

LA DEGRADACIÓN DEL HUESO

Ana BOUZAS ABAD

Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico
Camino de los Descubrimientos 1, 41092 Sevilla
anabouzas2002@yahoo.es

Ana LABORDE MARQUEZE

Instituto del Patrimonio Histórico Español
Greco 4, 28040 Madrid
ana.laborde@iphe.mcu.es

La aparición de restos óseos es un hecho frecuente en los contextos arqueológicos. Pueden ser restos de fauna o huesos utilizados como materia prima para la fabricación de útiles o incluso para objetos de adorno.

El marfil documenta igualmente la presencia de grandes mamíferos o el comercio con lugares lejanos, siendo muy utilizado para la fabricación de objetos ornamentales. Las cuernas de artirodácillos se emplearon asimismo con fines instrumentales y artísticos.

Composición y estructura

El hueso es el tejido conjuntivo más duro del organismo, debido a un proceso de mineralización conocido como osificación. Funcionalmente, no sólo tiene una misión mecánica, sino actividades metabólicas básicas. Está compuesto por varias clases de tejidos:

- tejido óseo
- periostio
- cartílago
- médula ósea
- vasos y nervios

El *tejido óseo* comprende a su vez la sustancia fundamental, las fibras colágenas y las células; es característico del hueso y el más abundante de todos. Condiciona su valor mecánico debido a que la sustancia fundamental que lo forma se carga de sales minerales que van pasando a la sangre. La sustancia fundamental consiste en pequeñas capas superpuestas llamadas láminas óseas, formadas por proteínas u oseína y otra parte mineral (fosfato tricálcico, carbonato cálcico, fosfato magnésico y fluoruro de calcio).

Las sustancias minerales no se fijan de forma uniforme en el tejido óseo. Una parte es estable y asegura la función mecánica; la otra varía en función de lo que absorba la sangre.

La materia orgánica es relativamente abundante en los individuos jóvenes. Con la edad, el hueso se va mineralizando y se vuelve más frágil.

Las fibras colágenas se incluyen y apenas se diferencian de la sustancia fundamental. Son paralelas y están orientadas perpendicularmente.

Las células óseas se llaman osteocitos y proceden de los osteoblastos que existen en el tejido en proceso de osificación. Normalmente, aparecen dispuestas entre las láminas óseas o incluso en su propio espesor. Son pequeñas y de forma fusiforme e irregular.

Existen variedades de tejido óseo que reflejan la estrecha adaptación de cada parte del hueso a su función mecánica propia. Así, tenemos el hueso endocondral, que no tiene valor mecánico y sirve de reserva mineral, el hueso perióstico compuesto por láminas delgadas y largas paralelas a la superficie del hueso y el tejido óseo haversiano, compacto y esponjoso, que forma la mayor parte de los huesos, con un valor mecánico importante.

El *periostio* es una membrana fibrosa que recubre los huesos, formado por tejido conjuntivo denso y orientado, con las fibras entrecruzadas.

Todo hueso está precedido de una *base cartilaginosa*, a partir de la cual se desarrolla el tejido óseo. Algunas de estas zonas cartilaginosas se mantienen en el proceso de osificación. Son los llamados cartílagos de conjugación, que desaparecen al finalizar el crecimiento y los cartílagos articulares.

La *médula ósea* es un tejido conjuntivo delicado, muy rico en vasos y provisto de células fijas y móviles. Ocupa todas las cavidades de los huesos y puede ser de tres tipos, según su localización y grado de desarrollo óseo:

- médula roja
- médula amarilla
- médula gris

Los *vasos* son muy numerosos en el hueso y su circulación intensa. Pueden ser arterias, venas y linfáticos. Los *nervios* son igualmente abundantes pero no están uniformemente repartidos. Se asocian normalmente a las arterias.

El marfil se diferencia del hueso en el ámbito macroscópico, pero su composición es muy similar. Tiene una matriz orgánica abundantemente impregnada de sales calcáreas. El tamaño de su red tubular es menor que la del hueso, con un grano más fino. Se compone fundamentalmente de fosfato, carbonato y fluoruro de calcio. El componente orgánico mayoritario son el colágeno y la elastina. La elastina es la proteína estructural de las fibras elásticas.

