

ESTUDIO, CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MATERIAL ÓSEO: UNA COSTILLA DE CETÁCEO PROCEDENTE DEL YACIMIENTO CALCOLÍTICO DE SANXO LLOP (GANDIA)

Giulia Cernieri, Trinidad Pasías Oviedo y Begoña Carrascosa Moliner

ABSTRACT

The study presents the intervention of the conservation and restoration of a cetacean rib bone found in 2016 in the Chalcolithic archaeological site of Sanxo Llop, Gandia. The operations for the conservation of the large marine mammal bone was carried out in the laboratory of the Prehistoric Museum of Valencia. There, the collaboration with an interdisciplinary team facilitated the study of this archaeological find and the discovery of the correct restoration procedure. The main objective was to develop a valid method that permitted minimal intervention and gave maximum respect to the materials. This investigation has a specific importance for the analysis of the relations between humans, animals, environment and nutritional resources.

INTRODUCCIÓN

La costilla de cetáceo tratada procede de la excavación llevada a cabo en 2016 en el yacimiento de Sanxo Llop (Gandia). Los restos óseos fueron hallados en el interior de un silo destinado a vertedero de desechos, en un entorno datado en el III milenio a.C. En otras excavaciones efectuadas en la zona, se han sacado también a la luz restos de cetáceos, entre los cuales fragmentos de vértebras con marcas de uso de origen antrópico (Pascual Benito, 2011: 209) y restos de un delfín (Pascual Benito y Marlasca, en este volumen). El hallazgo de este tipo de restos es esporádico, y la escasez de pruebas arqueológicas en relación al aprovechamiento de los recursos marinos hace necesario su estudio para el avance de las investigaciones de las

comunidades prehistóricas que habitaron la desembocadura del río Serpis. El conservador-restaurador reviste un papel central en el proceso de investigación arqueológica, ya que prepara los restos para el posterior estudio por parte de arqueólogos y zooarqueólogos. Con esta perspectiva, ha sido imprescindible la colaboración interdisciplinar con los técnicos del SIP (Servei d'Investigació Prehistòrica) y del Museu de Prehistòria de València (MPV), la cual ha permitido establecer una metodología de trabajo respetuosa en todas las fases de la intervención.

Los procesos de conservación y restauración, llevados a cabo con el objetivo de permitir el estudio científico de los restos y su exposición en el MPV, se fundamentan en el diagnóstico de los deterioros, los criterios de respeto hacia el original, reversibilidad y reconocimiento de las intervenciones. Tras haber analizado el estado de conservación, se realizaron las intervenciones de restauración que se pueden resumir en extracción, limpieza, consolidación, montaje, aplicación de refuerzos y reintegración cromática.

HUESOS DE MAMÍFEROS MARINOS

El hueso es el tejido conjuntivo con función metabólica y mecánica más duro del organismo de los vertebrados. Se trata de un sistema biodinámico y heterogéneo caracterizado por su naturaleza mixta. La fracción orgánica del hueso se compone principalmente de colágeno, más otras proteínas, grasas y células óseas, mientras que la fracción inorgánica se compone en su mayoría de hidroxapatita (fosfato tricálcico), y en menor cantidad de carbonato cálcico, además de sulfatos, fluoruros e hidróxido de magnesio en pequeñas fracciones (García y Flos, 2008). En la estructura ósea se pueden diferenciar dos tipos de hueso según la modalidad de organización de la matriz orgánica: el tejido compacto y el tejido esponjoso (Laborde, 1986). El tejido compacto se sitúa en el exterior del hueso y se caracteriza por una distribución concéntrica de las láminas óseas que forman la estructura de las osteonas. Estas presentan un canal interno responsable de la porosidad de este tejido (Godefroit y Leduc, 2008). En el interior del hueso se encuentra el tejido esponjoso, el cual se caracteriza por una estructura trabecular irregular, que forman los canales vasculares y proporcionan el aspecto esponjoso (Sease, 1994: 48).

Según la forma de cada hueso estos se clasifican en largos, cortos o irregulares (Padilla, 2015). Solo los huesos largos tienen en su interior la cavi-

dad medular, mientras que los huesos cortos e irregulares presentan tejido esponjoso en todo el volumen interno, el cual está rodeado por una fina capa de tejido laminar compacto. Desde un punto de vista físico, las principales características del material óseo son su gran porosidad, higroscopicidad y anisotropía. La porosidad, que deriva de la misma estructura de los huesos, influye en la capacidad de intercambio de humedad por capilaridad con el ambiente (Padilla, 2015), mientras que la anisotropía, que depende de la organización a nivel microscópico, afecta la capacidad de deformación del hueso de manera desigual en los diferentes planos, según sea la dirección de aplicación de una fuerza externa (Cronyn, 1990).

