

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

Mariano Padilla Cano

Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Novais, 12. 28040 Madrid.
mapad@bio.ucm.es

Resumen: El mantenimiento de las colecciones científicas con fines docentes es cada vez mayor por el interés que suscita su estudio para la formación de las generaciones futuras. Conocer los conceptos básicos en cuanto los tipos de materiales que las conforman así como su conservación preventiva, técnicas de extracción de esqueletos o productos utilizados para su preservación resulta fundamental para alumnos, investigadores o docentes que utilizan este tipo de recursos. Los materiales pertenecientes al Museo de Anatomía Comparada de Vertebrados (MACV), son en su mayoría materiales orgánicos al ser restos de fauna (astas y cuernos, huesos, dientes, pieles y plumas). Los materiales que se tratan en este texto son óseos y se clasifican según su estructura interna, partes, y forma. Esta clasificación junto a sus propiedades físicas y químicas establecen la que será la base para su extracción y mantenimiento (seleccionando distinto método según su composición). Para ello, y teniendo en cuenta siempre estas variables, se deben utilizar productos adecuados que no dañen su estructura y que siempre sean reversibles para establecer una metodología práctica de conservación preventiva.

Abstract: Maintaining scientific collections for teaching purposes is increasing by the interest in his study for the formation of future generations. Knowing the basics in terms of the types of materials that shape them and their preventive conservation, extraction techniques skeletons or products used for preservation is essential for students, researchers and teachers who use these resources. The materials belonging to the Museum of Comparative Zoology of Vertebrates (MACV), are mostly organic materials to be faunal remains (antlers and horns, bones, teeth, fur and feathers). The materials discussed in this text are bone and are classified according to their internal structure, parts and shape. This classification with their physical and chemical properties will establish the basis for removal and maintenance, selecting different method depending on their composition. To do this, and always taking into account these variables, you must use appropriate products that do not damage their structure and are always reversible, to establish a practical methodology of preventive conservation.

Palabras clave: conservación preventiva. Anatomía comparada. Materiales óseos.

Keywords: preventive conservation. Comparative anatomy. Bone materials.

MATERIALES

La creciente importancia de la conservación preventiva en los museos de historia natural para el mantenimiento de las colecciones científicas con fines educativos, investigadores o divulgativos precisa de herramientas precisas y adecuadas para la consecución de este objetivo. En este texto se presenta una introducción básica a este tipo de conservación dirigida principalmente a los materiales óseos, sus tratamientos y productos adecuados para su conservación.

Los materiales pertenecientes al Museo de Anatomía Comparada de Vertebrados (MACV) de la Facultad de C.C. Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid, pertenecen en su mayoría al grupo de [materiales orgánicos](#) al ser restos de fauna. En general los materiales que podemos encontrar son astas y cuernos, huesos, dientes, pieles y plumas.

Estos materiales proceden en su totalidad de donaciones de centros oficiales (Zoológicos, Centros de Recuperación Animal, etc.) o donaciones privadas de especímenes encontrados de forma fortuita, por lo que ninguna de las piezas pertenecientes a la colección del MACV ha sido sacrificada con el fin de formar parte de él.

DEFINICIÓN, COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y TIPOS DE MATERIALES

En su mayoría la colección del MACV se compone de [restos óseos](#). Este tipo de restos se distingue dentro del grupo de materiales orgánicos por tener una fracción inorgánica compuesta por fosfato cálcico, carbonato cálcico y fluoruro cálcico. El promedio aproximado de su composición química es de 25% de agua, 45% de minerales (fosfato y carbonato cálcico) y 30% de materia orgánica (colágeno y otras proteínas). Estos minerales no son inertes ni permanecen fijos sino que son constantemente intercambiados y reemplazados junto con los componentes orgánicos en un proceso que se conoce como [remodelación ósea](#).

Según el tipo de material los restos óseos tienen diferente [estructura interna](#). El [asta](#) y el [cuerno](#) son porosos, de superficie rugosa y estructura interna homogénea. Los [cuernos](#) están formados por materia ósea envuelta por una capa de queratina que forma una funda córnea (piel en el caso de las jirafas y los okapis). Son una proyección puntiaguda que nace del hueso frontal de algunos herbívoros, que se presentan por parejas y toman diversas formas dependiendo de la especie (SISSON *et al.*,1982).

El cuerno es permanente y está formado por un núcleo óseo y una vaina de queratina, no cae nunca (ni la vaina ni el núcleo) y en muchas especies nunca deja de crecer.