El porcentaje de materia mineral y orgánica varía considerablemente en los diferentes tipos de marfil.

En un corte transversal, el hueso nos muestra un grano relativamente basto, con lagunas características, mientras que el marfil, compuesto de un tejido denso y duro llamado dentina, es más compacto y se distingue por la presencia de una red compuesta por diminutas zonas lenticulares originadas por las intersecciones de las estrías, que irradian desde el centro del colmillo.

Las cuernas se diferencian de los huesos en su textura, más homogénea y compacta hacia el interior, pero menor en la pared externa. Apenas difieren en su composición.

Procesos de alteración

Los procesos de alteración de estos materiales están relacionados tanto con su composición química y características físicas, como con el medio ambiente en el que han permanecido depositados.

El propio ciclo de la biosfera y los procesos de sedimentación provocarán una serie de alteraciones y condicionarán su conservación posterior. Hay que considerar la acción de los agentes atmosféricos o meteorización y las alteraciones físicas debidas al transporte.

Si los restos no quedan enterrados en niveles subacuáticos con relativa rapidez, se destruyen por la acción de los agentes biógenos y subaéreos.

Las características del sedimento determinarán la preservación de los materiales. El grano de la roca, el grado de compactación y los procesos de alcalinización influyen de forma importante. Cuando los granos del sedimento son gruesos se destruyen los objetos finos y frágiles, conservándose mejor los de gran tamaño. Una gran compactación del sedimento destruirá por el contrario las piezas grandes, conservando las pequeñas y planas.

Un suelo de tipo ácido atacará el mineral óseo hasta su desaparición, perdiendo el hueso su rigidez y volviéndose flexible y elástico, al quedar tan sólo la fracción orgánica.

Debido a su porosidad, es fácil que el hueso se altere cromáticamente y se tiña del color de la capa sedimentaria donde permanece enterrado.

Son materiales higroscópicos, muy sensibles a las variaciones de humedad. En un medio salino, las sales solubles disueltas en el agua penetran en los objetos, cristalizando en el exterior durante el proceso de secado y dañándose la superficie de forma irreversible. En el caso del marfil, las sales cristalizan en los espacios interanulares, provocando importantes tensiones y la aparición de fisuras, grietas e incluso el colapso de las piezas.

La fracción orgánica se descompone cuando permanecen largo tiempo en ambientes húmedos. Es más, llegan a desintegrarse por la acción prolongada del agua, a causa de la hidrólisis de la oseína.

Tanto el hueso como el marfil son anisótropos, es decir, presentan distintas propiedades físicas en las tres diferentes direcciones. Al cambiar las condiciones ambientales se expanden y se contraen, de manera distinta según los tres ejes. Las fracturas comienzan en el momento en que la tensión del material sobrepasa el límite de resistencia.

Tanto el hueso como el marfil pierden su color natural cuando se exponen a la luz solar. Las radiaciones infrarrojas provocan un aumento de la temperatura y un descenso de la humedad relativa y las radiaciones ultravioletas pueden llegar a romper las estructuras moleculares.

Conservación y restauración

Los trabajos de conservación y la intervención sobre cualquier tipo de bien cultural, posibilitan el acercamiento a la obra y un estudio profundo del

material, su problemática, la técnica de ejecución o manufacturación e incluso un conocimiento del contexto o medio en el que han permanecido. Pero por desgracia, casi todos estos materiales tienden a descomponerse por procesos químicos y bioquímicos.

Es sabido que cuando realizamos una excavación rompemos el equilibrio de los objetos encontrados y más aún en el caso de estos materiales especialmente sensibles a los cambios de temperatura y humedad. Podemos afirmar, por tanto, que el tratamiento más eficaz será en estos casos el de la conservación preventiva.