Los huesos de cetáceos se diferencian, respecto a los de los mamíferos terrestres, en las modificaciones debidas a la evolución y a la adaptación a la vida en ambiente marino. Son más porosos y, aunque se dé la presencia de tejido cortical externo, la transición entre tejido compacto y esponjoso no es tan neta como en los huesos de mamíferos terrestres, a causa de la variación de densidad del mismo tejido trabecular (Pétillon, 2008). No presentan cavidad medular interna, y los intersticios de las trabéculas internas están rellenos de grasas que permiten el balance hidrostático. En cuanto a las costillas, estas forman parte del esqueleto axial y pueden mostrar una gran variedad en número y morfología. La primera costilla suele ser la más corta, creciendo en tamaño hasta aproximadamente la quinta, la cual es la más larga. Al igual que por el tamaño, pueden variar las modalidades de articulación tanto con las vértebras como con el esternón. El número de pares de costillas que se articula con el esternón varía con las especies; generalmente en los odontocetos son más de tres, mientras que en los mysticetos suele ser solo la primera (Wilkie, 1988).

DEGRADACIÓN DEL MATERIAL ÓSEO EN CONTEXTO ARQUEOLÓGICO TERRESTRE

Los procesos de alteración del hueso dependen tanto de sus propiedades químico-físicas como de las condiciones ambientales en las que se encuentra el material. Mientras se adapta al ambiente de conservación, el hueso sufre una serie de alteraciones hasta alcanzar el equilibrio con el entorno. En la vida de estos materiales se pueden identificar tres fases diferentes, a las cuales se asocian diferentes factores de degradación (Carrascosa et al., 2009: 380-381):

I fase

Corresponde a la vida y uso de los objetos. En el caso de los restos de fauna esta fase se identifica con la vida del animal, de la cual dependen las características intrínsecas del hueso en base a su edad, alimentación y salud. Una vez fallecido el animal, se pueden ocasionar alteraciones de origen antrópico causadas por el uso y manipulación del material, además de deterioros por acción natural como rupturas, desgastes, erosión o biodeterioro en fase de abandono (García-Galán, 2005; Nielsen-Marsh et al., 2000).

II fase

Corresponde al periodo en el cual los restos óseos se encuentran enterrados en el subsuelo tras su abandono. En esta fase, los deterioros dependen de factores físicos, químicos y biológicos. El suelo es un ambiente estable, caracterizado por la ausencia de luz, aireación limitada y niveles de humedad relativa y temperatura relativamente constantes (Carrascosa et al., 2009: 381). Cambiando las condiciones de conservación, se provocan en el hueso una serie de modificaciones que pueden ser muy rápidas y destructivas en los primeros periodos del enterramiento. Estos procesos dependen prevalentemente de las características del suelo, que los hacen más o menos propicios al desarrollo de reacciones de degradación. Las alteraciones comienzan con la descomposición, por actividad microbiana, de los tejidos blandos que acompañan al hueso. Aunque se mantengan las características físico-químicas (Nielsen-Marsh et al., 2000: 441), se pueden encontrar rastros de acción microbiana bajo forma de manchas de diferente coloración y tamaño en la superficie ósea (Cronyn, 1990). A la acción biológica de los microorganismos, se añade también la acción de las plantas superiores, que con sus raíces pueden causar daños como grietas, fisuras y marcas vermiculares superficiales.

Durante la fase de enterramiento se pueden producir también alteraciones cromáticas al entrar el hueso en contacto con compuestos externos, que causan la aparición de manchas superficiales debido a la porosidad del material. De igual modo, los daños físicos más frecuentes son los que se deben a la presión, peso y movimiento del sedimento, pudiéndose ocasionar fisuras, fracturas y deformaciones (López-Mata, 2003: 25). La misma textura y grado de compactación del sedimento pueden ser factores deter-

minantes para la conservación de restos con características específicas: los huesos de gran tamaño tienden a conservarse mejor en terrenos de grano grueso y poco compactado, mientras que los suelos de grano fino y compactado favorecen la conservación de huesos planos y de dimensiones reducidas (López-Mata, 2003: 25; Bouzas y Laborde, 2003: 271). El tipo y grado de compactación del terreno influye también sobre el contenido de oxígeno, el cual es responsable de las alteraciones por oxidación y favorece la proliferación microbiana (Cronyn, 1990).

Otro factor relevante para el deterioro del material óseo es la presencia de agua en el subsuelo. Altos contenidos de agua pueden producir la descomposición de la fracción inorgánica del hueso y, consecuentemente, la exposición y deterioro de la fracción orgánica por ataque microbiano y la hidrólisis de la oseína (Nielsen-Marsh et al, 2000; Bouzas y Laborde, 2003, 271). La parcial disolución de los minerales presentes en la estructura ósea causa un incremento de la porosidad de los tejidos facilitando el desarrollo de ulteriores disoluciones (Nielsen-Marsh et al, 2000: 443). Siendo un agente químico, la humedad puede producir daños favoreciendo las reacciones y la proliferación de microorganismos (Cronyn, 1990), además de facilitar el intercambio iónico entre el terreno y los iones activos de la hidroxiapatita. Si en el terreno hay una fuerte presencia de iones CO_3^{2-} , el carbonato exógeno puede contaminar al hueso, manifestándose como calcita cristalizada en los poros (Nielsen-Marsh et al., 2000: 446). Otras sales solubles, móviles en medio acuoso, pueden ser absorbidas por capilaridad. En temporadas secas estas sales cristalizan en el interior de los poros del hueso aumentando su volumen y produciendo daños mecánicos como descamaciones o pulverizaciones (Cronyn, 1990: 23). En cambio, suelos con contenido moderado de humedad, pueden favorecer la conservación del material, aunque también condiciones de extrema sequedad influyen sobre el contenido intrínseco de agua de la estructura produciendo deshidratación, grietas y fisuras (López-Mata, 2003: 26).

