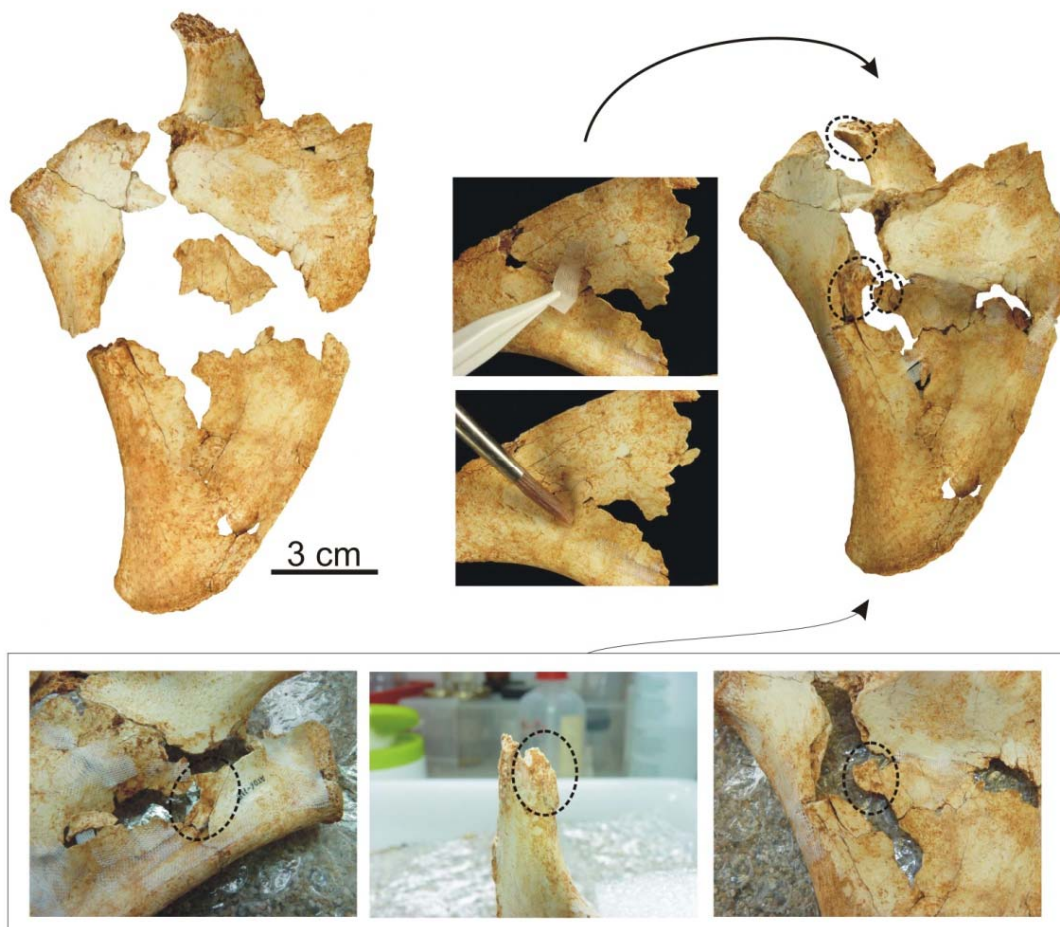


Figura 123. Escápula ATD6-118 durante la reconstrucción final.

Durante la reconstrucción definitiva se usaron tiras de tejido de fibra de vidrio empapado con Paraloid B72 para reforzar temporalmente la unión. En esta fase de la reconstrucción, se pegaron pequeñas esquirlas que no se adhirieron en la fase anterior (porque habrían quedado demasiado desprotegidas).

Tras todo este tratamiento, tras las tiras de tejido pegadas con Paraloid y la masilla de relleno, hubo que limpiar bien toda la superficie del fósil. El tejido de fibra de vidrio tiene la desventaja de cuesta retirar del todo las diminutas fibras. La masilla de reintegración, por su parte, sobrepasó en muchos casos la laguna que había que rellenar (algo fácil debido al escaso grosor del hueso y a las pequeñas dimensiones de las lagunas). Los restos de tejido y de masilla se retiraron con acetona aplicada con un hisopo de algodón.

El grado de limpieza y de delimitación de la masilla se controló con lupa (Figura 124 y Figura 36 del capítulo 4), especialmente para no encubrir (ni con masilla, ni con restos del tejido) marcas de corte u otros elementos de interés tafonómico o anatómico.

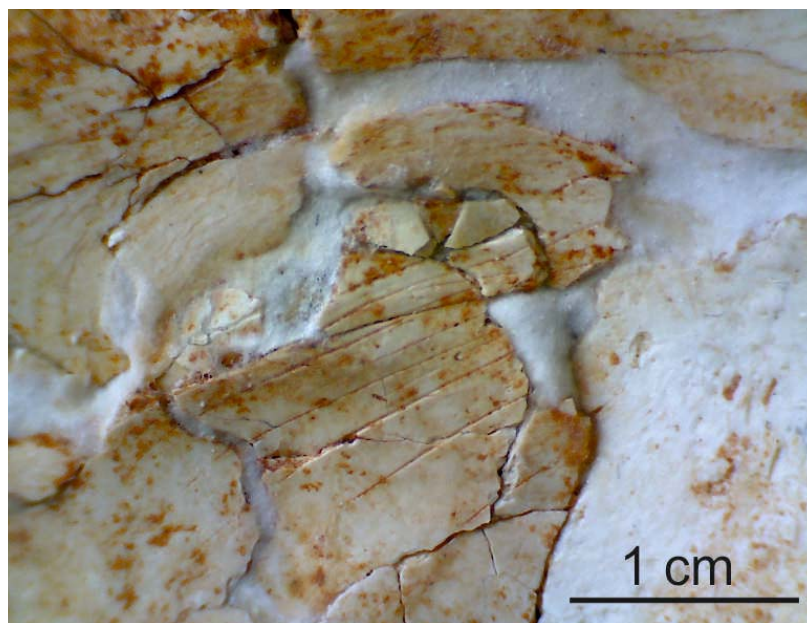


Figura 124. Escápula ATD6-118: detalle de la zona central.

Tras la reconstrucción, el fósil se limpió bajo lupa para evitar que la masilla o los restos de tejido y consolidante, cubrieran detalles relevantes.

Estado final

Tras el tratamiento, el fósil quedó reconstruido por completo, es decir, con todas las piezas con las que llegó a restauración recolocadas (excepto algunas pequeñas esquirlas, de menos de 5 mm) Figura 125. La unión de las piezas y el relleno de las lagunas con la masilla, le dieron la resistencia suficiente para poder manipularse con cuidado, pero sin requerir medidas especiales. Las deformaciones principales habían corregido en gran medida, aunque fue imposible eliminarlas completamente.



Figura 125. Escápula ATD6-118 (fragmento principal) terminado.
Vista posterior, lateral y anterior.

ATD6-119 Clavícula

Sigla de campo: ATA06-TD6-1-G12-2



Descripción del fósil

Dimensiones: 110 x 20 x 15 mm

Clavícula izquierda prácticamente completa aunque no conserva ninguno de los extremos articulares.

Estado inicial

Extraída en bloque (Figura 126) y prácticamente descubierta del todo por una de sus caras. Aunque se produjo una fractura aproximadamente en el centro, llegó en una sola pieza gracias a que estaba pegada al sedimento con el que se extrajo.



Figura 126. Clavícula ATD6-119 *in situ*¹.
(Foto J.Mestre – G.Campeny / IPHES)

¹ En la etiqueta que aparece en la foto pone "H12" (referido al cuadro), aunque en realidad el cuadro era G12.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: julio de 2006

Resumen de la intervención: separación del bloque mecánicamente (bisturí y herramientas manuales metálicas); limpieza con pincel y agua destilada y bisturí; adhesión de fragmentos con Paraloid B72.

El fósil estaba en gran parte separado del bloque de sedimento. Aun así, los pequeños clastos calcáreos presentes en la matriz dificultaron su extracción. Para separar el fósil del sedimento, hubo que retirar algunos de estos clastos y, al hacerlo, ejercían sobre los elementos de alrededor (otros clastos o el propio fósil). Además, durante la separación, el fósil se rompió por la mitad, aunque en realidad se abrió por una fractura parcial preexistente (Figura 127).

Ya separado del bloque, el fósil se lavó con agua destilada y un pincel suave. Se retiraron los escasos restos de concreciones con bisturí. Los fragmentos se adhirieron con Paraloid B72 disuelto en acetona.

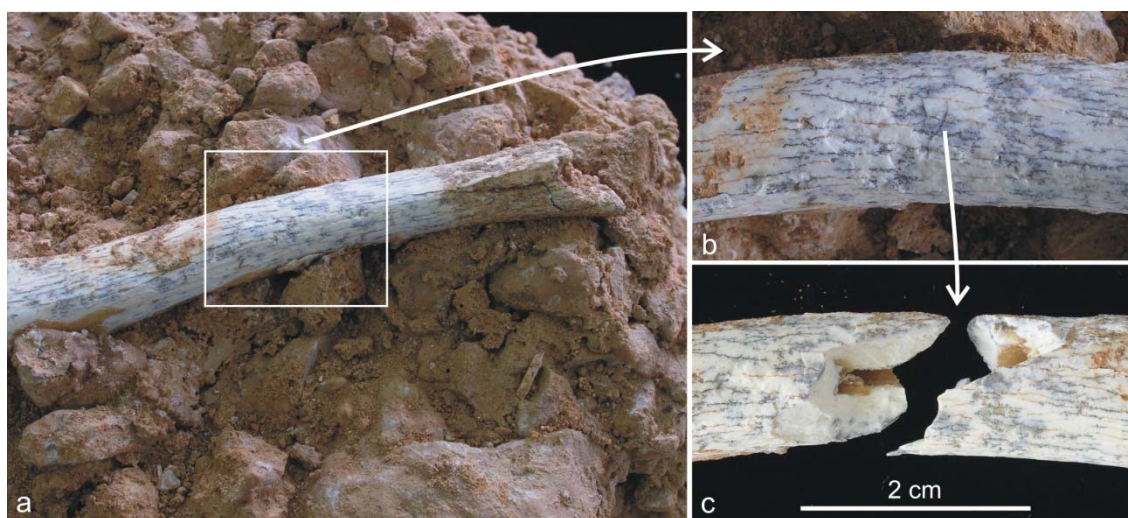


Figura 127. Clavícula ATD6-119 durante la restauración.

Fractura de la clavícula por la mitad. La fractura se había marcado ya en la excavación y, al separar el fósil del bloque de sedimento, se abrió del todo.



Figura 128. Clavícula ATD6-119 restaurada.

Vista inferior (arriba) y superior (abajo).

ATD6-120 Coxal

Sigla de campo: ATA06-TD6-2-G3-79



Descripción del fósil

Dimensiones: 42 x 40 x 21 mm

Fragmento de coxal.

Estado inicial

Extraído en bloque y en una sola pieza (Figura 129). En los bordes presentaba fracturas limpias y frescas (se debió perder algo durante la excavación). Antes de la intervención se detectaron marcas de corte (Figura 132).



Figura 129. Coxal ATD6-120 antes de la restauración.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: julio 2006 - mayo 2007

Resumen de la intervención: separación del bloque mecánicamente (bisturí y herramientas manuales metálicas); limpieza con pincel y agua destilada y bisturí; adhesión de fragmentos con Paraloid B72.

Durante la campaña de excavación, se limpió parcialmente para confirmar si era o no humano, puesto que inicialmente no estaba claro. Esta limpieza se hizo con bisturí. Se llegó al nivel que muestra la Figura 130 y se confirmó que era humano.



Figura 130. Coxal ATD6-120 durante la restauración.

El círculo señala una marca hecha accidentalmente con el bisturí durante la limpieza.

El fósil se separó del sedimento con bisturí y otras pequeñas herramientas manuales. Una vez separado, se limpió con pincel y agua destilada y, puntualmente con bisturí para las pequeñas concreciones.

Durante la separación y limpieza, se desprendió alguna esquirla, que se unió inmediatamente con Paraloid. Con el mismo producto, se consolidaron los bordes con esponjoso (lo más frágil de fósil).

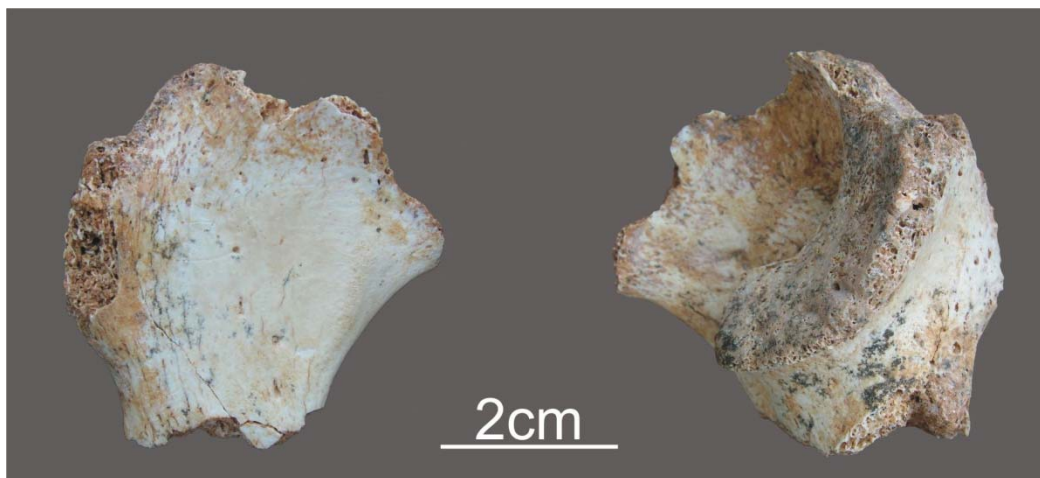


Figura 131. Coxal ATD6-120 restaurado.