Los núcleos de los cuernos comienzan como pequeños crecimientos óseos bajo la piel sobre el cráneo al que no están unidos y se los conoce como "osiconos". El osicono posee su propio centro de osificación y se fusiona a los huesos craneales secundariamente.

En la familia Bovidae, los cuernos son conos doblados en espiral formados de queratina y en la familia Giraffidae, son protuberancias óseas cubiertas de piel peluda.

No se debe confundir cuerno con cuerna o asta, pues son estructuras bastante diferentes. Aunque ambas son estructuras óseas

La **cuerna** o el **asta** es una estructura generalmente ramificada y acabada en punta que sobresale de los huesos frontales de la familia de los Antilocapridae (ROMER, 1973). Presentes solo en los machos (con la excepción del caribú, *Rangifer tarandus*) su forma varía de una especie a otra y pueden alcanzar tamaños muy grandes. Según la especie el asta se muda solo durante la juventud o todos los años (Fig. 1).

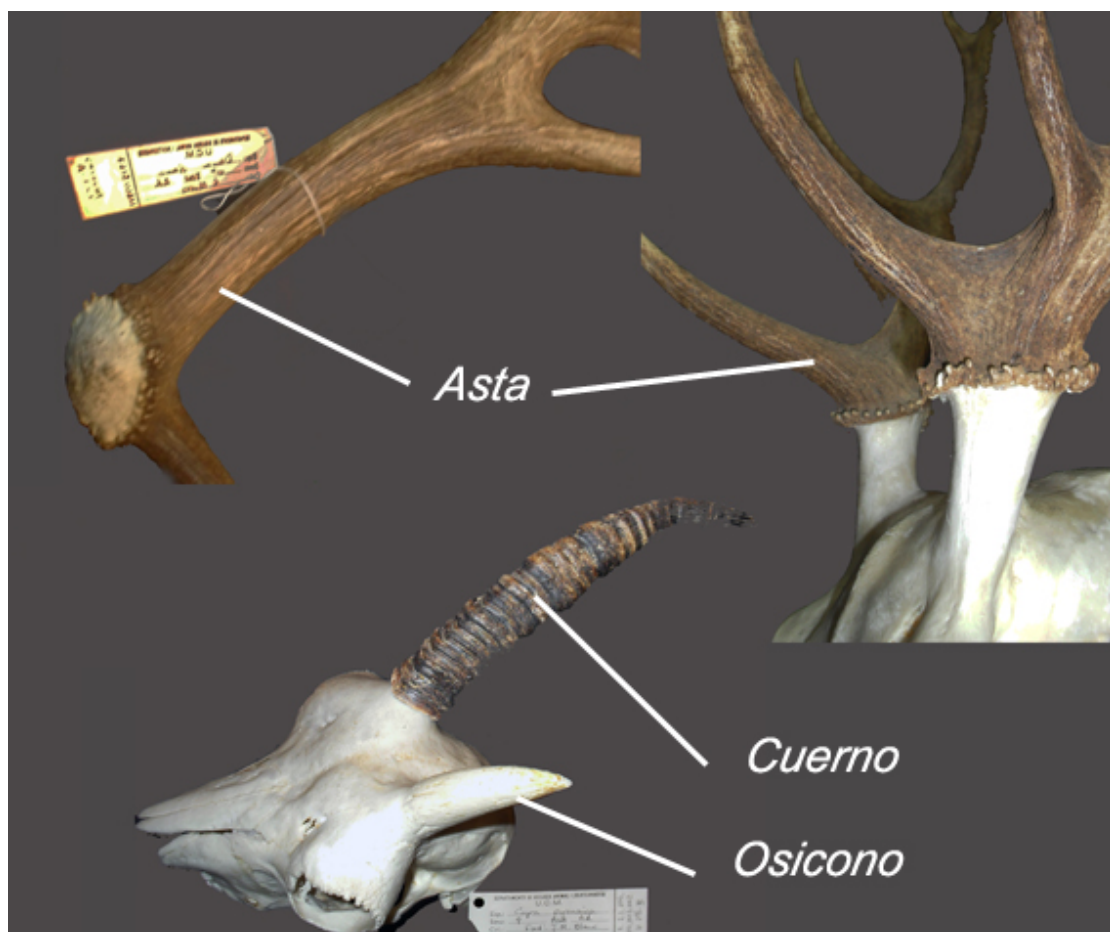


Figura 1. Diferencia entre cuerno y asta.