Por último, el pH del terreno es otro parámetro muy importante en el proceso de degradación del material óseo. Si bien el hueso, por su doble naturaleza, puede conservarse en casi todo tipo de suelo, un pH muy ácido puede deteriorar la matriz inorgánica volviendo el material flexible y elástico, mientras que un pH muy alcalino puede hidrolizar la matriz orgánica dejando los restos friables y frágiles (Porto, 2000: 25; Cronyn, 1990: 277).

III fase

La tercera fase de la vida de los restos óseos empieza con su hallazgo. Durante el proceso de excavación se modifican drásticamente las condiciones de conservación en las que los restos han quedado durante largo tiempo. Los restos pasan a un ambiente aéreo caracterizado por fluctuaciones de temperatura, humedad e irradiación de luz, y se rompe el equilibrio alcanzado que ha permitido su conservación. El mayor riesgo que los restos osteológicos sufren durante esta fase reside en los cambios bruscos de los parámetros ambientales. Si el hueso se encuentra en un terreno húmedo, al entrar en contacto con el aire se produce una pérdida brusca en el contenido de agua, por lo cual se producen grietas, descamaciones y exfoliaciones de la superficie cortical (García-Galán, 2005: 357). Al mismo tiempo, se puede producir la recristalización de las sales solubles que llevan a la formación de costras superficiales y daños mecánicos (Gallardo, 2001). La presencia de humedad y los altos niveles de oxígeno, favorecen el ataque biológico por parte de microorganismos, así como las reacciones químicas que puedan ocasionarse por la presencia de contaminantes atmosféricos (Cronyn, 1990: 31). Por último, la radiación solar genera no solo cambios cromáticos y decoloraciones, sino que puede producir un aumento de la temperatura, la cual permite un más rápido desarrollo de las reacciones de alteración (López-Mata, 2003: 25).

Las intervenciones de conservación *in situ* tienen como fin último hacer que estos procesos ocurran lo más lentamente posible, limitando las fuentes de deterioro (Cronyn, 1990: 29). Es buena norma no dejar durante mucho tiempo los restos expuestos en el terreno de excavación sin tomar las debidas medidas de protección y planificar su extracción en breve. También cabe destacar que las medidas de conservación *in situ* y la aplicación de cualquier material para la consolidación deberían ser lo más limitadas posibles, ya que el ambiente de excavación no es un ambiente de trabajo estable donde se puedan aplicar tratamientos definitivos. Cualquier intervención sobre material en mal estado de conservación debería ser realizada por un técnico de restauración cualificado, que pueda establecer unas pautas generales y un protocolo de rescate para reducir los riesgos relacionados con la extracción y manipulación de los restos.

EL MUSEU DE PREHISTÒRIA DE VALÈNCIA: INTERDISCIPLINARIEDAD Y CONSERVACIÓN

El SIP y el MPV son instituciones de carácter científico que se ocupan de la investigación y la preservación del patrimonio arqueológico de la Comunidad Valenciana. La estructura interna de estas instituciones permite el desarrollo de numerosas tareas relacionadas con el estudio y la valorización del patrimonio gracias a una colaboración interdisciplinar constante. Esto se refleja también en las modalidades de trabajo del laboratorio de restauración del museo que, en el desarrollo de sus funciones, colabora con los diferentes especialistas y el personal técnico de la institución. El papel del restaurador es fundamental, siendo su tarea principal la conservación y la restauración de los bienes que proceden de las excavaciones o que pertenecen a los fondos del museo. Gracias a su trabajo se hacen posibles tanto los estudios arqueológicos posteriores como la exposición y difusión de los restos con valor didáctico y científico.

La colaboración interdisciplinar con los arqueólogos es continua y empieza directamente in situ con las operaciones de recuperación de los restos que requieren un cuidado especial por su estado de conservación o por su tamaño. La presencia del restaurador en el yacimiento permite establecer una estrategia de conservación idónea desde los primeros momentos del hallazgo, pudiéndose realizar con margen de seguridad los procesos de consolidación, extracción y transporte (Pasíes y Sanchis, 2012). En el caso de los restos osteológicos, las fases de restauración en el laboratorio se apoyan constantemente en la colaboración con los técnicos del gabinete de fauna cuaternaria del mismo museo. Esta colaboración permite obtener, a través de un enfoque arqueológico y paleontológico, informaciones relevantes sobre las características de los huesos, su morfología o sus posibles alteraciones. Además, los datos aportados por el arqueozoólogo influyen sobre el proceso de toma de decisiones, ya que la caracterización de las especies y la información científica que los huesos proporcionan influyen sobre el grado de las intervenciones y sobre los objetivos que se quieren alcanzar con estas.