Figura 132. Coxal ATD6-120 restaurado.
Detalle de las marcas de corte.

ATD6-121 Húmero

Sigla de campo: ATA06-TD6-2-G03-140



Descripción del fósil

Dimensiones: 120 x 33 x 12 mm

Diáfisis completa y epífisis distal de un húmero derecho de un individuo subadulto (Bermúdez de Castro et al., 2012).



Figura 133. Húmero ATD6-121 *in situ*.

A la izquierda, fotografía del húmero *in situ*. A la derecha, recién recuperado (Fotos: J.Mestre – G.Capmeny / IPHES).

Estado inicial

El fósil se entraba en una zona de sedimento poco compactado, por lo que se recuperó bastante limpio y completo. Tan sólo se rompió una pequeña esquirla del extremo proximal de la diáfisis (como se ve en la foto *in situ* y de antes de la restauración).



Figura 134. Húmero ATD6-121 antes y después de la restauración.

Húmero antes (arriba) y después (abajo) del tratamiento (vistas anterior y posterior, izquierda y derecha respectivamente).



Figura 135. Húmero AT6-121 restaurado (detalle).

Detalle de la superficie del fósil. Muy alterada, con descamaciones, fisuras y rebajes en el hueso de distinta morfología (como las concavidades señaladas en la imagen de la izquierda y ampliada en el centro).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: febrero de 2007 - mayo 2007

Resumen de la intervención: limpieza combinada (bisturí y agua aplicada con pincel); adhesión de los fragmentos (con Paraloid B72-HMG); consolidación con Paraloid B72.

El fósil se lavó con agua destilada y pincel sintético suave; los restos de sedimento más adherido se retiraron con bisturí, alternando la limpieza con agua y pincel. Durante la limpieza, se produjo un pequeño agujero en la zona de la fosa olecraneana. Se consolidó la zona de la epífisis con Paraloid B72 y se pegaron los fragmentos con el mismo producto (con el adhesivo preparado a base de Paraloid B72 de HMG).

Referencias citadas

Bermúdez de Castro, J.M., Carretero, J.M., García-González, R., Rodríguez-García, L., Martín-Torres, M., Rosell, J., Blasco, R., Martín-Francés, L., Modesto, M., Carbonell, E., 2012. Early Pleistocene Human Humeri from the Gran Dolina-TD6 Site (Sierra de Atapuerca, Spain). *American Journal of Physical Anthropology* 147, 604-617.

ATD6-122 Falange

Sigla de campo: ATA06-TD6-2-G3-151



Descripción del fósil

Falange distal de mano.



Figura 136. Falange ATD6-122 *in situ*.

(Foto J.Mestre – G.Capmeny / IPHES)

Estado inicial

Completa y en buen estado, apenas presentaba algunos restos de sedimento suelto.



Figura 137. Falange ATD6-122 antes y después de la restauración.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: lavado

Fecha: julio del 2006

Resumen de la intervención: sólo lavada

Tan sólo se lava con agua destilada y pincel.

ATD6-123 Falange

Sigla de campo: ATA06-TD6-2-G3-171



Descripción del fósil

Dimensiones: 40 x 10 x 6 mm

Falange de mano que conserva la epífisis distal y la diáfisis prácticamente completa. No se preserva la epífisis proximal. Presenta marcas de corte en la zona central (Saladié et al., 2011).

Estado inicial

Durante la excavación se rompió el extremo proximal, del cual se recuperaron algunas esquirlas. Por lo demás, se encontraba en buen estado, bastante limpia y consistente.



Figura 138. Falange ATD6-123 in situ (Foto J.Mestre/G.Capmeny – IPHES).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: mayo de 2007

Resumen de la intervención: lavado

Tan sólo se lava con agua destilada y pincel. Se pega la esquirla desprendida con Paraloid B72.



Figura 139. Falange ATD6-123 in antes y después de la restauración.

Arriba, antes de la restauración; a la derecha, puede verse la esquirla desprendida durante la excavación. Abajo, ya restaurada; en el recuadro se amplía la zona central con marcas de corte.

Una vez tratada, se realizaron dos moldes del área de con marcas de corte (Figura 139) con silicona President light (de color verde).

Referencias citadas

Saladié, P., Huguet, R., Díez, C., Rodríguez-Hidalgo, A., Cáceres, I., Vallverdú, J., Rosell, J., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E., 2011. Carcass transport decisions in Homo antecessor subsistence strategies. *Journal of Human Evolution* 61, 425-446.

ATD6-124 Metatarso

Sigla de campo: ATA06-TD6-2-G12-13



Descripción del fósil

Dimensiones: 50 x 20 x 15 mm

Metatarso IV derecho (Pablos et al., 2012): no preserva la epífisis distal. Presenta una alteración en la diáfisis que probablemente evidencia alguna patología, así como evidencias de modificación antrópica (marcas de corte).



Figura 140. Metatarso ATD6-124 in situ.

(Foto J.Mestre – G. Campeny / IPHES)

Estado inicial

En una sola pieza, consistente y con escasos restos de sedimento adheridos, incluidas algunas pequeñas concreciones.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: mayo de 2007

Resumen de la intervención: lavado con agua y pincel y limpieza mecánica (bisturí)

Lavado con agua desmineralizada y pincel suave. Con esta acción se retiró gran parte del sedimento. El resto se retiró con bisturí si dificultad.



Figura 141. Metatarso ATD6-124 antes y después de la restauración.

Distintas vistas del metatarso (de izquierda a derecha): medial, dorsal, proximal y distal.
Antes y después de la restauración (arriba y abajo respectivamente).

ATD6-126 Falange

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-F13-23



Descripción del fósil

Dimensiones: 40 x 20 x 10 mm

Falange completa (con algunas pérdidas originadas durante la excavación en la epífisis distal y la diáfisis). En su epífisis tiene o marcas producidas por los dientes de carnívoro, “furrowing”, así como marcas de fractura por flexión o “peeling” (Saladié et al., 2014).

Estado inicial

Falange prácticamente completa. Se rompió durante la excavación y sufrió algunas pérdidas en la epífisis distal y en la diáfisis. El hueso estaba algo más debilitado en las zonas con esponjoso y los bordes de fractura.



Figura 142. Falange ATD6-126 antes y después de la restauración.

Arriba, parcialmente tratada (se había realizado una primera fase de tratamiento) y con parte de los fragmentos adheridos (todos excepto el que se ve en la imagen).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: julio de 2007 – agosto de 2008

Resumen de la intervención: limpieza combinada (con disolventes, agua y bisturí); consolidación y adhesión con Paraloid B72.

Esta falange se trató en dos fases. En la primera¹, según la documentación, se limpió con una mezcla de agua destilada y alcohol aplicada con pincel y con un palillo de madera; y también se consolidó el hueso esponjoso más deteriorado con Paraloid B72 en acetona aplicado por goteo. Se pegó con el mismo consolidante. Quedó, no obstante, un fragmento de la epífisis distal sin pegar (por motivo desconocido).

En la segunda fase (Figura 142) se remató la limpieza con pincel y acetona usados de manera generalizada y, puntualmente, con bisturí en las pequeñas correcciones. Se pegó el fragmento suelto con adhesivo comercial a base de Paraloid B72 (HMG).

Estado final

Fósil en buen estado y mecánicamente estable. Aunque se podría reforzar mediante la reintegración de las lagunas, por el momento se deja.

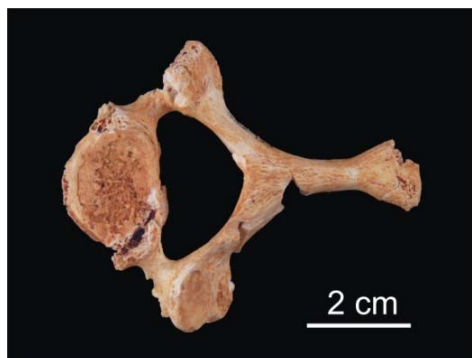
Referencias citadas

Saladié, P., Rodríguez-Hidalgo, A., Huguet, R., Cáceres, I., Díez, C., Vallverdú, J., Canals, A., Soto, M., Santander, B., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Carbonell, E., 2014. The role of carnivores and their relationship to hominin settlements in the TD6-2 level from Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Spain). *Quaternary Science Reviews* 93, 47-66.

¹ Tratamiento realizado en el laboratorio de campaña (restauradora del CENIEH) y registrado en la base de datos de la campaña; no se tiene constancia de que haya fotografía del fósil antes del tratamiento.

ATD6-127 Vértebra

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-F12-14



Descripción del fósil

Dimensiones: 63 x49 x 20 mm

Vértebra cervical que conserva el cuerpo, todo el arco y el proceso espinoso.

Estado inicial

Fragmentada durante la excavación (Figura 143). Bastante limpia, sin sedimento concrecionado. El hueso estaba consistente, en buen estado.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: julio 2007

Resumen de la intervención: limpieza combinada (mecánica y con agua y alcohol; adhesión de los fragmentos (con Paraloid B72).

Lavada con agua y pincel sintético suave. Se remata la limpieza con hisopo empapado en alcohol y con bisturí. No se consolida porque no se considera necesario. Se pegan los fragmentos con Paraloid B72.

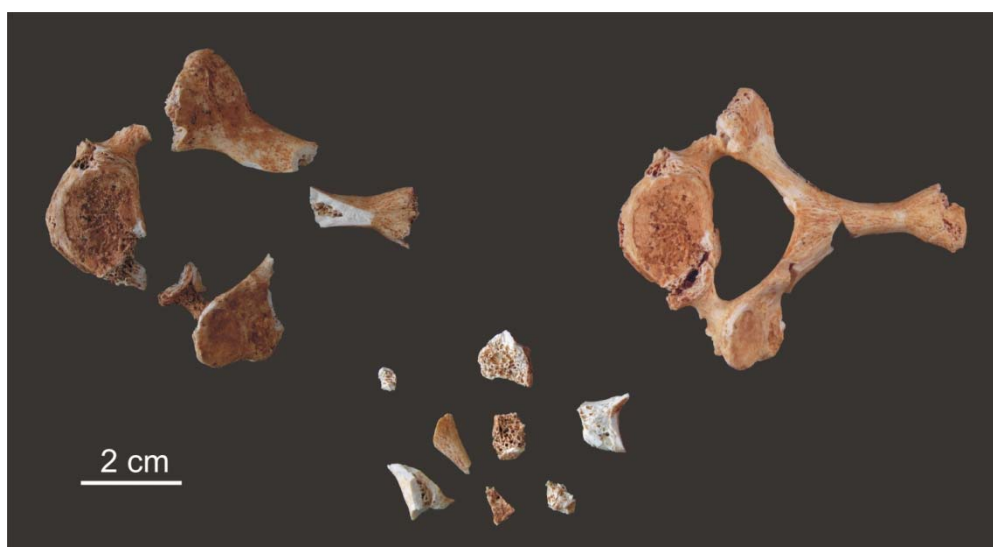


Figura 143. Vértebra ATD6-117 antes y después de la restauración.

A la izquierda los cuatro fragmentos principales en los que llegó el fósil a restauración; en el centro, el resto de las esquirlas. A la derecha, restaurada.

ATD6-128

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-G11-64



Descripción del fósil

Dimensiones: 53 x 32 x 6 mm

Fragmento craneal.

Estado inicial

Fragmentado durante la excavación y recuperado en dos piezas principales (más una pequeña esquirla, Figura 144).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Resumen de la intervención: limpieza mecánica (bisturí) y adhesión de fragmentos con Paraloid B72.

Se retiran los restos de sedimento con bisturí y se adhieren los fragmentos con Paraloid B72.

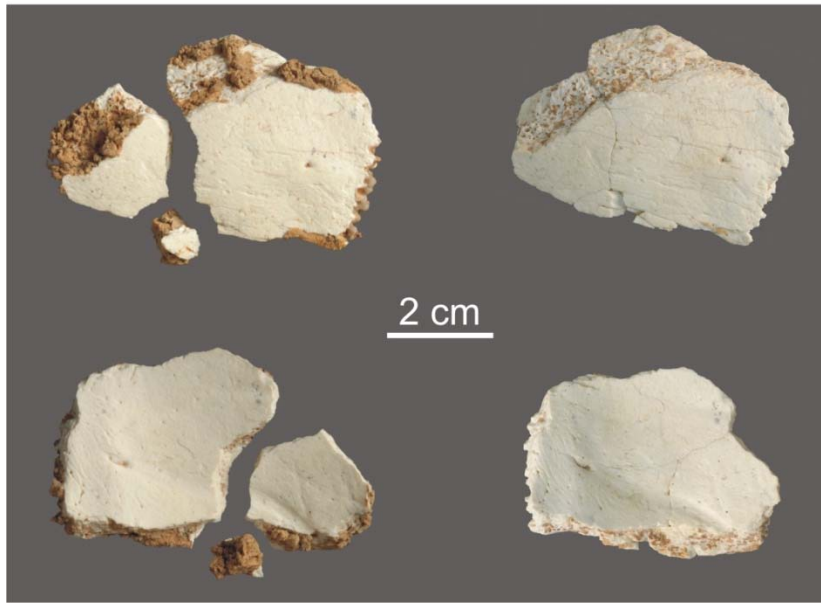


Figura 144. Fragmento craneal ATD6-128 antes y después de la restauración.