Los materiales óseos que encontramos en un medio marino están en un estado de extrema fragilidad, ya que al estar saturados de agua han perdido casi todas sus propiedades. Las sales propias de este medio, de naturaleza higroscópica, son las que representan un grave peligro, al variar de forma brusca las condiciones ambientales en el momento de la extracción.

Es por tanto necesario tomar unas medidas preventivas adecuadas para evitar la pérdida de estos documentos. Cuando extraemos un objeto de naturaleza orgánica procuraremos mantener las condiciones del depósito. Es importante que la actuación esté bien pensada y organizada. Para un objeto arqueológico de esta naturaleza, su conservación comienza en la excavación y continua en el laboratorio.

Para realizar una extracción y teniendo en cuenta la fragilidad de los materiales deberemos hacer soportes que protejan y que a la vez nos ayuden a reducir al máximo su manipulación. Si los objetos son de pequeño tamaño, se pueden guardar en el mismo medio de la excavación sumergidos en agua, en recipientes estancos de polietileno. Si los objetos son de mayor tamaño, se podrá disponer de cajas estancas más grandes o protegerlos con telas plásticas o telas de algodón.

Una vez extraídos del agua, se realizará de inmediato un tratamiento fungicida, sobre todo si el objeto está envuelto en una tela de algodón. Así, evitaremos la degradación desencadenada por el ataque de organismos superiores y microorganismos (hongos y bacterias). Los organismos superiores encuentran en los materiales orgánicos un substrato ideal para habitar en él y para nutrirse. Las moléculas orgánicas se deterioran por las sustancias químicas que segregan. Los microorganismos se desarrollan mejor en ríos y aguas de mares fríos, ya que se ven favorecidos por el grado de oxigenación del medio y su baja salinidad.

Las bacterias son capaces de degradar toda clase de substratos y en prácticamente cualquier medio, ya que pueden vivir en condiciones anaerobias.

Una vez extraídos los materiales y en función de su estado de conservación, realizaremos un tratamiento de limpieza, una impregnación, o ambas cosas. Si es necesaria una impregnación, por el grado de fragilidad alcanzado o por la descomposición ocasionada por el ataque biológico, se debe realizar una consolidación adaptada a estos materiales. Podemos utilizar resinas vinílicas, acrílicas, polietilenglicol, ésteres de celulosa, etc., siempre en un medio acuoso.

Se entiende que previamente habremos sometido al objeto a una extracción de sales solubles para que la impregnación o consolidación sea más efectiva. Esta desalación se realizará por inmersión de los objetos en agua desmineralizada con el fin de eliminar los iones Cl^- . Los baños se deben renovar periódicamente tomando muestras para hacer un seguimiento del proceso.



Las muestras se analizarán con un conductímetro que nos proporciona la concentración en iones. Estos valores se expresan normalmente en S/cm (conductividad específica), aunque también pueden expresarse con un concepto de salinidad (m/l o g/l), que se refiere a la concentración hipotética de iones NaCl con la misma conductividad de la muestra. Este tratamiento durará hasta que los valores del test de conductividad sean muy bajos.

Podemos ahora realizar una limpieza de los depósitos más adheridos a la superficie del objeto. Los depósitos superficiales se habrán ido eliminando paulatinamente al cambiar el agua de los baños.

Estos restos que quedan incrustados se retiran con la ayuda de pinceles suaves e instrumentos de madera. A la solución de agua podremos añadir un jabón neutro o utilizar una mezcla de agua, alcohol y jabón neutro, incrementando poco a poco la proporción de alcohol etílico. De esta manera iremos secando también el hueso. Durante la limpieza, la superficie del objeto no debe permanecer húmeda de continuo, para lo cual secaremos los excesos de solución en cada intervención. Una vez limpia, se neutralizará la zona con agua y se secará de inmediato con compresas para eliminar todos los residuos de jabón.

En ningún caso es recomendable el uso de productos blanqueantes, que debilitan la superficie, además de quitar al objeto una de sus más bellas características, la patina que adquieren los materiales con el tiempo.

Al finalizar esta fase de tratamiento pasaremos a un secado controlado de la pieza. Debemos proceder de forma gradual para no crear diferencias bruscas en las condiciones de humedad, así evitaremos la aparición de grietas y fisuras o incluso el colapso del objeto durante el proceso.