En el proceso de consolidación se valora en equipo cuándo y cómo se debería llevar a cabo, ya que se trata de un proceso que altera el estado físico del material y, por tanto, puede dificultar el estudio de la superficie o alterar el resultado de los análisis (López-Polín, 2012). Por otra parte, la limpieza de los restos permite descubrir las pruebas que estos contienen, y mantenién-

dolas en buenas condiciones se ayuda a su estudio por parte de los especialistas de las diferentes ramas científicas. Durante la limpieza es necesario extremar las precauciones, actuando de forma gradual y controlada, para evitar la pérdida de informaciones valiosas y marcas indicadoras de actividad antrópica, las cuales son de gran interés arqueológico. La ayuda del arqueozoólogo es de gran importancia en esta fase de la intervención, porque indica hasta dónde se puede llegar sin comprometer la información que los restos aportan. En el caso de restos englobados en matriz o con fuertes concreciones que ocultan su superficie original, la limpieza se lleva a cabo empleando ejemplares osteológicos de referencia de la colección del gabinete de fauna cuaternaria. Esta herramienta es de gran utilidad para el éxito de las intervenciones, ya que permite reconocer la morfología estructural de los restos, ayudando además en la fase de montaje y reconstrucción. Para que los restos puedan ser estudiados desde el punto de vista anatómico, es importante no desvirtuar las mediciones morfométricas; por ello, el auxilio de estos ejemplares de referencia ayuda en la búsqueda de fragmentos y en su posterior montaje. Además el arqueozoólogo, discerniendo entre fracturas antiguas y nuevas, decide cuándo es recomendable o no efectuar la reconstrucción (Pasíes y Sanchis, 2012).

Para el proceso de intervención de la costilla tratada no se ha podido emplear ningún ejemplar de referencia porque la colección no cuenta con restos de cetáceos. A falta de elementos guía ha sido necesaria una intensa colaboración con el gabinete de fauna del museo, gracias a la cual ha sido posible llevar a cabo los procesos de limpieza y reconstrucción de manera segura. Por último, el proceso de reintegración de los restos se ha realizado teniendo en cuenta la función y el destino final de la pieza, siempre teniendo como principio fundamental la mínima intervención y el respeto al original. Las reintegraciones se han efectuado solo con carácter de refuerzo para dar consistencia estructural a la pieza, dando en todo momento prioridad a la dimensión científica y didáctica de los restos.

ESTADO DE CONSERVACIÓN

En el momento de su descubrimiento la costilla se encontraba en un estado de conservación lamentable. A causa de las condiciones en las que había estado conservada y del peso del sedimento durante el periodo de enterramiento, se habían producido deformaciones, numerosas fracturas y fisuras.

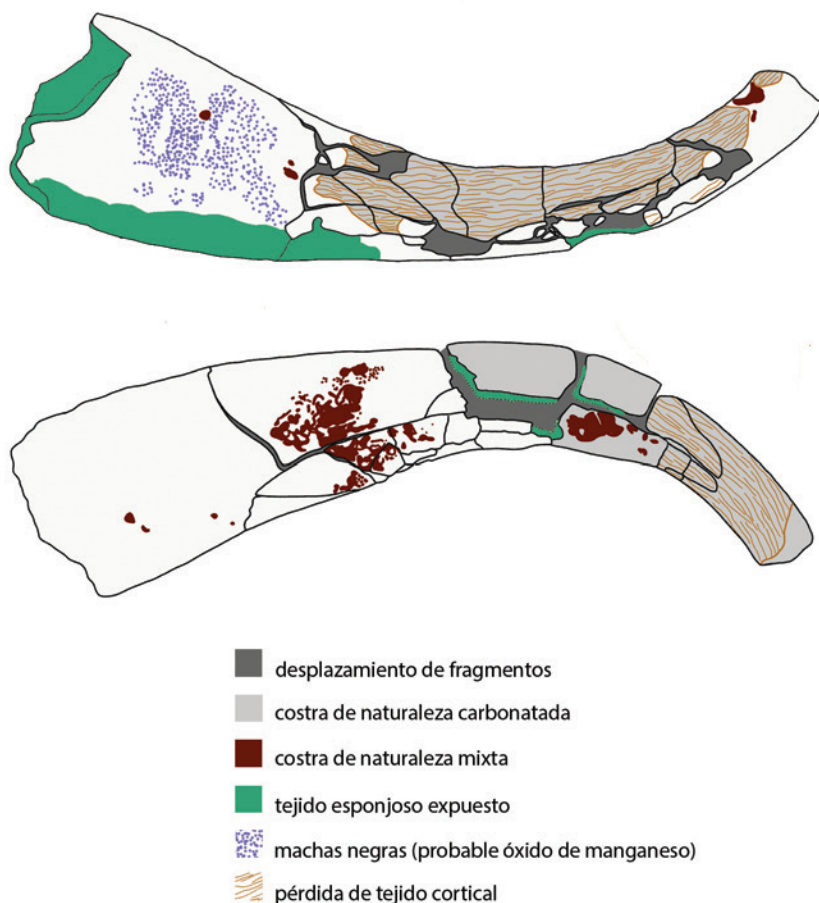


FIGURA 1. Mapa de deterioros encontrados en el examen diagnóstico organoléptico.