ATD6-131 Diente (¿Homo?)

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-G11-2



Descripción del fósil

Fragmento perteneciente a la corona de un diente.

Estado de conservación y tratamiento

Fecha: julio de 2007

Fragmento en buen estado y con alguna concreción arcillosa. Tan sólo se limpió mediante con agua destilada y un pincel sintético suave.



Figura 145. ATD6-131 Diente

Antes (arriba) y después (abajo) de la limpieza.

ATD6-132 Costilla

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-G11-4



Descripción del fósil

Fragmento esternal de costilla con la cabeza y el tubérculo conservados. Presenta marcas de corte (Carbonell et al., 2010) y evidencias de fractura por presión o “peeling” (Saladié et al., 2014) .

Estado inicial

En muy buen estado, en un solo fragmento y sin ningún problema especial de conservación. Tan sólo presentaba algunos –muy escasos- restos de sedimento suelto.



Figura 146. Costilla ATD6-132 antes y después de la restauración.

Arriba, antes de la limpieza. Abajo, ya restaurada. A la derecha, ampliación de la zona con marcas de corte.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: julio 2007

Resumen de la intervención: limpieza (lavada con agua destilada y pincel; bisturí puntual).

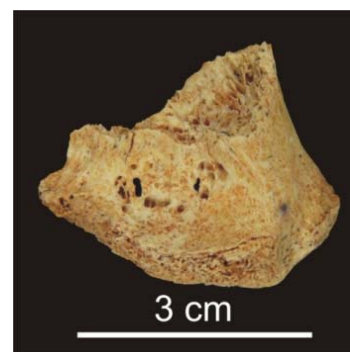
Lavada con agua destilada y un pincel sintético suave. Bisturí puntual para eliminar pequeñas concreciones. No es necesario ningún otro tratamiento.

Referencias citadas

- Carbonell, E., Cáceres, I., Marina Lozano, Saladié, P., Rosell, J., Lorenzo, C., Vallverdú, J., Huguet, R., Canals, A., Castro, J.M.B.d., 2010. Cultural Cannibalism as a Paleoeconomic System in the European Lower Pleistocene The Case of Level TD6 of Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain) *Current Anthropology* 51, 539-549.
- Saladié, P., Rodríguez-Hidalgo, A., Huguet, R., Cáceres, I., Díez, C., Vallverdú, J., Canals, A., Soto, M., Santander, B., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Carbonell, E., 2014. The role of carnivores and their relationship to hominin settlements in the TD6-2 level from Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Spain). *Quaternary Science Reviews* 93, 47-66.

ATD6-133 Húmero

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-F12-56



Descripción del fósil

Dimensiones: 30 x 25 x 11 mm

Epífisis distal de húmero.

Estado inicial

Llegó al laboratorio en un solo fragmento y en relativo buen estado, con apenas algo de sedimento suelto en la superficie. El único problema es que al ser un individuo infantil o subadulto, la zona articular era muy porosa y frágil (Figura 147).

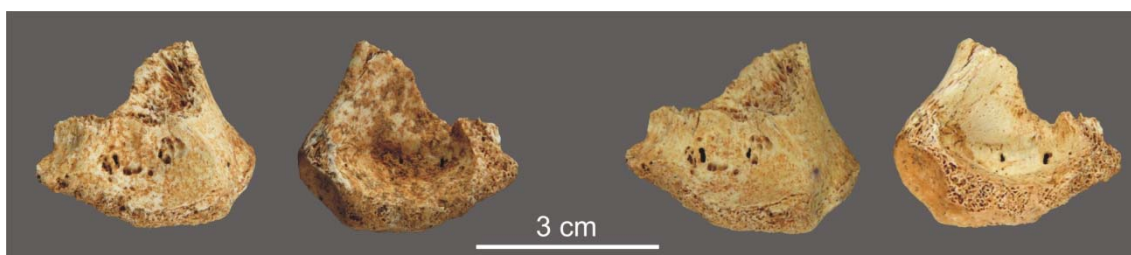


Figura 147. Húmero AT6-133 antes y después de la restauración.

A la izquierda, estado inicial del húmero; a la derecha, restaurado (vistas anterior y posterior a la izquierda y derecha de cada pareja de imágenes).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: mayo 2011

Resumen de la intervención: limpieza con pincel y agua y consolidación con Paraloid B72.

El fósil se lavó con agua destilada y un pincel suave, ya que apenas tenía restos de sedimento. Se consolidó por inmersión en Paraloid B72 disuelto en acetona al 3%.

Una vez tratado, se realizaron dos moldes del área de con marcas de corte con silicona President light (de color verde).

ATD6-135 Vértebra

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-F13-169



Descripción del fósil

Dimensiones: 40 x 35 x 25 mm

Vértebra que conserva el cuerpo vertebral y uno de los procesos articulares superiores.

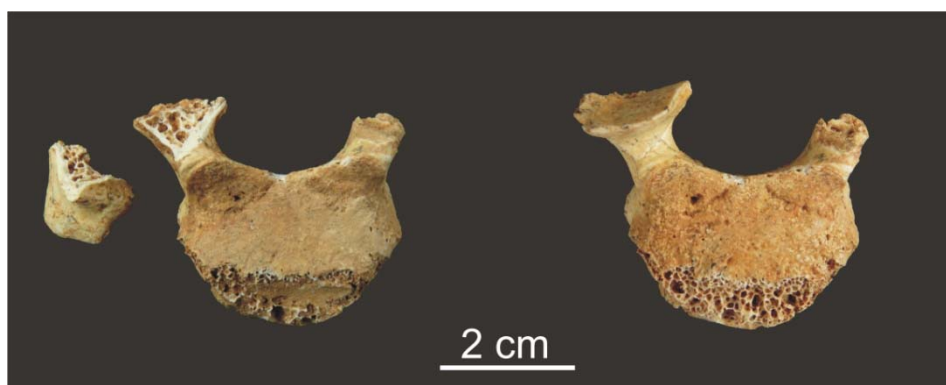


Figura 148. Vértebra ATD6-135 antes y después de la restauración.

A la izquierda, antes del tratamiento y con el fragmento roto. A la derecha, restaurada.

Estado inicial

Recuperada en dos fragmentos (roto durante la excavación) (Figura 148). Por lo demás, en buen estado: bastante limpia y con el hueso consistente.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: julio 2007

Resumen de la intervención: limpieza combinada (con pincel, agua y alcohol); adhesión de los fragmentos (con Paraloid B72); consolidación con Paraloid B72.

Limpieza con agua destilada y alcohol y pincelado suave. Adhesión del fragmento con Paraloid B72. Se consolida el esponjoso con Paraloid.

ATD6-136 Costilla

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-F13-173



Descripción del fósil

Fragmento de costilla.

Estado de conservación

Fragmento del cuerpo de una costilla. Estaba en dos piezas separadas por una fractura reciente. Sus extremos presentan bordes de fractura aparentemente antiguos. Las dos piezas se encontraban en buen estado, sin fisuras ni pérdida de cohesión relevante. Sólo tenía una fina capa de sedimento arcilloso aparentemente suelto.

Se hizo un examen de la superficie con lupa binocular, tanto para evaluar el estado como para detectar posibles elementos de interés tafonómico antes de la intervención. Se detectaron marcas de corte, especialmente en la cara externa (Figura 149).

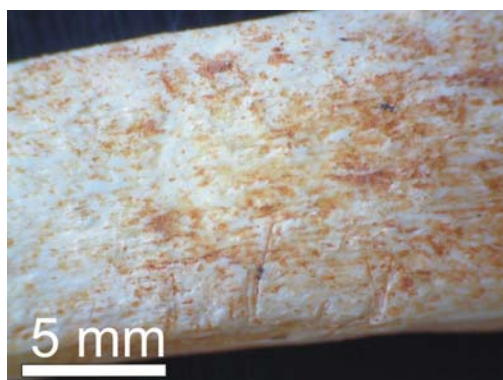


Figura 149. Costilla ATD6-136 (detalle de las marcas de corte)

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: junio 2012

Resumen de la intervención: limpieza combinada (mecánica, con disolventes y agua) y adhesión de los dos fragmentos (con Paraloid B72).

El fósil se limpió aplicando agua destilada con un pincel suave. Después, se retiraron algunos restos de pequeñas concreciones dispersas por toda la superficie a punta de bisturí. La limpieza fue muy ligera, puesto que apenas tenía restos de sedimento. En la pieza de mayor tamaño, el punto negro hecho con rotulador permanente durante la excavación¹, se difuminó accidentalmente, al entrar en contacto con la acetona.

Tras la limpieza, se pegaron los fragmentos con Paraloid B72 (diluido en acetona). Una vez seco, se retiraron restos del Paraloid de la junta de unión con un hisopo de algodón empapado en acetona.



Figura 150. Costilla ATD6-136 antes y después de la restauración.

¹ Este punto se pone por sistema en la cara inferior, la que queda en contacto con la superficie de excavación cuando se descubre.

ATD6-137 Costilla

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-F13-193



Descripción del fósil

Dimensiones: 97x13x11mm

Fragmento de cuerpo de costilla.

Estado de conservación

En un solo fragmento. En uno de sus extremos tenía una fractura reciente (es posible que remonte con algún otro fragmento); también de este mismo extremo, había una esquirla que se desprendió durante el tratamiento. Por lo demás, tan sólo presentaba restos escasos de sedimento arcilloso suelto.



Figura 151. Costilla ATD6-137 antes y después de la restauración.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: marzo 2013

Resumen de la intervención: limpieza combinada (mecánica – con pincel- con disolventes); adhesión de los fragmentos (con Paraloid B72).

Se limpió el fósil aplicando agua destilada con un pincel suave. Después, se retiraron algunos restos de pequeñas concreciones dispersas por toda la superficie a punta de bisturí. La limpieza fue muy ligera, puesto que apenas tenía restos de sedimento. La esquirla desprendida se adhirió con Paraloid B72.

ATD6-138 Costilla

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-F13-194



Descripción del fósil

Extremo vertebral de costilla; conserva la cabeza y el tubérculo.

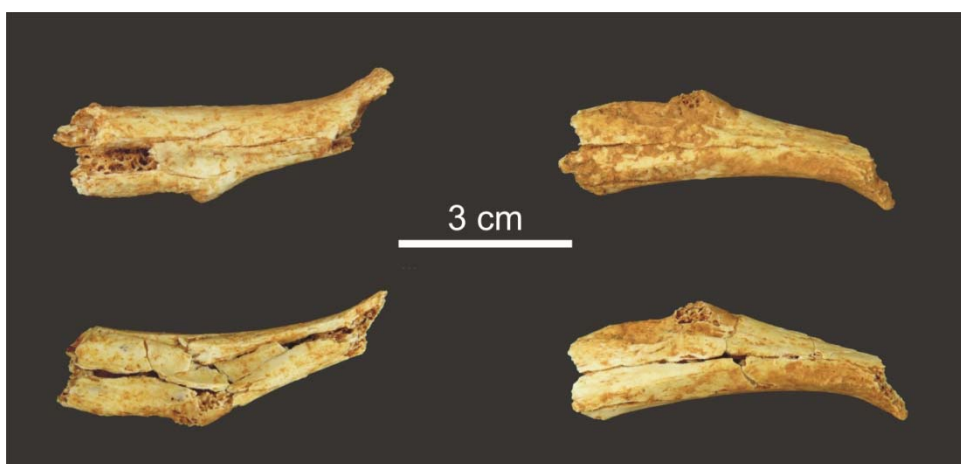


Figura 152. Costilla ATD6-138 antes y después de la restauración.
Distintas vistas antes (arriba) y después de la restauración (abajo)

Estado de conservación

En un solo fragmento, aunque con una esquirla desprendida. Bastante limpia, tan sólo presentaba restos escasos de sedimento arcilloso suelto. El problema principal de esta costilla eran las fisuras y la falta de cohesión del hueso.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: febrero 2013

Resumen de la intervención: limpieza combinada (mecánica – con pincel- con disolventes); adhesión de los fragmentos (con Paraloid B72).

Se limpió con un poco de alcohol y pincel. Durante el proceso de limpieza, a pesar de la suavidad, se desmontó parcialmente, abriéndose por algunas fisuras. Por ello, se decidió no incidir en la limpieza hasta haber consolidado y fijado los fragmentos con Paraloid B72.

Una vez limpia y consolidada, se retiraron los restos de consolidante con hisopo de algodón empapado en acetona. Este proceso permitió además rematar la limpieza del sedimento.