El **hueso** es cada una de las piezas duras que forma el esqueleto de los vertebrados, con una superficie exterior lisa y porosa denominada **cortical** que lo recubre en su totalidad. Es más compacta que el resto del hueso, muy quebradiza y con tendencia a desprenderse; sus paredes internas son porosas y dan estructura al hueso. En el interior se encuentra el **tejido esponjoso**, muy poroso formado por fibras quebradizas y poco elásticas, por lo que se disgrega con facilidad (Fig. 2).

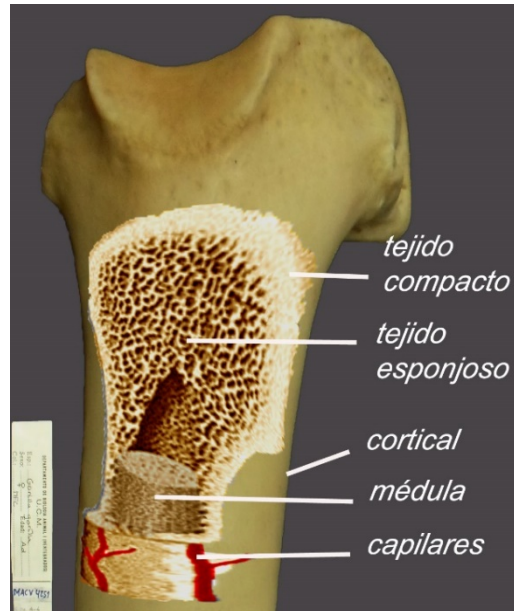


Figura 2. Partes internas del hueso.

El hueso se divide en epífisis proximal, metadiáfisis proximal, diáfisis, metadiáfisis distal y epífisis distal (Fig. 3).

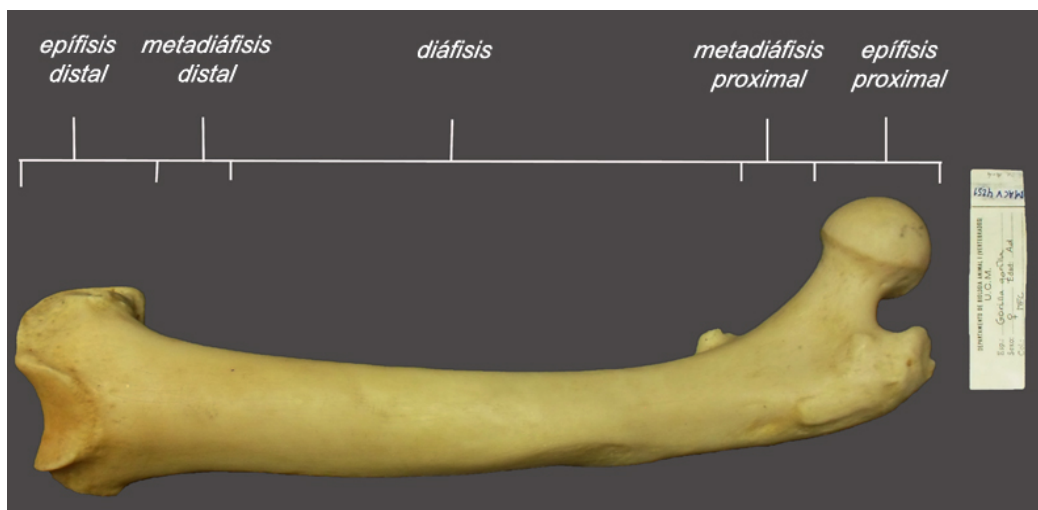


Figura 3. Partes del hueso.

Por su forma los huesos se clasifican en largos, cortos, planos e irregulares con independencia de su tamaño (Fig. 4).



Figura 4. Tipos de hueso según su forma.

El **diente** es un cuerpo duro engastado en las mandíbulas de muchos animales que en parte queda descubierto, para servir como órgano de masticación o de defensa. Presenta una capa externa de esmalte brillante, compacta y algo quebradiza que cubre sus paredes, gruesas y porosas. El diente se divide en tres zonas: **corona**, **cuello** y **raíz**. La primera es la parte expuesta y está cubierta por el esmalte y la dentina. La segunda se aloja en la encía y es donde se localiza el cemento y las terminaciones nerviosas y sanguíneas que riegan el diente. En el interior encontramos la pulpa (PÉREZ ZABALLOS, *et al.*,2009). (Fig. 5).