A través de estas fracturas, se había producido la entrada de tierra dentro de la estructura del hueso, la cual se presentaba muy erosionada, mostrándose el tejido esponjoso muy deteriorado y, en algunas zona, totalmente destruido. Algunos de los fragmentos centrales se habían desplazado, mientras que otros que se situaban en las extremidades distales y proximales y formaban las articulaciones, se habían separado con respecto al cuerpo de la costilla. A causa de la erosión, se había perdido de forma parcial la cortical, por lo cual en algunas zonas se había producido el afloramiento del tejido

esponjoso subyacente y de la parte más interna del tejido compacto, caracterizado por una textura con surcos y relieves de las estructuras de las osteonas. A través de un análisis específico se identificaron concreciones de naturaleza carbonatada y mixta íntimamente adheridas a la superficie del hueso. Por último, se encontraron diminutas manchas puntiformes de color negro, trazas de un posible contacto con óxidos de manganeso, aunque a falta de datos analíticos no es posible averiguar con seguridad la causa de este deterioro (figura 1).

INTERVENCIÓN *IN SITU*

Extracción

Para la extracción se empleó el método de cama rígida, que consiste en la aplicación de varias capas de refuerzo hasta obtener una estructura compacta que permita el levantamiento de los restos con seguridad. En primer lugar se aplicó un engasado con adhesivo vinílico al 30% sobre la superficie ósea previamente limpia. Una vez seco el adhesivo, se superpuso una capa de protección de papel de aluminio y se reforzaron los bordes y el perímetro de los restos que quedaban expuestos con la misma tierra del yacimiento. Encima del papel de aluminio se aplicó espuma de poliuretano expandido hasta recubrir totalmente la superficie (figura 2) y, una vez fraguada la espuma, se separó la costilla del terreno con una espada metálica. La espada fue introducida por percusión debajo de la estructura que englobaba los restos y se dejó, como margen de seguridad, una capa de terreno de



FIGURA 2. Foto de la costilla in situ (A) y aplicación de la espuma de poliuretano expandido para la estructura de extracción (B). (Fotografía: Archivo fotográfico MPV).

excavación de unos 10 cm aproximadamente. Levantando la estructura manualmente, fue posible insertar debajo de esta una tabla de madera fijada con cinchas, gracias a la cual se pudo dar la vuelta. Habiendo garantizado la estabilidad de los restos, se transportaron al laboratorio de restauración del MPV, donde se realizaron las posteriores intervenciones de restauración en ambiente controlado.

INTERVENCIÓN EN LABORATORIO

Limpieza

El proceso de limpieza se realizó en diferentes fases: limpieza superficial, eliminación de la estructura de extracción, desinfección y limpieza de fracturas y de tejido esponjoso (figura 3).

La limpieza superficial constó, a su vez, de tres fases diferentes. En primer lugar se eliminó mecánicamente la matriz terrosa que englobaba parcialmente los restos. A través del empleo de herramientas neumáticas, como vibroincisor y microescapelo, fue posible realizar un proceso de microexcavación que permitió reducir las vibraciones transmitidas a los restos, así como la recuperación de fragmentos cerámicos y óseos englobados en la misma matriz. Eliminada esta capa más gruesa de tierra, se limpió paulatinamente la superficie del hueso con métodos físico-mecánicos, empleando una solución hidroalcohólica al 50% aplicada con hisopo. Esta metodología de limpieza se demostró segura y eficaz, permitiendo llevar a la luz la superficie original de los restos. Por último, se eliminaron las incrustaciones

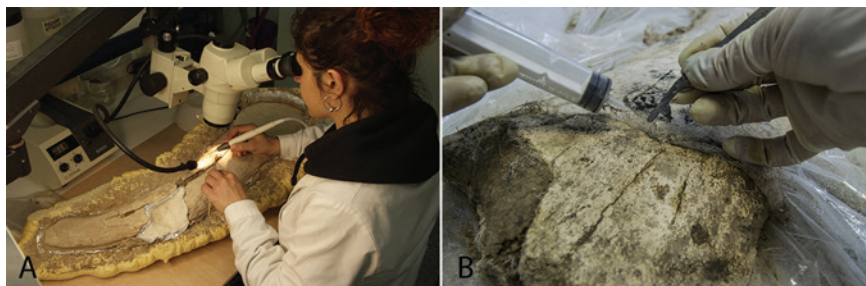


FIGURA 3. Eliminación de las incrustaciones con lápiz de ultrasonido (A) y eliminación del engasado (B). (Fotografía: Archivo fotográfico MPV).

carbonatadas y de naturaleza mixta con lápiz de ultrasonido. Esta herramienta se empleó exclusivamente encima de las costras previamente humedecidas con solución hidroalcohólica, evitando en todo momento dañar la superficie sana subyacente a las incrustaciones.