Estado final

La costilla quedó consolidada y mecánicamente estable. Si se compara su estado inicial con el de después del tratamiento (Figura 152), algunos fragmentos quedan desplazados. No obstante, no se insistió en su recolocación porque el hueso se deshacía con facilidad y, por lo tanto, se corría el riesgo de que perdieran fragmentos al intentar situarlos mejor.

ATD6-139 Costilla

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-F13-209



Descripción del fósil

Dimensiones: 40 x 9 x 9 mm

Fragmento de costilla (extremo vertebral). Presenta evidencias de fractura por presión o “peeling” (Saladié et al., 2014).

Estado de conservación

En un solo fragmento principal, si bien llegaron también dos pequeñas esquirlas (de 9 y 5 mm de dimensiones máximas). Los dos extremos presentaban al menos algunas zonas de los bordes de fractura limpias y con aristas vivas (evidencia de fractura reciente). Estaba cubierta por pequeñas concreciones carbonatadas y bastante consistente, probablemente porque debió consolidarse en el campo (se apreciaban algunos brillos a simple vista, y con lupa se confirmó que tenía consolidante).

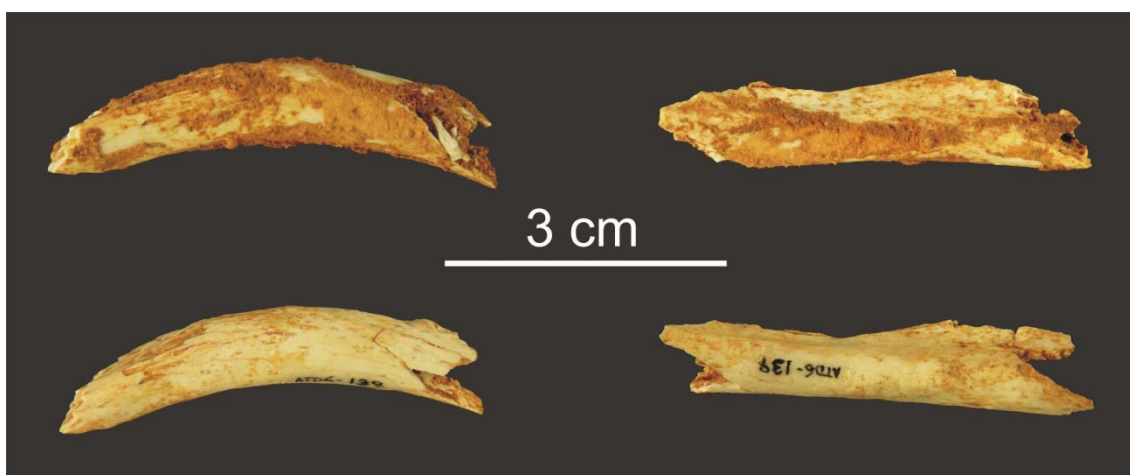


Figura 153. Costilla ATD6-138 antes y después de la restauración.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: marzo 2013

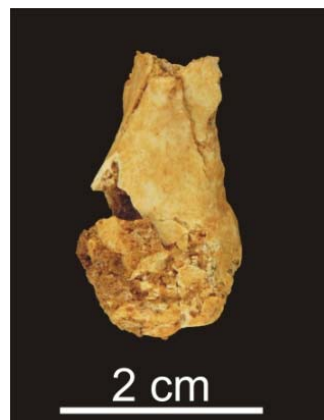
Resumen de la intervención: limpieza combinada (mecánica y disolventes); adhesión de los fragmentos (con Paraloid B72).

Se limpió con un poco de alcohol y pincel. Esta primera limpieza permitió retirar parte del sedimento no concrecionado. Durante el proceso, se vio que el hueso era muy frágil, especialmente en los dos extremos. Después, se usó bisturí para retirar todo el sedimento concrecionado. Y, finalmente, se pasó acetona con pincel para quitar los restos de sedimento más suelto y del consolidante aplicado *in situ*.

Una vez limpia, se adhirieron las dos esquirlas sueltas y se remató la limpieza tanto de la esquirla cubierta con concreción como de los extremos con bisturí. Se consolidaron los dos extremos, que eran lo más frágil del fósil, con Paraloid B72 (al 5% en acetona).

ATD6-140 Vértebra

Sigla de campo: ATA09-TD6-2-G3-53



Descripción del fósil

Dimensiones: 25 x 18 x 13 mm

Fragmento de vértebra. Proceso transverso.

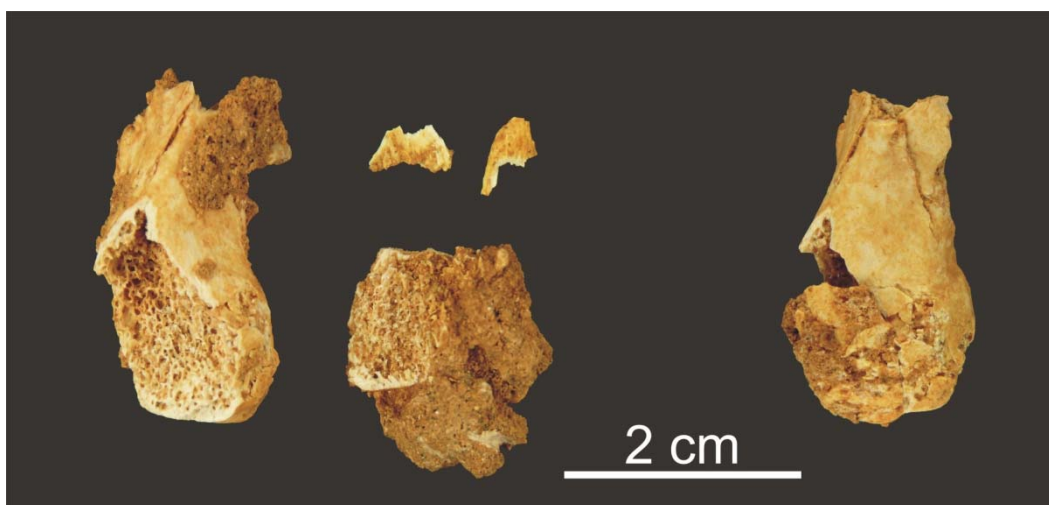


Figura 154. Vértebra ATD6-140 antes y después de la restauración.

A la izquierda, antes del tratamiento, y con los fragmentos rotos durante la excavación. A la derecha, restaurada.

Estado inicial

El fósil tenía diversas fisuras antiguas, por lo que se encontraba algo debilitado. Además, se rompió durante la excavación (Figura 154).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: julio 2011

Resumen de la intervención: limpieza combinada (con bisturí, y pincel con agua y alcohol); adhesión de los fragmentos (con Paraloid B72); consolidación con Paraloid B72.

El sedimento se retiró con bisturí y después se limpió todo con agua destilada y alcohol y pincelado suave. Una vez limpio, se adhirieron los fragmentos con Paraloid B72. Con el mismo producto, se consolidaron las zonas más debilitadas

ATD6-141 Falange

Sigla de campo: ATA09-TD6-2-G3-56



Descripción del fósil

Dimensiones: 27 x 11 x 6 mm

Falange.

Estado inicial

En una sola pieza y con algunas fisuras y desplazamientos de origen previo a la excavación. Presentaba ligeros restos de sedimento, especialmente en la epífisis proximal. El hueso se hallaba bastante consistente.

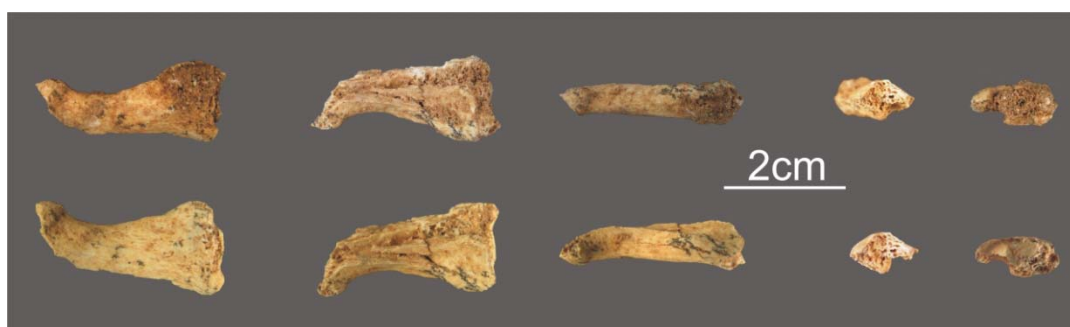


Figura 155. Falange ATD6-141 antes y después de la restauración.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: abril de 2012

Resumen de la intervención: limpieza combinada (con agua y bisturí)

Lavada con agua destilada y pincel. Limpieza puntual con bisturí, especialmente en la epífisis proximal.

ATD6-142

Sigla de campo: ATA09-TD6-2-G4-151



Descripción del fósil

Dimensiones: 25 x 17 x 12 mm

Grande derecho adulto.

Estado inicial

Completo y en una sola pieza. Parcialmente incluido en sedimento.

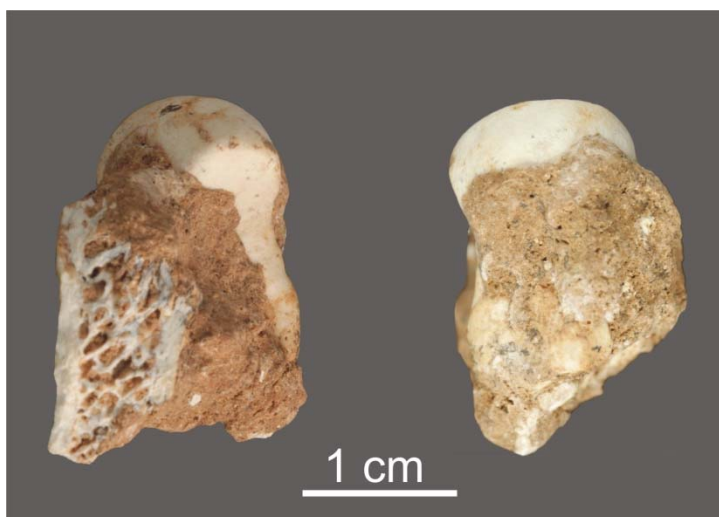


Figura 156. Grande ATD6-142 antes de la restauración.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: mayo de 2012

Resumen de la intervención: limpieza mecánica (bisturí) y consolidación parcial con Paraloid B72.

Se retiró el sedimento con bisturí. Se consolidaron las zonas esponjosas expuestas con Paraloid B72 en acetona.



Figura 157. Grande ATD6-142 restaurado.

ATD6-143 Incisivo

Sigla de campo: ATA09-TD6-2-G12-106



Descripción del fósil

Incisivo superior.

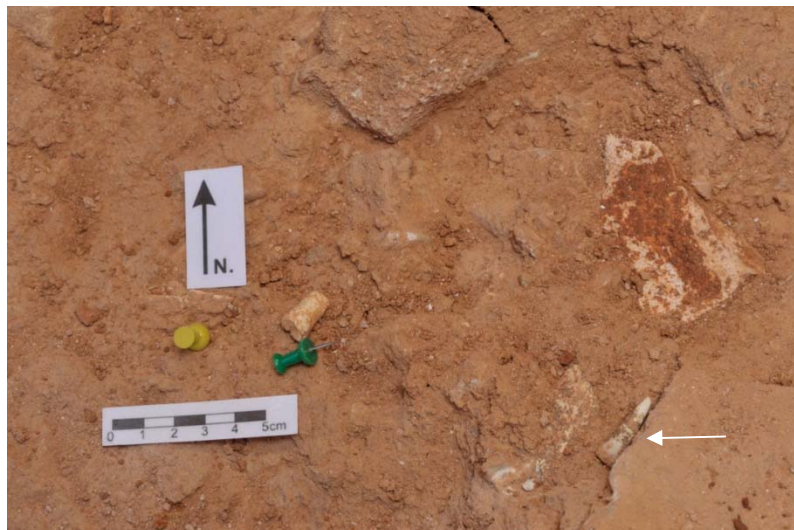


Figura 158. ATD6-143 Incisivo *in situ*.
Fotos J.Mestre - G.Capmeny / IPHES

Estado de conservación y tratamiento

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: julio de 2009

Resumen de la intervención: limpieza con pincel y agua y alcohol.

Lavado con agua y pincel. El fragmento suelto de la raíz se limpió bajo lupa con bisturí. También se probó a limpiar con bisturí el surco vertical que hay en la corona (cara lingual), pero se dejó por miedo a dañar el esmalte. El fragmento de la raíz roto se pegó con Paraloid B72.



Figura 159. ATD6-143 Incisivo antes y después del tratamiento.

Antes (izquierda) y después (derecha) del tratamiento.

ATD6-144 Molar

Sigla de campo: ATA09-TD6-2-G13-99



Descripción del fósil

Corona de molar.

Estado de conservación y tratamiento

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: julio de 2009

Resumen de la intervención: limpieza mecánica y adhesión con Paraloid B72

Corona de molar partida en dos mitades. La superficie oclusal estaba bastante sucia, rellena de sedimento carbonatado.

Se limpió con bisturí bajo lupa. Se utilizó también agua aplicada con pincel para humectar un poco y ver mejor el sedimento (más que para ablandar, puesto que el sedimento no era sensible al agua). Una vez limpio, se adhirió con Paraloid B72.