Los dientes son de gran utilidad para la identificación de especies (YRAVEDRA, 2006) y presenta una doble dentición en los mamíferos: la infantil y la permanente.

Se puede distinguir entre:

- **Incisivos**. En la parte anterior de la boca y con una sola raíz. Son uniformes y aplanados sirven para la sujeción y para cortar.
- **Caninos**. Junto con los incisivos se localizan en la parte anterior de la boca y presentan una sola raíz. Son largos y de forma cónica. Mientras que están muy

desarrollados entre los carnívoros, lo están en menor medida en los herbívoros y ausentes en el caso de los roedores.

- **Premolares.** Junto con los molares se localizan en la parte posterior de la boca y tienen raíz múltiple. Son parecidos a los molares y en ocasiones sus raíces pueden aparecer fusionadas. Las cúspides son denominadas **conos**.
- **Molares.** Junto con los premolares se localizan en la parte posterior de la boca y presentan doble raíz múltiple en ocasiones fusionadas.

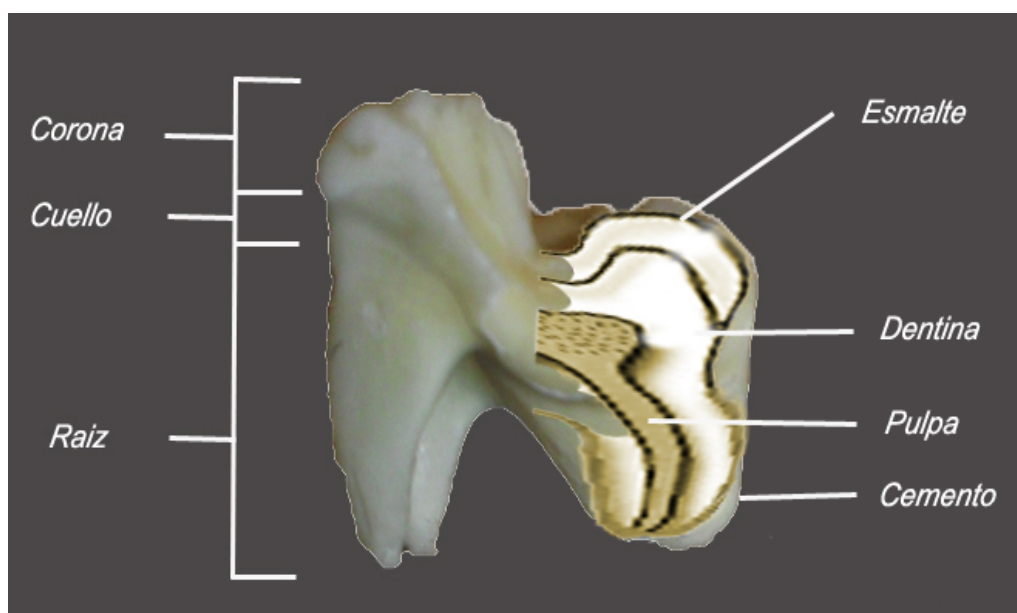


Figura 5. Partes del diente.

El **marfil** es macizo, duro, liso y compuesto por capas que al ser observadas en un corte radial forman círculos concéntricos correspondientes a los anillos de crecimiento. En la corona está cubierto por esmalte y en la raíz por el cemento.

El término “marfil” se suele utilizar para cualquier diente o colmillo de mamífero con interés comercial con un tamaño lo suficientemente grande como para ser tallado o grabado (ESPINOZA y MANN, 1991).

PROPIEDADES

Los materiales óseos tienen tres propiedades físicas principales determinantes en las alteraciones que los factores ambientales provocan en ellos: **porosidad**, **higroscopicidad** y **anisotropía** (CAMPILLO, 1987).

Porosidad: cualidad de poroso o que tiene poros. Todos los materiales orgánicos presentan en su superficie poros. Un poro es un orificio invisible a simple vista. Los materiales óseos al ser orgánicos son porosos, es decir, que toda su superficie está llena de cavidades de pequeñas dimensiones o poros.

Higroscopicidad: es una propiedad física de algunas sustancias de absorber y exhalar la humedad según el medio en que se encuentran. El material óseo intercambia agua y vapor de agua con el ambiente hasta llegar a un equilibrio. Esta propiedad se deriva de la porosidad ya que el intercambio se realiza por capilaridad a través de los poros.