Acabado el proceso de limpieza de la superficie, se protegieron las fracturas y se dio la vuelta a los restos dentro de una caja de arena recubierta con film de polietileno. Aquí se pudo eliminar con seguridad la estructura de cama rígida con el empleo de herramientas mecánicas. Una vez eliminada la espuma de poliuretano y la capa de papel de aluminio, se encontraron trazas de biodeterioro en la superficie del engasado probablemente causada por la estanqueidad de humedad en el interior de la estructura. Para su desinfección se cepilló suavemente la superficie del hueso con alcohol etílico y, posteriormente, se secó con una muñequilla de gasa y algodón. Al mismo tiempo, se pudo eliminar la capa de engasado levantándola gradualmente con el auxilio de pinzas y espátula, tras haber disuelto el adhesivo con acetona.

A medida que se iba levantando la capa de engasado se limpió la superficie con la misma metodología previamente expuesta y se realizó el desmontaje gradual de los fragmentos para poder limpiar las fracturas, caracterizadas por la presencia de incrustaciones de carbonatos, así como el tejido esponjoso mixto con restos de sedimento que se encontraba en el interior. Empleando herramientas mecánicas, fue posible eliminar el exceso de tierra y salvar las partes que presentaban tejido esponjoso en buen estado.

Consolidación

Debido al deterioro sufrido durante el periodo de enterramiento, algunas zonas de la superficie ósea presentaban una fuerte fragmentación y numerosas fisuras. A medida que se iba eliminando el engasado se realizó la consolidación de las zonas más deterioradas con inyecciones puntuales de Fluoline® A. Este adhesivo fluorado, caracterizado por una buena penetrabilidad y por una óptima reversibilidad, permitió mantener en posición los fragmentos más diminutos y, al mismo tiempo, eliminar los excesos de tierra englobados entre las fracturas. Habiéndose llevado a cabo el desmontaje y la limpieza del tejido trabecular, se consolidó el interior de cada fragmento con Paraloid™ B72, en porcentaje variable entre el 2% y el 5%, según el estado de conservación de cada zona (figura 4).

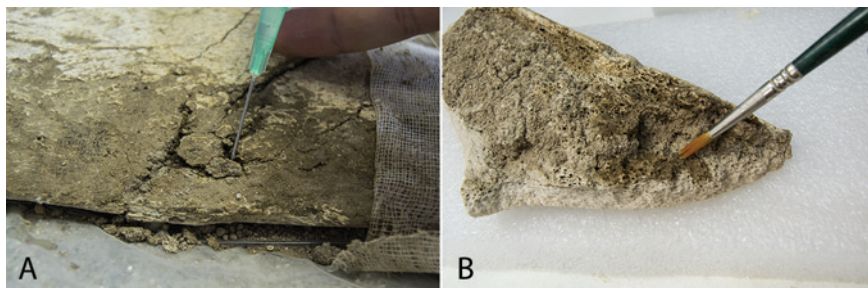


FIGURA 4. Consolidación de la superficie con inyecciones (A) y del tejido esponjoso en el interior de los fragmentos (B). (Fotografía: Archivo fotográfico MPV.).

Reconstrucción

Tras haber tratado de manera aislada cada fragmento, se procedió a la reconstrucción formal. En primer lugar se estableció el correcto orden de montaje para evitar errores durante la fase de adhesión (figura 5). Considerando las características de peso y tamaño de los fragmentos, y la necesidad de llevar a cabo un montaje que minimizase los errores acumulativos debidos a las deformaciones, se eligió como adhesivo la resina epoxi Epo-150® CTS, a la cual se añadió sílice micronizado como agente tixotrópico. Las características de esta resina bicomponente son las de facilitar una adhesión firme y duradera con una aplicación mínima de producto y, al mismo tiempo, permitir corregir la posición de los fragmentos entre sí gracias a su lento fraguado. Los inconvenientes debidos a la cuestionada reversibilidad de la resina fueron minimizados con la aplicación de un estrato intermedio reversible de Paraloid® B72 al 20% en acetona en las fracturas. El montaje de la costilla se llevó a cabo dentro de una caja de arena, procediendo en vertical y respetando la natural curvatura del hueso.

Aplicación de refuerzos y reintegración cromática

Para asegurar la estabilidad estructural de la costilla, después del montaje de todos los fragmentos localizables, se aplicaron refuerzos con una masilla sintética elaborada con Mowital® B6oHH al 20% en etanol, sílice micronizado y microesferas de vidrio. Esta masilla tiene unas óptimas propiedades de reversibilidad, posibilidad de trabajo y acabado, además de demostrarse segura en su aplicación, ya que no aporta humedad al material original, evi-

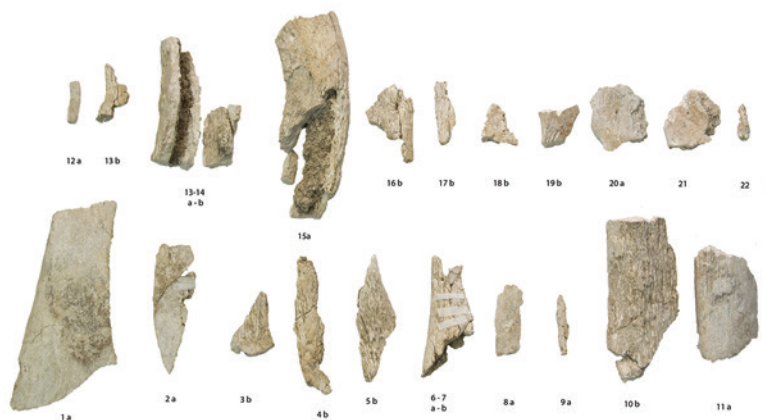


FIGURA 5. Fragmentos limpios y consolidados en su correcto orden de montaje (Fotografía: Archivo fotográfico MPV).