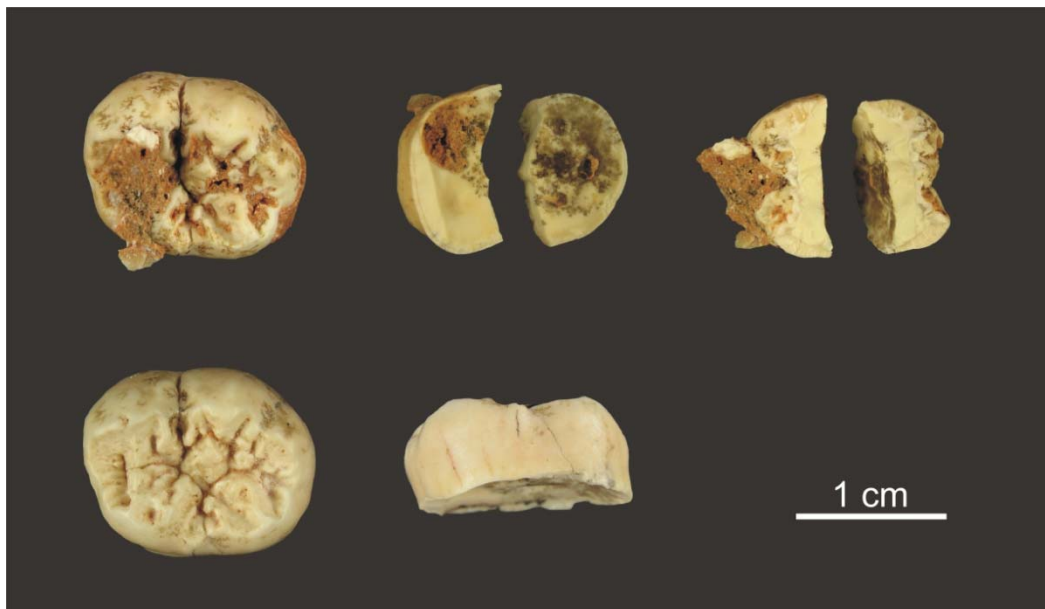


Figura 160. ATD6-144 Molar
Antes (arriba) y después (abajo) del tratamiento.

ATD6-145

Sigla de campo: ATA09-TD6-2-G13-122



Descripción del fósil

Dimensiones: 20 x 14 x 6 mm

Grande.

Estado inicial

Incompleto y en dos piezas. Era delicado, especialmente la zona con el esponjoso expuesto.

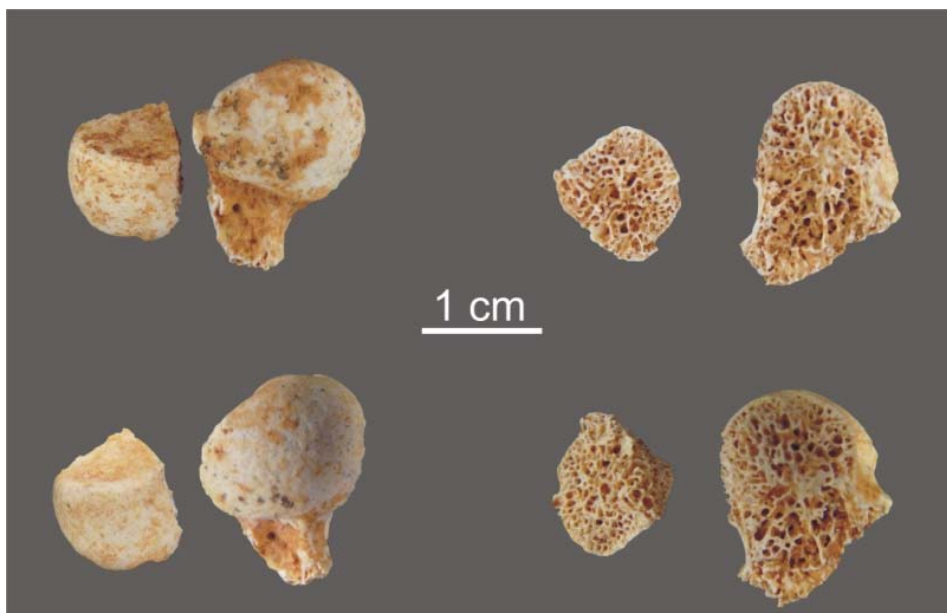


Figura 167. Grande ATD6-145 antes y después de la restauración.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: abril de 2012

Resumen de la intervención: lavado y consolidado con Paraloid B72.

Se lava por inmersión con agua desmineralizada y pincel suave. Se deja secar al aire. En el fragmento de mayor tamaño, se usa puntualmente bisturí. Es muy delicado, por lo que no se insiste en la limpieza. Se consolida con Paraloid B72.

Estado final tras el tratamiento

El fósil quedó en las dos piezas en las que llegó, ya que no tenían contacto. También quedaron restos de sedimento en zonas en las que era más arriesgado quitarlo.

ATD6-146 Incisivo (germen)

Sigla de campo: ATA09-TD6-2-G13-206



Descripción del fósil

Germen de un incisivo inferior.

Estado de conservación y tratamiento

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: julio de 2009

Resumen de la intervención: lavado y consolidación puntual con Paraloid B72

En buen estado y con sedimento arcilloso que se retira lavándolo con agua destilada y un pincel sintético suave. Una vez limpio, se consolidó sólo la zona interna de la corona.



Figura 168. ATD6-146 Incisivo (germen)

Antes (arriba) y después (abajo) del tratamiento.

ATD6-147

Sigla de campo: ATA09-TD6-2-G13-208



Descripción del fósil

Dimensiones: 15 x 14 x 10 mm

Semilunar.

Estado inicial

Completo y en una sola pieza. En buen estado, aunque algo débil. Bastante limpio, tan sólo presentaba algunos restos de sedimento suelto.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: mayo de 2012

Resumen de la intervención: lavado y consolidado con Paraloid B72.

Se lavó por inmersión con agua desmineralizada.

Se consolidó con Paraloid B72 al 3% en acetona. Primero se realizó una inmersión y, una vez seco el consolidante, se aplicó más pincelado en las zonas que requerían más refuerzo.



Figura 169. Semilunar ATD6-147 antes y después de la restauración.

ATD6-148 Húmero

Sigla de campo: ATA09-TD6-2-G13-283



Descripción del fósil

Dimensiones: 135 x 50 x 25 mm

Tercio distal de húmero izquierdo adulto (Bermúdez de Castro et al., 2012).



Figura 170. Húmero AT6-148 *in situ*.

(Foto: J.Mestre – G.Capmeny / IPHES).

Estado inicial

El fósil se fragmentó durante la excavación en 2 piezas. También se crearon numerosas fisuras en la epífisis que, posteriormente, con el tratamiento, supondrían la fragmentación de la misma. Por lo demás, el estado del hueso era consistente. La epífisis estaba incluida en sedimento compactado prácticamente en su totalidad (Figura 171).

Antes del tratamiento, se observaron numerosas marcas en la diáfisis (marcas de corte entre otras, Figura 172).



Figura 171. Húmero AT6-148 antes de la restauración.

A la izquierda, los dos fragmentos en los que llegó (vista anterior). En el centro, vista lateral de uno de los fragmentos. A la derecha, vista del plano de fractura (fragmento más proximal) en la que puede verse cómo el canal medular está relleno de sedimento.



Figura 172. Húmero AT6-148 restaurado (detalle).

Detalle de una de las zonas con marcas de corte.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: julio 2009 - mayo 2010

Resumen de la intervención: limpieza combinada (con vibroincisor, bisturí y agua); adhesión de los fragmentos (con Paraloid B72); consolidación con Paraloid B72.

El sedimento del fragmento de la epífisis se retiró con vibroincisor. Durante este proceso, la epífisis se rompió en tres fragmentos, separados por las fisuras originadas ya en la excavación. Con los fragmentos de la epífisis separados, se remató el tratamiento con vibroincisor. Puntualmente, algunas de las pequeñas concreciones se retiraron con bisturí. La limpieza se complementó con agua destilada aplicada con pincel.

Se consolidó la zona de la epífisis con Paraloid B72 y se pegaron los fragmentos con el mismo producto.

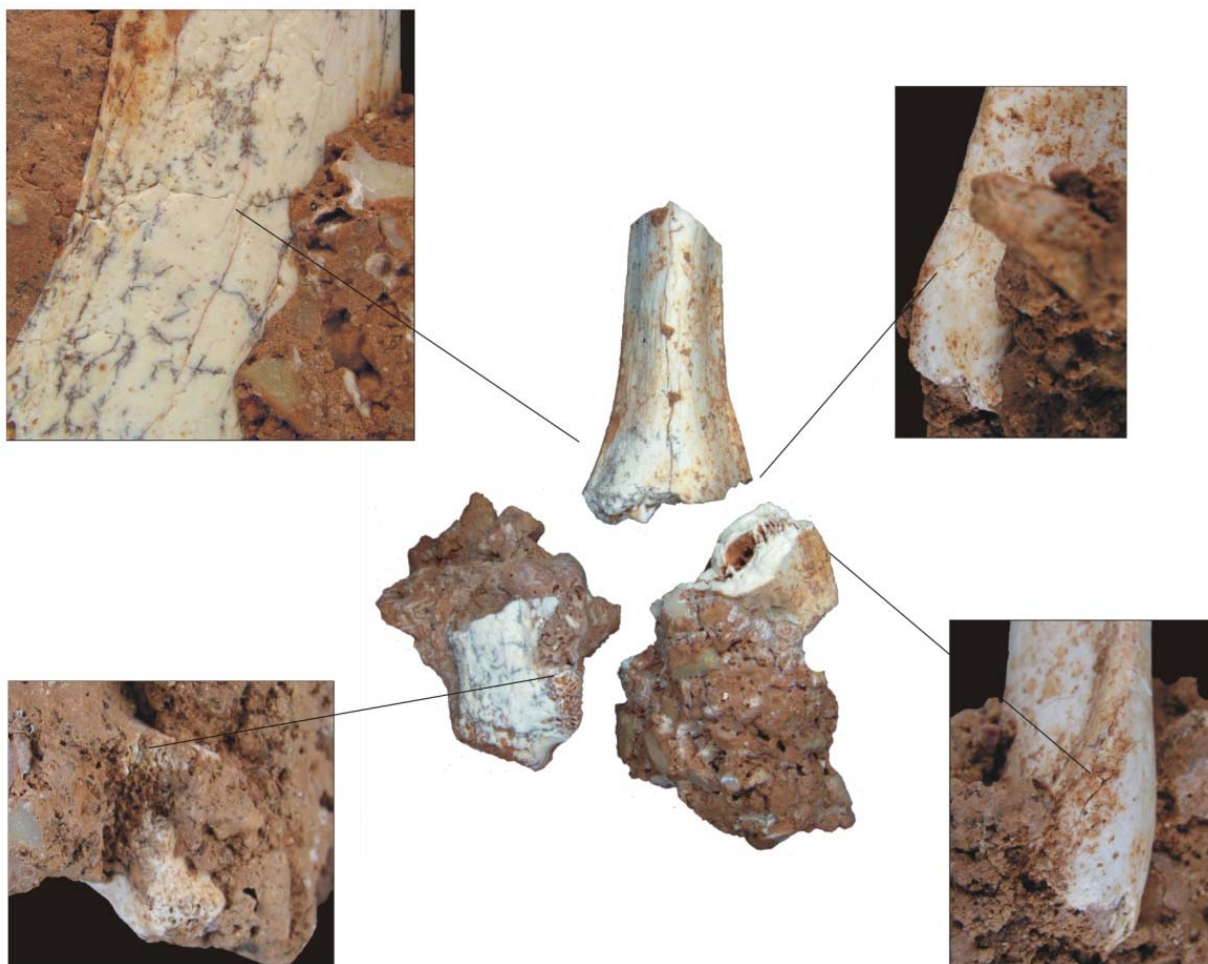


Figura 173. Húmero AT6-148 durante la restauración.

En el centro, las tres piezas en las que se fracturó el húmero durante la limpieza. Alrededor, imágenes de detalle anteriores al tratamiento en las que se señalan las fracturas (originadas durante la excavación).



Figura 174. Húmero AT6-148 restaurado.

Vistas anterior, lateral y posterior del fósil restaurado.

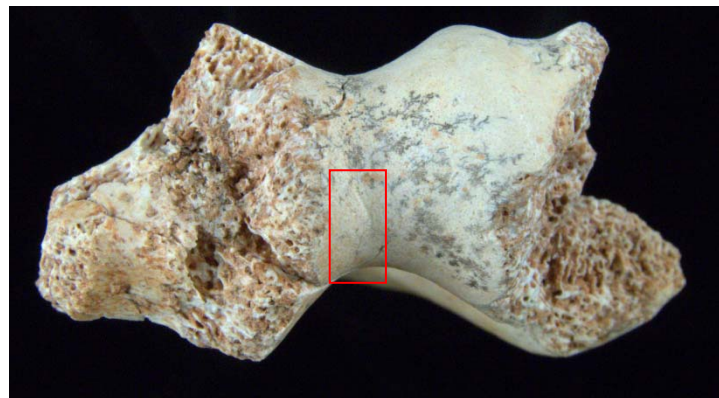


Figura 175. Húmero AT6-148 restaurado.