Anisotropía: en Física es la cualidad de un medio, generalmente cristalino, en el que alguna propiedad física depende de la dirección de un agente. En los huesos esta propiedad afecta a la capacidad de deformación en diferentes direcciones según su estructura. Estas deformaciones son irreversibles y están provocadas por tensiones interiores derivadas de la hinchazón o merma, que puede sufrir un hueso expuesto a las variaciones de humedad del ambiente debido a su higroscopicidad.

PROCESO DE EXTRACCIÓN Y LIMPIEZA DE LOS MATERIALES OSEOS. EXTRACCION DEL ESQUELETO

Hay diferentes métodos para extraer los huesos de un ejemplar fallecido (SIMMONS y MUÑOZ-SABA, 2005). Los más utilizados son el **hervido**, **enterramiento** y **putrefacción**. En los tres métodos los dos primeros pasos son los siguientes:

- Retirada de la envuelta tegumentaria (el **tegumento** es el órgano que sirve de protección externa al cuerpo con varias capas y anejos como glándulas, escamas, pelo o plumas).
- Evisceración, descarnado y desarticulado del ejemplar mediante el uso de cuchillos y bisturís, aproximándose lo máximo posible al hueso pero sin tocarlo con los filos de los instrumentos para evitar marcar las corticales. El desarticulado se realiza especialmente en ejemplares de gran tamaño; en ejemplares pequeños es posible que no sea necesario hacerlo.

Hervido

Una vez retirados todos los restos de vísceras y carne, los huesos se hierven en una solución de agua y detergente tipo Bórax (Borato de Sodio que se origina de forma natural y por evaporación en los depósitos de los lagos estacionarios) a la que se puede añadir algún desengrasante. De esta manera se consigue eliminar todos los restos adheridos al hueso así como gran parte de la grasa que contiene en su interior.

El tiempo de cocción varía dependiendo del tipo de hueso y de su tamaño así como de la especie, por lo que no hay un tiempo fijo determinado y solo con la observación constante del proceso se determina su finalización (PADILLA, 2008).

El hervido es el proceso más rápido pero también el que más puede dañar los huesos si no se tiene cuidado con los tiempos de ejecución, ya que es fácil que desaparezcan las corticales produciendo un debilitamiento del hueso y una descamación superficial que al contacto se convierte en polvo (una vez seco); esto dificulta su posterior estudio o montaje y conservación museística.

Enterramiento

Es el mejor proceso para descarnar en su totalidad los huesos, pero también el más largo. Tan solo hay que enterrar los restos una vez descarnados en un suelo con un pH neutro (uno ácido podría dañar los huesos) y dejar que la naturaleza siga su curso.

Los procesos químicos que se producen en la descomposición pueden dejar alguna mancha de color sobre las corticales, pero estas se pueden eliminar en su totalidad (o minimizar) con una limpieza posterior.

Putrefacción

Se utiliza sobre todo con peces.

Una vez retirada la mayor cantidad posible de vísceras y carne, se introduce el pez en agua en un bidón sellado y se deja que se pudra. Pasado un tiempo se saca el contenido y se limpia con cuidado de no perder ninguna parte del esqueleto.

BLANQUEO DE LOS HUESOS

El blanqueo de huesos está **totalmente contraindicado** si el material que hemos preparado se va a usar como colección de referencia en futuras investigaciones, ya que el proceso daña los restos óseos y llega a destruir el ADN que contiene (REY, 2014). Esto hace que cada vez se utilice menos este proceso que tan solo consigue un atractivo aspecto para su exposición.

Tras realizar cualquiera de los procesos de descarnado los huesos se blanquean sumergiéndolos en una solución de agua y agua oxigenada (H_2O_2) durante un corto espacio de tiempo. Hay que tener en cuenta que el agua oxigenada ataca directamente la superficie de los huesos deshaciéndola, por lo que no es conveniente que estén sumergidos durante mucho tiempo. Por este mismo motivo tampoco es recomendable sumergir algunos huesos muy pequeños o finos. Otra forma de hacer el blanqueado es aplicando la solución de agua + agua oxigenada con un pincel sobre el hueso seco. Este

modo es menos agresivo ya que penetra menos pero igual de destructivo con el ADN que la inmersión, y a la larga con la integridad física del propio hueso.