tando tensiones internas y deformaciones. La masilla se aplicó con criterio de mínima intervención, es decir, solo en las zonas caracterizadas por fragmentos con poca superficie de contacto y fisuras profundas debidas a uniones muy desgastadas. Se obtuvo un acabado liso a bajo nivel, que garantiza el reconocimiento de los añadidos. Una vez aplicada la masilla, se realizó un retoque cromático con colores gouaches reversibles en agua (figura 6). Con la técnica de la abstracción cromática, se pudieron reproducir las variaciones tonales y armonizar la visión de los restos para su futura exposición al público en el MPV (figura 7).

CONSERVACIÓN PREVENTIVA

Las fluctuaciones de temperatura y humedad relativa son los mayores factores de deterioro de los restos de naturaleza orgánica a causa de su higroscopicidad. Siendo las condiciones óptimas para la conservación del material óseo una temperatura de 18-21°C, con fluctuaciones permitidas de +/-2°C, y una humedad relativa del 45-55%, tanto durante el almacenamiento como en exposición (Stone, 1983), es necesario tomar medidas para limitar los cambios repentinos de las condiciones termohigrométricas.

Tras la intervención de restauración, se ha almacenado temporalmente la costilla restaurada en una caja de madera fabricada a medida. El interior

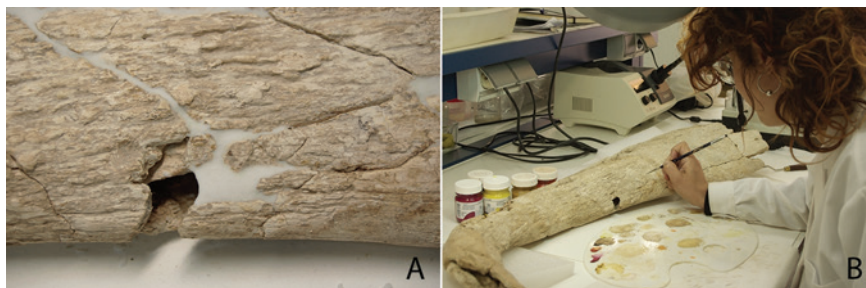


FIGURA 6. Aplicación de masilla a bajo nivel (A) y retoque cromático con colores gouache (B). (Fotografía: Archivo fotográfico MPV).

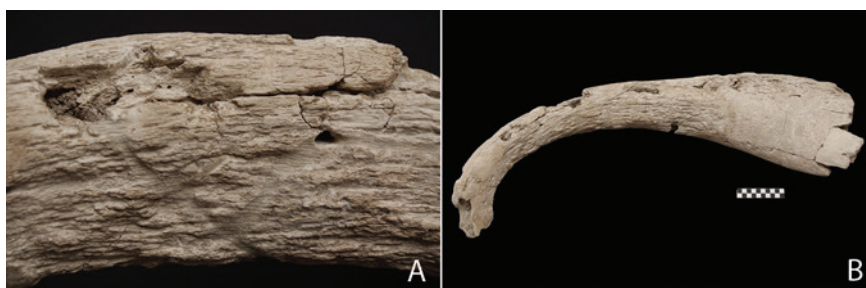


FIGURA 7. Resultado del retoque cromático (A) y foto final de la intervención (B). (Fotografía: Archivo fotográfico MPV).

de la caja se ha aislado con espuma de polietileno (Ethafoam®) para proteger los restos de posibles golpes o deterioros (figura 8). Para garantizar unas condiciones climáticas estables e idóneas a la conservación, se ha insertado también una tira indicadora de humedad y material absorbente Pro-Sorb® programado al 50% dentro de una bolsita de Reemay.

Para la futura exposición de la costilla se aconseja un sistema expositivo en vitrina aclimatada que permita mantener estables los parámetros ambientales y reduzca la entrada de polvo y contaminantes atmosféricos. Es importante que los restos no se expongan nunca a la radiación solar directa y que la iluminación no supere los 150 lux, con una componente ultravioleta restringida a 75 $\mu\text{W}/\text{lm}$ (Stone, 1983).

CONCLUSIONES

El proceso de intervención ha implicado una estrecha colaboración interdisciplinar con los especialistas del MPV, gracias a la cual ha sido posible es-



FIGURA 8. Costilla en la caja de almacenamiento temporal (Fotografía: Archivo fotográfico MPV).

tablecer una estrategia de conservación respetuosa e idónea, garantizando así la estabilidad de los restos y permitiendo los estudios científicos.

Gracias al proceso de limpieza se han podido descubrir marcas de uso de origen antrópico sobre la superficie cortical del hueso. Estas marcas se asocian a abrasión y a cúpulas de percusión con puntas líticas, hecho que sugiere el empleo de la costilla como soporte de trabajo, no habiéndose encontrado además marcas asociadas a actividad carnífera. Este descubrimiento es de gran interés para el estudio arqueológico de los poblados que habitaban la desembocadura del río Serpis en el III milenio a.C., así como su relación con el entorno y los recursos marinos a disposición.