En el recuadro, marca hecha accidentalmente con la herramienta de limpieza (vibroincisor).

Referencias citadas

Bermúdez de Castro, J.M., Carretero, J.M., García-González, R., Rodríguez-García, L., Martín-Torres, M., Rosell, J., Blasco, R., Martín-Francés, L., Modesto, M., Carbonell, E., 2012. Early Pleistocene Human Humeri from the Gran Dolina-TD6 Site (Sierra de Atapuerca, Spain). *American Journal of Physical Anthropology* 147, 604-617.

ATD6-149 Nasal

Sigla de campo: ATA09-TD6-2-G13-494



Descripción del fósil

Dimensiones: 25 x 15 x 10 mm

Nasal.

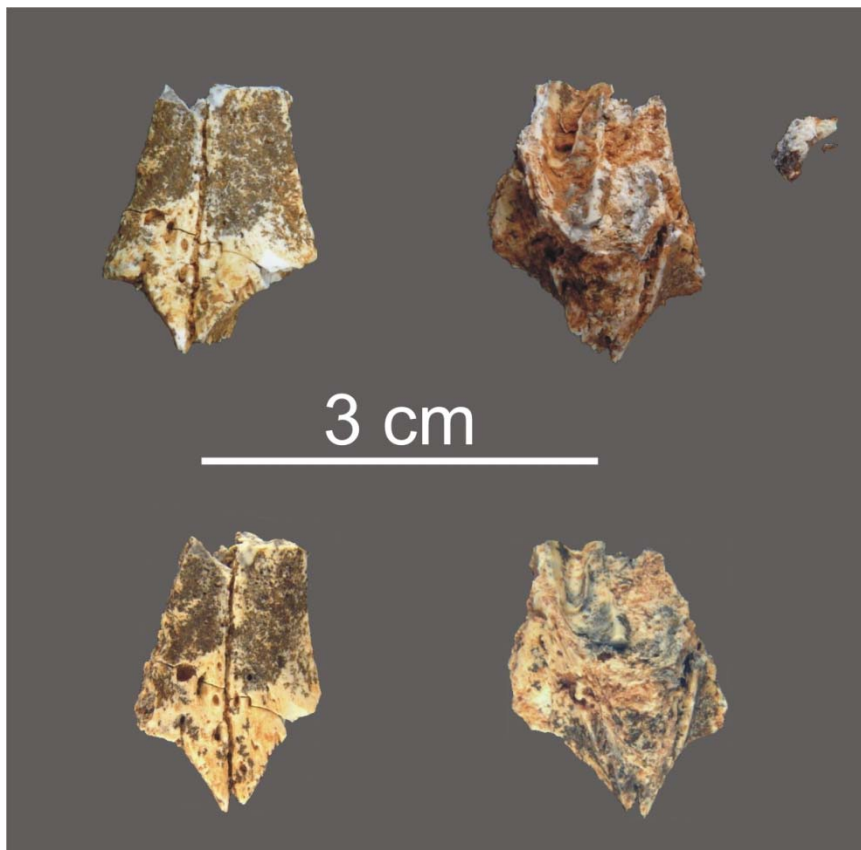


Figura 176. Nasal ATD6-149 antes y después de la restauración.

Estado inicial

En una sola pieza (con una pequeña esquirla suelta, bastante poroso y delicado. Con restos ligeros de sedimento, especialmente en la cara interna.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: abril de 2012

Resumen de la intervención: limpieza combinada (agua y pincel y bisturí); consolidación y adhesión de fragmentos con Paraloid B72.

Se retiraron los restos de sedimento con agua y pincel, y puntualmente con bisturí.

Se consolidó por inmersión en Paraloid B72 al -3% en acetona y se adhirieron los fragmentos con Paraloid B72.

ATD6-150 Vértebra

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-E13-63



Descripción del fósil

Dimensiones: 40 x 28 x 18 mm

Fragmento de vértebra.

Estado inicial

En un solo fragmento. El hueso estaba en general consistente, pero tenía algunas concreciones precisamente en las zonas más débiles, especialmente en zonas de esponjoso.

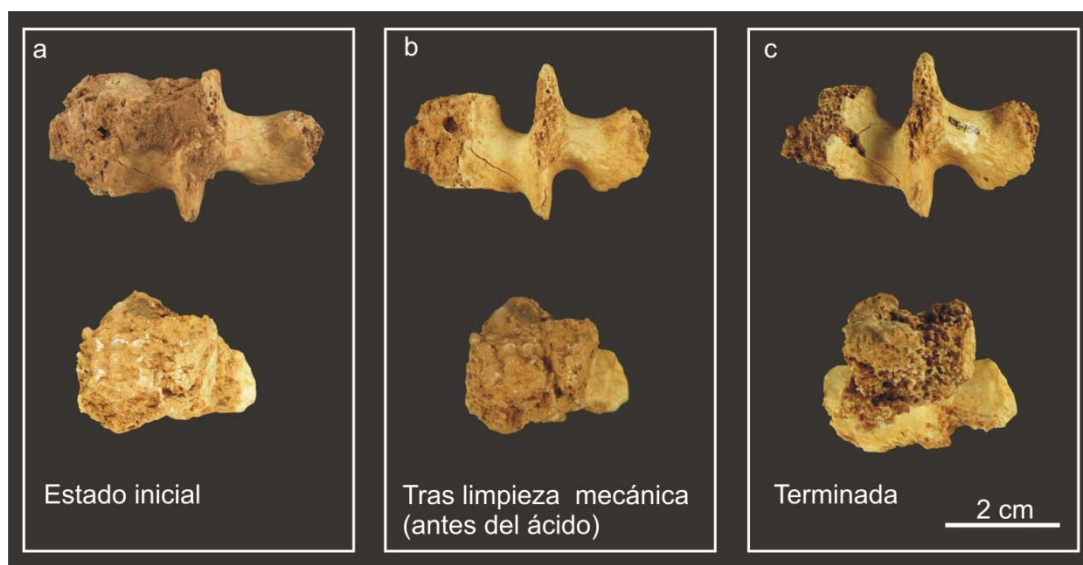


Figura 177. Vértebra ATD6-150 antes durante y después de la restauración.

Tenía marcas de corte claras que se localizan antes del tratamiento.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: junio 2012 – mayo 2013

Resumen de la intervención: limpieza combinada (mecánica y con ácido); adhesión y consolidación fragmentos (con Paraloid B72).

Tras una primera limpieza mecánica, se decidió emplear ácido para limpiar la concreción adherida al esponjoso, ya que continuar con el tratamiento mecánico era arriesgado.

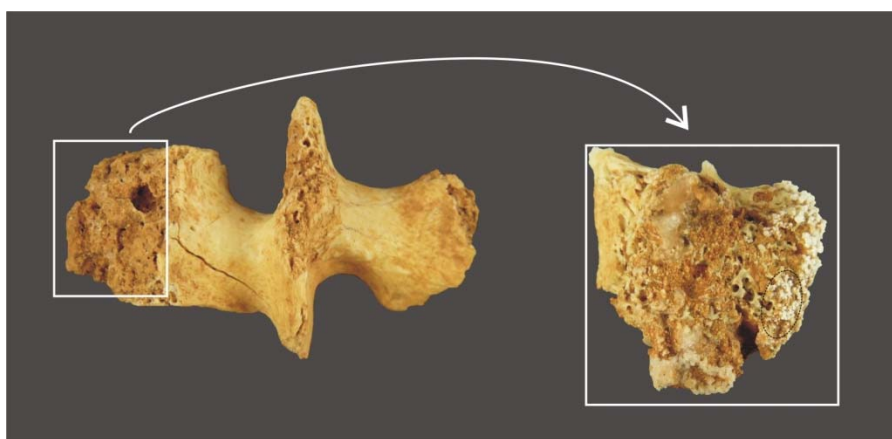


Figura 178. Vértebra ATD6-150 antes y durante la restauración.

A la izquierda, el fósil está aún sin tratar. A la derecha detalle de la zona tratada con ácido y de los cristales que quedaron tras el tratamiento y que se retiraron mecánicamente y con agua (en el óvalo con línea discontinua).

La limpieza con ácido se hizo introduciendo la parte con la concreción en ácido acético rebajado con agua (2:1). Durante esta limpieza, se desmontó el hueso, básicamente por una de las fisuras preexistentes, así como en algunas esquirlas (Figura 179). Ese era uno de los riesgos, ya que la fisura estaba rellena por sedimento carbonatado, que actuaba de “pegamento” y que se veía afectado por el ácido. Además, quedaron algunos cristales que se retiraron en parte con el lavado y también mecánicamente (Figura 179). Tras el tratamiento, además de lavar con agua destilada repetidas veces el fragmento tratado con ácido, hubo que consolidar toda esa zona (con Paraloid al 5% en acetona), puesto que la zona tratada quedó más débil (seguramente porque retiró el sedimento que le servía de refuerzo, no tanto porque afectara al hueso).

Finalmente, los fragmentos se adhirieron con Paraloid B72.

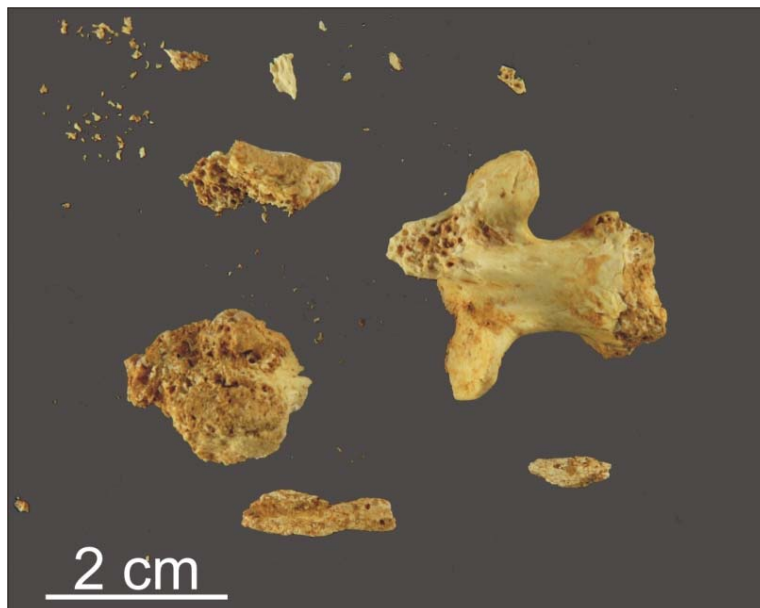


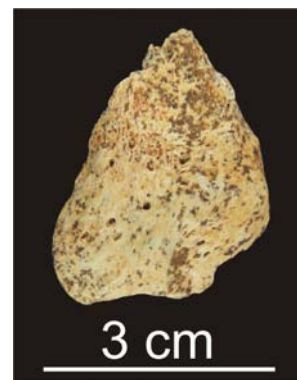
Figura 179. Vértebra ATD6-150 antes, durante y después de la restauración.

Estado final

La vértebra queda limpia y mecánicamente estable. Quedan un par de esquirlas sueltas (probablemente no pertenecen al fósil).

ATD6-151 Fíbula

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-F12-191



Descripción del fósil

Dimensiones: 30 x 22 x 15 mm

Fragmento de epífisis distal de fíbula.

Estado inicial

En una sola pieza, con bordes de fractura reciente (podría faltar parte). Con escasos restos de sedimento suelto; el hueso estaba ligeramente inconsistente.

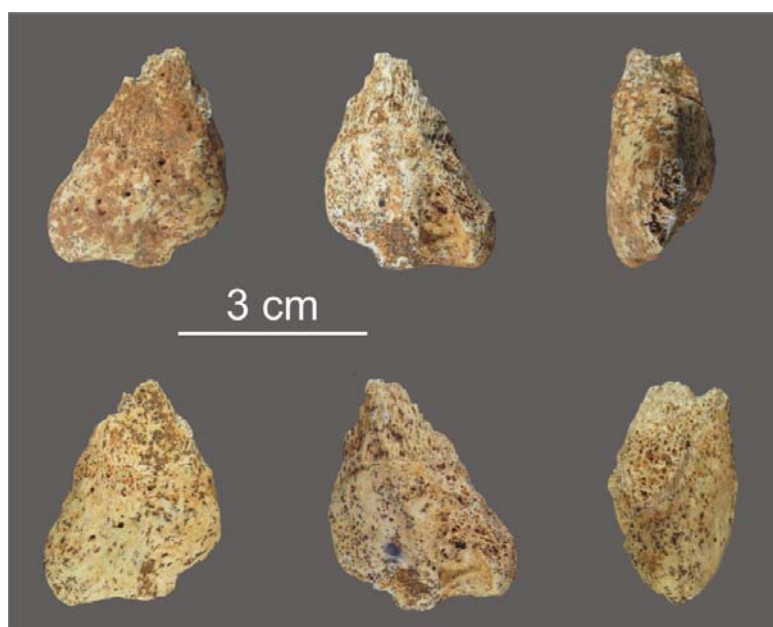


Figura 180. Fíbula ATD6-151 antes y después de la restauración.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: mayo de 2012

Resumen de la intervención: lavado con agua y pincel; consolidado con Paraloid B72.

Este fósil tan sólo se lavó con agua destilada y pincel (apenas estaba sucio).