Después de ser blanqueados los huesos deben ser lavados con agua destilada para eliminar cualquier resto de agua oxigenada y evitar así que esta siga actuando ya que puede provocar que las superficies óseas se pulvericen dificultando así la posterior conservación de la pieza.

PROBLEMÁTICA DE LOS MATERIALES OSEOS. ALTERACIONES

Las alteraciones son las señales visibles de deterioro del material óseo y puede estar provocado por distintos motivos. Se engloban en dos tipos: físico-mecánicas y químicas.

Alteraciones Físico-Mecánicas

Son las causadas por tensiones o agresiones físicas y las hay de varios tipos:

- **Descohesión del hueso:** el hueso se separa en zonas originalmente unidas de forma progresiva, por lo que la separación puede aumentar de tamaño con el tiempo. Una micro fisura puede convertirse en fisura, una fisura en una grieta y una grieta en una fractura. Aparecen por exposición excesiva al sol, al romperse el equilibrio de humedad o aumento de temperatura ambiente junto al hueso.
- **Erosión:** al manipular un hueso lo rozamos bien con nuestras manos o con otros huesos o materiales. La erosión se produce con cualquier tipo de manipulación (al cocerlo, lavarlo con agua, limpiarlo para exposición, montarlo, etc.) Este rozamiento se traduce en marcas en la cortical que pueden dificultar su posterior estudio (Fig. 6).

El exceso de exposición solar también provoca erosión sobre el hueso, solo que en este caso las marcas son más profundas y traspasan la cortical, pudiendo aparecer descamación, fisuras y grietas que pueden acabar por destrozar la pieza. Otro efecto de la acción del sol es el cambio de color en la superficie, tornándose grisácea, como madera quemada.

- **Pulverización:** en el caso de preparaciones óseas para exposición la pulverización puede sobrevenir tras un tiempo excesivo de cocción o de blanqueo con agua oxigenada del hueso. Este exceso causa debilidad en la cortical que se pulveriza con el simple contacto (Fig. 7).



Figura 6. Mandíbula de Rorcual común erosionada por el sol.



Figura 7. Fémur pulverilento de Aligador del Misisipi.

Alteraciones Químicas

Las alteraciones químicas son debidas a las reacciones químicas que provocan cambios en el hueso. Desde el momento que un ejemplar muere comienza el proceso de descomposición, con una sucesión de reacciones químicas que pueden llegar a alterar o marcar los huesos del esqueleto. Se manifiestan generalmente mediante manchas en la cortical más o menos profundas y de diversos colores, dependiendo del proceso que hallamos seguido para su preparación (hervido, enterrado, putrefacción, etc.).

Algunos microorganismos como hongos y bacterias pueden formar colonias en la superficie de los huesos. A simple vista se distinguen como manchas cuyo color viene dado por el microorganismo que la produzca, si se da el caso de altas temperaturas combinadas con una gran condensación de humedad.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS ALTERACIONES

Existen multitud de factores ambientales que pueden provocar alteraciones químicas o físicas en los huesos (CAMPILLO, 1987). Los principales son:

- **Humedad Relativa.** La cualidad higroscópica de los materiales óseos hace que estos cedan o absorban del medio en el que están hasta equilibrarse con él. Si la humedad relativa ambiental aumenta se produce una hinchazón del hueso y, por el contrario, si disminuye tiende a mermar. Estos cambios volumétricos producen tensiones internas que pueden llegar a modificar la forma del hueso.
- **Temperatura.** No es un factor de alteración en sí misma, pero influye en la humedad relativa ambiental ya que al disminuir la se produce condensación y al aumentar evaporación.
- **Sales Solubles.** En el caso de que los huesos se hayan enterrado para su limpieza o provengan de algún yacimiento arqueológico o paleontológico, podemos encontrar fisuras microscópicas en su superficie. Esto se debe a que el sedimento donde permanece enterrado el resto óseo cede sales solubles a este que, en ausencia de humedad, cristalizan formando estructuras dentro del material dilatándolo y rompiéndolo.
- **Grado de acidez o alcalinidad del suelo (pH).** En el mismo caso que el supuesto anterior. Los materiales óseos pueden ser atacados por ácidos o bases que se encuentran en los sedimentos. Cuando más ácido o alcalino sea un sedimento más atacará al hueso, por lo que es mejor usar un suelo neutro para su limpieza.
- **Otros factores.** En el caso de tener piezas expuestas en exterior, hay que tener en cuenta los factores meteorológicos (viento, lluvia, hielo y rayos solares) ya que estos afectan gravemente a la integridad de los materiales óseos.