La finalidad expositiva con la que se han llevado a cabo los procesos de restauración, ha permitido restablecer la unidad formal de la pieza y reforzar el mensaje didáctico del que se hace portadora como documento histórico. Además, aplicando el criterio de mínima intervención durante las fases de aplicación de refuerzos, se ha asegurado la estabilidad de la costilla sin especular sobre la reconstrucción de partes anatómicas y morfológicas.

El seguimiento de la intervención con la aplicación de las medidas de prevención, garantiza la correcta conservación de los restos y su accesibilidad para el estudio. Por último, los recientes hallazgos de restos óseos de fauna marina en las excavaciones llevadas a cabo en la zona de Gandía, han puesto de manifiesto la necesidad, por parte del museo, de ampliar su colección osteológica de referencia con ejemplares de mamíferos marinos.

BILBIOGRAFÍA

- Bouzas, A., Laborde, A. (2003): La degradación del hueso. *Monte Buceiro* 9, 268-275.
- Carrascosa, M. B., Lastras, M., Reina, M., Rodríguez, F. (2009): La conservación y restauración del material tangible recuperado. En E. Flors Ureña, *La Torre La Sal (Ribera de Cabanes, Castellón); Evolución del paisaje antrópico desde la Prehistoria hasta el Medioevo* Diputació de Castelló. Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques, 379-396.
- Cronyn, J. (1990): *The elements of archaeological conservation*. London, Routledge.
- Gallardo Parrodi, M. (2001): El hueso: composición, deterioro y tratamiento. En R. S. Glantz, *Conservación "In situ" de materiales arqueológicos: un manual*. España: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- García, S., Flos, N. (2008): *Conservación y restauración de bienes arqueológicos*. España, Síntesis, S.A.
- García-Galán, M. (2005): Restauración de materiales orgánicos pertenecientes al yacimiento de Cabezos Viejos, Archena. *Verdolay* 9, 355-374.
- Godefroit, P., Leduc, T. (2008): La conservation des ossements fossiles: le cas des Iguanodons de Bernissart, *CeROArt*. <<http://journals.openedition.org/ceroart/464>> [consulta: 18/06/18]
- Laborde, A. (1986): *Conservación y restauración en yacimientos prehistóricos (restos óseos, madera, piedra)*. (Vol. Cahier Noir 3 Monogràfic). Girona: Ajuntament de Girona. Centre de Recerques Paleo-eco-socials. Museu d'Historia de la Ciutat.
- López Mata, L. (2003): Capítulo 3. Métodos de conservación del material óseo. En A. Isidro y A. Malgosa, *Paleopatología, la enfermedad no escrita*. Barcelona, Massori, 25-32.
- López-Polín, L., (2012): Possible interference of some conservation treatments with subsequent studies on fossil bones: a conservator's overview. *Quaternary International* 275, 120-127.
- Nielsen-Marsh, C., Gernaey, A., Turner-Walker, G., Hedges, R., Pike, A. W. G., Collins, M. (2000): The chemical degradation of bone. En M. Cox y S. Mays (eds.), *Human*

- Osteology: In Archaeology and Forensic Science*. Cambridge, GB. Cambridge University Press, 439-454.
- Padilla, M. (2015): Introducción a la conservación y mantenimiento de los materiales óseos del Museo de Anatomía Comparada de Vertebrados de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid. *Reduca (Biología). Serie Técnicas y Métodos* 8 (3), 1-21.
- Pascual Benito, J. L. (2011): Capítulo 15. La industria ósea y los adornos. En G. Pérez Jordà et al., *La Vital (Gandia, Valencia): vida y muerte en la desembocadura del Serpis durante el III y el I milenio a.C.*, Serie de Trabajos Varios del SIP 113, 203-218.
- Pasíes, T., Sanchis, A. (2012): Las colecciones de fauna y restos humanos en el Museo de Prehistoria de Valencia: un ejemplo de colaboración entre dos laboratorios. En *XIII Reunió Tècnica de Conservació i Restauració, interdisciplinarietat en conservació-restauració: realitat o ficció?* Grup Tècnic, Associació Professional, 157-172.
- Pétillon, J. M. (2008): First evidence of a whale bone industry in the western European Upper Paleolithic: Magdalenian artifacts from Isturitz (Pyrenées-Atlantiques, France). *Journal of Human Evolution* 54 (5), 720-726.
- Porto, Y. (2000): Medidas urgentes de Conservación en Intervenciones arqueológicas. *Capa 13. Criterios e Convencions en Arqueologia da Paisaxe*.
- Sease, C. (1994): A conservation manual for the Field Archaeologist. *Archaeological Research Tools* 4.
- Stone, T. (1983): Care of Ivory, Bone, Horn and Antler. *CCI Notes* 6/1. Canadian Conservation Institute, 1-3.
- Wilkie, S. (1988): Part 2. The anatomy of the living whales. *Whales of the World*, Bes Press. Consultado: 19/07/18].