Se consolidó por inmersión en Paraloid al 3% en acetona.

ATD6-152 Costilla

Sigla de campo: ATA07-TD6-2-G14-35



Descripción del fósil

Costilla. Preserva casi todo el cuerpo (aunque no conserva ninguno de los extremos).



Figura 181. Costilla ATD6-152 en el yacimiento
(Foto J.Mestre - G.Capmeny / IPHES).

Estado inicial

La costilla presentaba diversas fisuras de origen diagenético y, además, se fragmentó durante la excavación. Allí se consolidó parcialmente para protegerla y se extrajo por partes, recogiendo también pequeños fragmentos desprendidos. La cara inferior de la costilla (que es la superior de la excavación) (Figura 183), fue la que más sufrió durante la excavación, especialmente en uno de sus extremos (el vertebral), donde se acusan las mayores pérdidas de material. Su mal estado de conservación apenas permitía manipularla antes del tratamiento.



Figura 182. Costilla ATD6-152 en el yacimiento.

A la izquierda, el último fragmento que se recuperó. A la derecha, la costilla recién excavada, con todos los fragmentos grandes en su posición original (Foto J.Mestre - G.Capmeny / IPHES).



Figura 183. Costilla ATD6-152 antes de la restauración.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: junio 2012 – marzo 2013

Resumen de la intervención: limpieza combinada (mecánica, con disolventes y agua); adhesión de fragmentos (con Paraloid B72); reintegración (refuerzo con tejido y con masilla).

La costilla se limpió con un pincel suave con agua y también con acetona, puesto que se le había aplicado consolidante en el campo. Puntualmente, se empleó bisturí para retirar pequeñas concreciones.

Tras la limpieza, se consolidaron las zonas más frágiles: bordes con fracturas recientes y zonas con esponjoso al aire. Se adhirieron los fragmentos con Paraloid B72. Una vez pegada, la costilla no era suficientemente resistente, por lo que se reforzó con dos materiales diferentes: en la zona de unión de dos de los fragmentos del cuerpo (Figura 184), se rellenó con masilla sintética (Modostuc, reversible en acetona); mientras que, para reforzar los dos extremos, se usó un tejido de vidrio fino (gramaje: 48gr/m²) adherido al hueso con Paraloid (Figura 185).



Figura 184. Costilla ATD6-152 durante la restauración (detalle).

En la zona central de esta imagen, puede verse una laguna originada por la pérdida de un fragmento. Esta laguna se reintegró con masilla Modostuc.

Estado final

Tras el tratamiento, la costilla quedó bastante limpia, estable y en un solo fragmento, aunque quedaron algunos pequeños fragmentos sin adherir por falta de contacto claro.

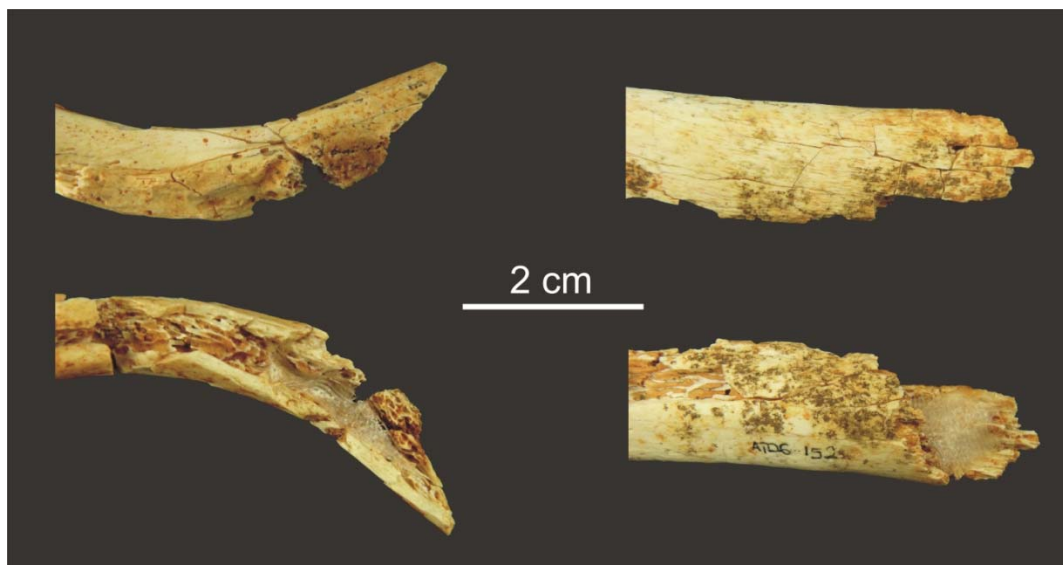


Figura 185. Costilla ATD6-152 durante la restauración: refuerzo con tejido.

Los dos extremos de la costilla se reforzaron con tejido de fibra de vidrio adherido con Paraloid B72 (abajo).



Figura 186. Costilla ATD6-152 restaurada.

ATD6-167 Costilla

Sigla de campo: ATA95-TD6-G17-187¹



Descripción del fósil

Fragmento de cuerpo de costilla.

Estado de inicial

La costilla llega ya adherida y bastante limpia. Está formada por cuatro fragmentos, aparentemente de fractura reciente. No parece consolidada.

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: re-tratamiento (llega ya pegada, seguramente debió limpiarse)

Fecha: abril 2013

Resumen de la intervención: limpieza mecánica (bisturí); adhesión de uno de los fragmentos (con Paraloid B72).

Se remata la limpieza, retirando los escasos restos de sedimento que aún tenía con bisturí. La costilla estaba ya pegada, pero se despegó un extremo para ver si se puede rectificar y mejorar la reconstrucción. Esto se hace aplicando un algodón empapado en acetona durante unos segundos. Después se retiran los restos de pegamento con un pincel y acetona. Se realiza de nuevo la adhesión con Paraloid al que se añade un poco de pegamento lmedio.

¹ Se excavó en 1995. En alguna revisión posterior a la excavación, debió considerarse humana, puesto que se anotó en la hoja de campo que lo era. Sin embargo, no aparece en ninguna de las publicaciones en las que se presentaron los restos de H. Antecesor.

Estado final

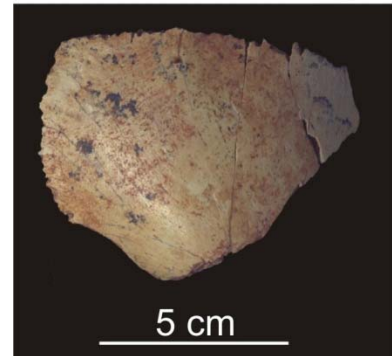
Tras el tratamiento, la costilla quedó bastante limpia, estable y adherida (en un solo fragmento). A pesar de que se despegó un fragmento para intentar mejorar la reconstrucción, no parece haberse logrado una mejora considerable. El contacto de estos dos fragmentos no permite reconstruir mejor el fósil.



Figura 187. Costilla ATD6-167 antes y después de la restauración
El fragmento del extremo se despegó para intentar mejorar la reconstrucción.

ATD6-168

Sigla de campo: ATA03-TD6-2-G15-76



Descripción del fósil

Fragmento de parietal que pega con otro fragmento (ATD6-100) recuperado en la siguiente campaña, en 2004¹.

Estado inicial

ATD6-168 estaba en dos piezas, separadas por una fractura reciente originada durante la excavación. El fragmento de menor tamaño estaba completamente incluido en sedimento y sólo podía verse el borde de fractura. El fragmento mayor tenía su cara interna en contacto con el bloque de sedimento con el cual se extrajo, mientras que la cara externa estaba prácticamente descubierta del todo; en esta se había aplicado consolidante en el campo (Paraloid B72 en acetona).

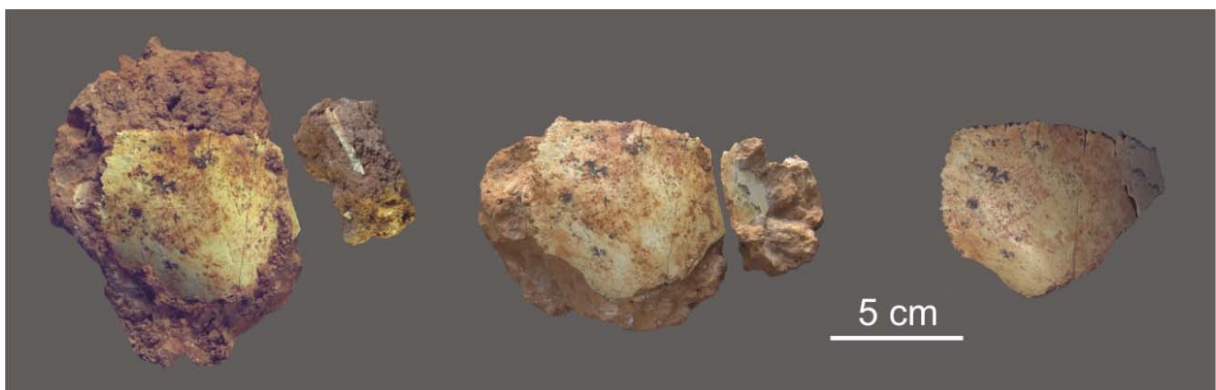


Figura 188. Parietal ATD6-168 antes, durante y después de la restauración.

¹ La reconstrucción hecha con los dos fragmentos se encuentra en la ficha de ATD6-100.

Además de los exámenes organolépticos habituales para evaluar el estado de conservación y del análisis de la superficie con la lupa binocular, de este fósil se hicieron tomografías (TAC)² (Figura 189). Este fragmento craneal está especialmente documentado en parte porque fue, junto a la mandíbula ATD6-96, uno de los primeros restos humanos de la segunda etapa de excavación, y ambos se incluyeron en un trabajo de investigación de predoctoral³.

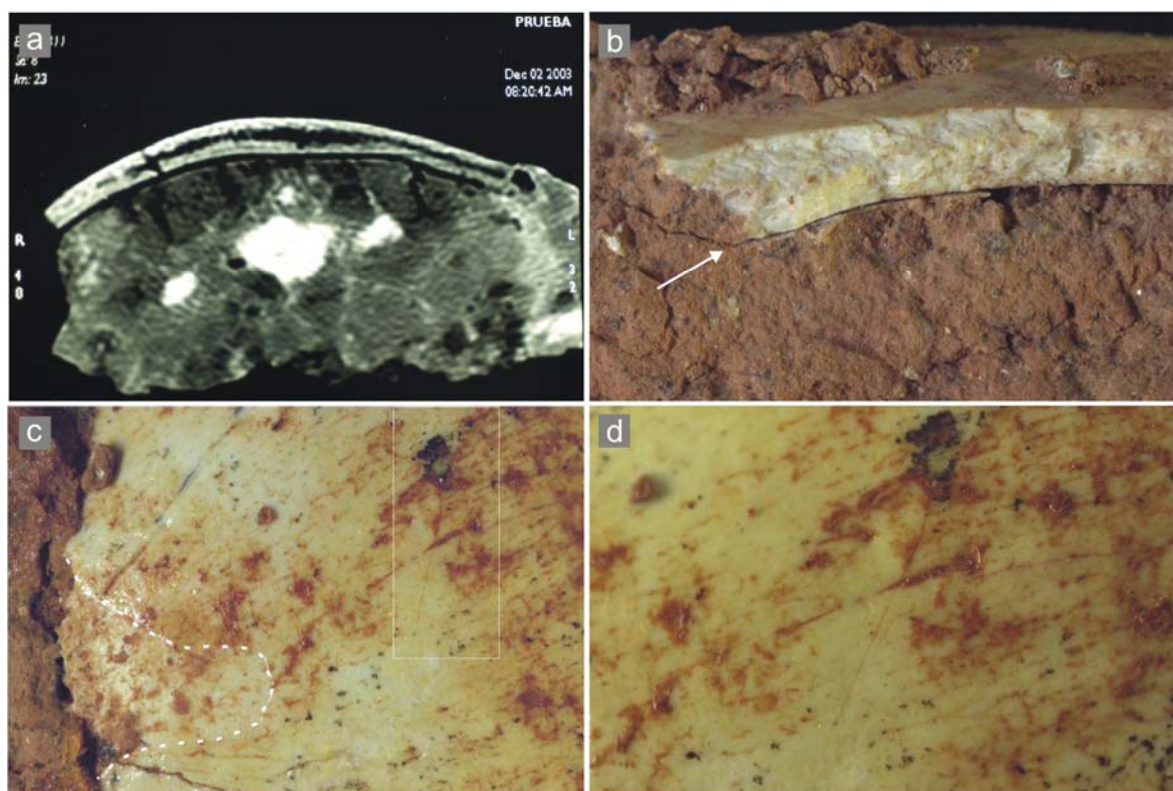


Figura 189. Parietal ATD6-168 antes de la restauración.

Una de las imágenes obtenidas mediante TAC en la que puede verse la separación entre el fósil y el sedimento que se daba en algunas áreas; separación señalada también en la imagen *b*. Abajo (*c* y *d*), imágenes de detalle del barrido fotográfico inicial. En *c* Puede apreciarse la diferencia entre la superficie consolidada y la que, accidentalmente, quedó sin consolidar (marcada por la línea discontinua); también se enmarca (rectángulo) la marca de corte ampliada en *d* (Fotos A.Ollé).