Se introducirá entonces en una cámara de secado donde se controlará con un higrómetro el tratamiento. Si el hueso y el marfil presentan problemas de fisuras y grietas una vez secos, podemos intentar reducirlas. Para ello los mantendremos al 100 % de humedad relativa para que se “hinchén” gracias a sus propiedades higroscópicas y podremos cerrar entonces ligeramente las grietas. Después tendremos que conservar las piezas a una humedad relativa estable del 55 al 60%.

Podemos a la vez consolidar el objeto si vemos que está muy frágil y no soporta esta fase del tratamiento. La consolidación le dará resistencia mecánica frente al nuevo medio en que se encuentra. El producto que utilizemos tendrá que ser compatible con el objeto, no provocando alteraciones en su estructura ni aspecto. Los materiales más adecuados son las resinas acrílicas de baja viscosidad en dispersión acuosa, ya que la humedad sirve como vehículo del consolidante.

Podemos aplicarlo por medio de pincel, por inmersión o por inyección, dependiendo siempre de su estado de conservación. Una vez seco el objeto pasaremos a su ensamblado y montaje. Utilizaremos para ello los adhesivos adecuados, que pueden ser derivados celulósicos, resinas vinílicas, acrílicas, de poliéster, epoxi, dependiendo del estado de conservación. El relleno de lagunas solo será necesario en el caso que facilite la lectura y comprensión de la pieza o por razones de mantenimiento, para favorecer su resistencia mecánica. Los materiales de relleno serán siempre de menor resistencia, reversibles e inocuos para el soporte.

Como conclusión final, podemos afirmar que la mejor forma de conservación para los materiales óseos es mantener una estabilidad en los valores de humedad relativa y temperatura, así como controlar las condiciones de iluminación. Esta acción de conservación preventiva será mucho más eficaz que los tratamientos de protección que podamos aplicar.

Bibliografía

- ARNAUD, G. & ARNAUD, S. et al. (1980) “On the problem of the preservation of human bone in sea-water”, *IJNA*, 9.1, pp. 53-65.
- BERDUCOU, M.C. (1990) *La conservation en archéologie. Méthodes et pratique de la conservation-restauration des vestiges archéologiques*, Ed. Masson, Paris.
- BOUART, J. “El patrimonio histórico y arqueológico: valor y uso”, *Ariel Prehistoria*, Barcelona.
- CIRUJANO GUTIÉRREZ, C.; LABORDE MARQUEZE, A. (2001) “La conservación arqueológica”, *Revista Arbor CLXIX*, nº 667-668, Madrid.
- CRONYN, J.M. (1990) *The elements of Archaeological Conservation*, Ed.

Routledge, London.

- ESCUADERO, C.; ROSSELLÓ, M. (1988) "Conservación de materiales en excavaciones arqueológicas", *Museo Arqueológico de Valladolid*.
- KOOB, S.P. (1984) "The consolidants of archaeological bone", *IIC Adhesives and Consolidants*, Paris Congress, pp. 92-97.
- LABORDE MARQUEZE, A. (1986) "Conservación y restauración en yacimientos prehistóricos (restos óseos, madera, piedra)", *Cahier Noir n° 3 Monogràfic*, Girona.
- L' HOUR, M.; MIGAUD, P. (1990) "Reflet d'un aspect de la vie du board: Études préliminaires des restes osseux de l'épave de l'Aber Wrac'h (Finistère, XV^e s.)", *Anthropozoologica*, 12, pp. 3-12.
- PEARSON, C. "Conservation of marine archaeological objects", *Butterworth-Heinemann*, London.
- STANLEY PRICE, N.P. (1987) *La conservación en excavaciones arqueológicas*, ICCROM, Roma.
- STONE, T.T.; DICKEL, D.N.; DORAN, G.H. (1990) "The preservation and conservation of waterlogged bone from the Windover site, Florida", *Journal of Field Archaeology*, 17.2, pp. 177-186.