² Se hizo TAC sólo del fragmento de mayor tamaño de ATD6-168. Este análisis se hizo porque la restauración de este fósil coincidió en el tiempo con el de la mandíbula ATD6-96. De otra manera, probablemente no se habría hecho dado que no era imprescindible para la evaluación del estado de conservación.

³ López-Polín (2004): La metodología de restauración de restos óseos pleistocenos y su aplicación en la intervención sobre dos fósiles humanos del nivel TD6 de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos). Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

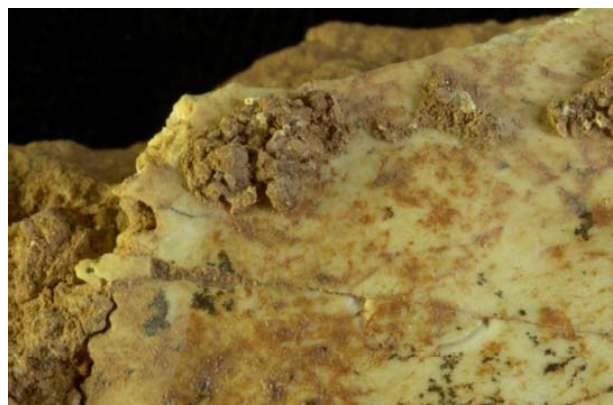
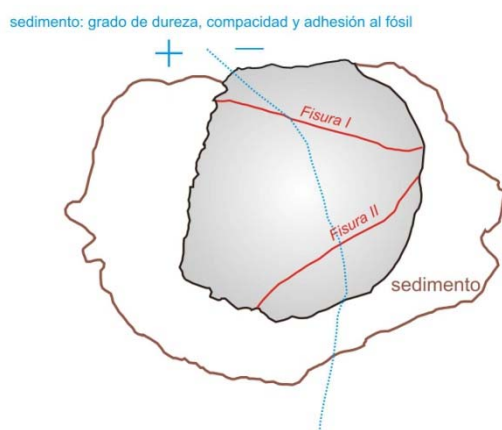


Figura 190. Parietal ATD6-168 antes de la restauración: estado de conservación.

A la izquierda, dibujo que resume los problemas fundamentales del fósil: en una zona (“+”) el sedimento estaba fuertemente adherido al fósil; además, dos fisuras lo atravesaban por completo. A la derecha, imagen de detalle en la que se aprecia una de las fisuras (corresponde al área del recuadro del dibujo de la izquierda).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: diciembre 2003 - mayo de 2004

Resumen de la intervención:

Fragmento grande.- Primero se retiró el consolidante sólo de los bordes del fósil, dejando el resto para que sirviera de refuerzo durante la retirada del sedimento. Esto se hizo aplicando en el borde apósitos de papel empapados de acetona y retirando a continuación el consolidante y parte del sedimento con un palillo de madera. Eliminado el consolidante del borde, se quitó el sedimento mecánicamente: con un palillo de madera cuando fue posible y, en las zonas duras, con bisturí. Para ablandar un poco el sedimento, se iba mojando con agua, alcohol o una mezcla de ambos (1:1) según las necesidades. Gran parte del sedimento salió con facilidad, mientras que otra parte, más duro y más fuertemente unido al fósil (Figura 190), requirió más insistencia y presión; de hecho, durante el proceso el fósil se separó por una de las fisuras preexistentes (fisura II, Figura 190).

Una vez retirado el sedimento, se eliminó el Paraloid aplicado en el campo en la cara externa del fósil con una mezcla de xileno y alcohol (aplicado con pincel suave y una torunda de algodón para acabar de retirar el consolidante).



Figura 191. Fragmento de parietal ATD6-168 durante la restauración.

Fragmento pequeño.- Esta pieza se hallaba completamente incluida en sedimento duro, compacto y fuertemente unido al fósil, que se retiró íntegramente con bisturí.

Una vez limpios, los dos fragmentos se unieron con Paraloid B72 (aplicado al 50% en una mezcla 1:1 de acetona y xileno). No fue necesario consolidarlos.

Estado final tras el tratamiento

En 2004 se recuperó un fragmento que contactaba con este y que se unió (ver ficha de ATD6-100).

ATD6-308 Costilla

Sigla de campo: ATA95-TD6-t40-41-H16-223



Descripción del fósil

Fragmento posterior de una costilla. Conserva la cabeza, cuello y tubérculo, y continúa hasta aproximadamente el ángulo.

Esta costilla se recuperó en la excavación de 1995, no se había publicado su descripción detallada, aunque sí que se encontraba en un listado publicado¹. En 2006 se encontraba entre los restos óseos de TD6 (aunque no entre la colección de fósiles humanos). En la bolsa tenía, además de la sigla de campo, la sigla ATD6-308 rotulada (Figura 192).

Tal como se encontró, en dos bolsas, estaría compuesta por dos registros con coordenadas ligeramente diferentes (H16-223 y H16-237). Sin embargo, al revisar la documentación², se consideró que todo el fósil debía ser el número 223, que es la sigla que se han mantenido.

Estado inicial

En tres fragmentos. Uno de ellos, el que contiene el tubérculo -de los tres, el central-, se encontraba adherido a un pequeño bloque de sedimento (Figura 192, derecha); los otros dos sueltos. Todas las piezas se encontraban en buen estado, sin fisuras y consistentes. A parte del fragmento adherido al bloque de sedimento, no presentaban apenas restos de concreciones adheridas a la superficie.

¹ En Fernández-Jalvo et al. 1999 aparece en el listado dos fósiles la sigla ATD6-308 relacionada con “una cabeza y una diáfisis de costilla”. Sin embargo, la costilla no aparece después ni en la primera publicación específica sobre el esqueleto axial de *H. antecessor* (Carretero et al., 1999) ni en ninguna otra. Ver apéndice II.

² Los fragmentos se hallaron en dos bolsas diferentes (ATA95-TD6-H16-223 y H16-237, Figura 194). Según esto, este fósil estaría compuesto por elementos coordinados y registrados por separado. Sin embargo, al revisar las hojas de campo se vio que el registro H16-223 (en teoría, el de la izquierda en la Figura 194) ponía “3 fragmentos, concrecionado”. Además el dibujo de campo corresponde claramente al fragmento con la cabeza de la costilla. Así, se ha dejado como H16-223.

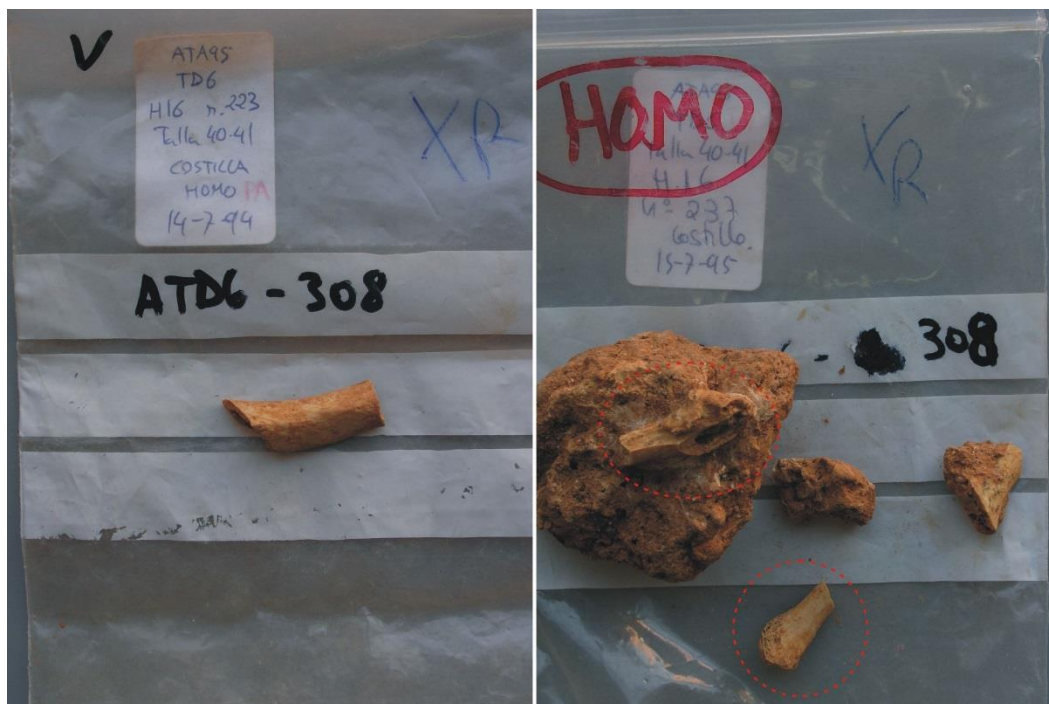


Figura 192. Costilla ATD6-308 con los fragmentos sobre sus bolsas originales.

Así se encontró este fósil durante la revisión de material de las campañas antiguas (1994-96) realizada en diciembre de 2006. A la izquierda, uno de los fragmentos. A la derecha, se ven 4 fragmentos; los que pertenecen a la costilla son los señalados por el círculo (el de la cabeza y el tubérculo).

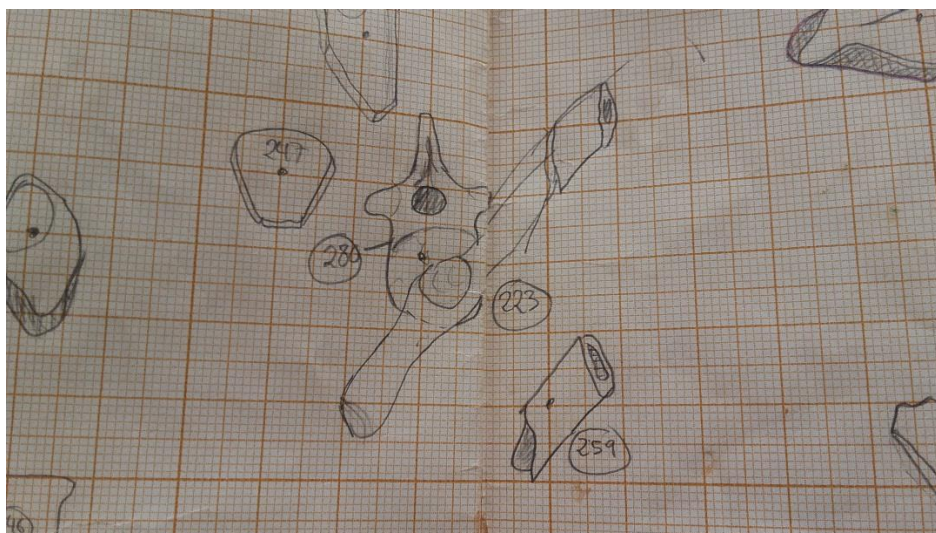


Figura 193. Dibujo de campo del cuadro H16.

En el centro, la costilla (número 223).

Tratamiento de restauración

Tratamiento realizado: primera intervención de restauración

Fecha: febrero 2013

Resumen de la intervención: limpieza combinada (mecánica, con disolventes y agua) y adhesión de los dos fragmentos (con Paraloid B72).

El fragmento adherido al sedimento se separó con vibroincisor. Tras ello, esta y el resto de las piezas, se lavaron con agua desmineralizada y pincel suave, ya que apenas tenían sedimento en la superficie. Excepto en el fragmento que contenía la cabeza, en los otros dos se repasó la limpieza con bisturí, tan sólo en algunos puntos con concreciones. Para la limpieza con bisturí, se trabajó a ratos con lupa binocular.

No se consolidó puesto que no se consideró necesario. Los tres fragmentos se adhieren con Paraloid B72 (en acetona).

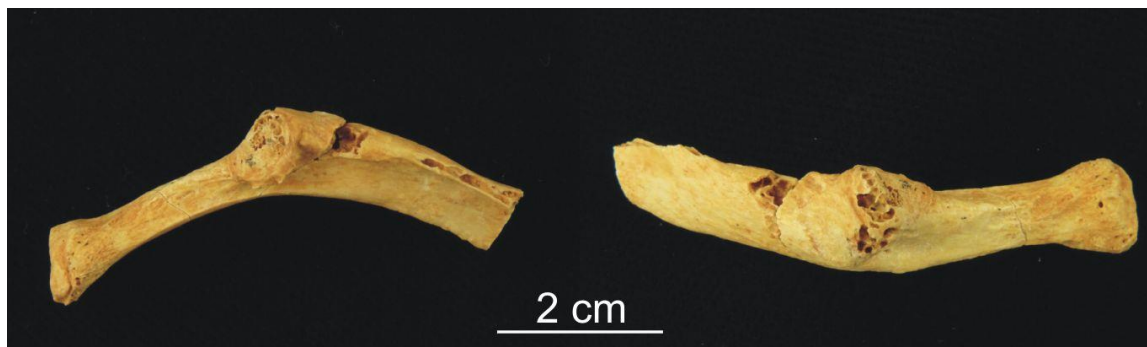


Figura 194. Costilla ATD6-308 restaurada.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE RESTAURACIÓN DE RESTOS ÓSEOS PLEISTOCENOS.

EL TRATAMIENTO DE LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6 (GRAN DOLINA, SIERRA DE ATAPUERCA)

Lucía López-Polín D'Olhaberriague