CONSERVACIÓN: CONSERVACIÓN PREVENTIVA, INTERVENCIÓN Y RESTAURACIÓN. CONSIDERACIONES EN INTERVENCIONES Y RESTAURACIONES

Las medidas o acciones cuyo objetivo sea la salvaguarda de las piezas pertenecientes a las colecciones del museo, asegurando su accesibilidad a generaciones presentes y futuras (VVAA, 2011) es **conservación** y comprende: la **conservación preventiva**, la **intervención** y la **restauración**. Estas divisiones se diferencian entre ellas por los diferentes objetivos que buscan.

Conservación preventiva

También se le puede llamar **mantenimiento de las colecciones** y se refiere a las medidas y acciones indirectas enfocadas a evitar o minimizar deterioros o pérdidas sin modificar la apariencia de la pieza, abordando la causa o causas que provocan su deterioro.

Ejemplos de ello son el control de las condiciones ambientales, la correcta manipulación de las piezas (siempre usando guantes), embalajes bien para su transporte bien para almacenaje en el museo, control de proliferación de plagas, etc. Es decir, todo lo que sirva para evitar la degradación de una pieza conservándola y evitando una intervención o restauración (SIMMONS y MUÑOZ-SABA, 2005; ALONSO FERNÁNDEZ y GARCÍA FERNÁNDEZ, 2010).

Intervención

Una intervención supone una acción directa sobre una pieza de la colección con el fin de parar algún proceso dañino por la que esté afectada. Solo se hace cuando se observa un ritmo de deterioro elevado o un alto grado de fragilidad. Aunque no es deseable, una intervención afecta a la conservación y puede modificar el aspecto de una pieza.

Ejemplos de intervenciones son: limpieza, consolidación de un esqueleto, desinfección de huesos, aplicación de lacas, sustitución de adhesivos envejecidos por nuevos, etc.

Restauración

La restauración es una acción que aplicada de forma directa a la pieza busca facilitar su comprensión y apreciación. Solo se realiza cuando la pieza ha perdido parte de su significado debido a un deterioro grave o alteración. Cuando se restaura hay que respetar el material original de la pieza y tener en cuenta que en la mayoría de los casos la restauración modifica el aspecto original de la pieza.

Ejemplos de restauración son: retoque de una cortical de un hueso, remontaje de un hueso roto, etc.

Consideraciones en intervenciones y restauraciones

Antes de actuar sobre una pieza hay que verificar el **estado** de esa pieza y asegurarse que la colocación respecto al resto sea anatómicamente correcta; hay que prever las necesidades que tendremos durante el proceso de intervención para así evitar errores y trabajos innecesarios. Tenemos que saber por qué es precisa una intervención y que es lo que queremos conseguir con ella antes de realizarla, es decir, hay que documentarse antes de realizar una intervención (VVAA, 2011). Para ello son importantes las fichas de las piezas a intervenir, en las que deben figurar datos como descripciones, materiales utilizados en intervenciones anteriores (como por ejemplo adhesivos), fechas de esas intervenciones y fotografías históricas.

La intervención será la mínima necesaria para evitar que se produzcan nuevos deterioros o alteraciones en la pieza. La restauración y conservación de una pieza debe ser realizada por un/a restaurador/a, pero de no ser posible se debe contar con la supervisión y consulta de un profesional.

Nunca se usara instrumental agresivo o inadecuado con las piezas (como instrumental metálico) y en caso de que este sea necesario se debe hacer con un cuidado extremo, ya que el daño que se puede producir sería irreparable. Hay que tener en cuenta que los materiales que forman parte de la colección del MACV son únicos e irrepetibles ya que la vida en sí misma es única.

El **destino de la pieza** determina los criterios a seguir en la intervención que irán en función del uso al que vaya destinada. Sea como fuere todos los materiales se deben conservar lo más íntegros posible independientemente del destino final del objeto que tratemos. Los destinos finales de las piezas suelen ser: investigación, docencia o exposición en el Museo (CIRUJANO y LABORDE, 2001).



Figura 8. Almacenamiento 2D.

En caso de que el destino de la pieza sea almacenaje, docencia o investigación (tras su limpieza) será guardada de forma ordenada en “plano”. Esto consiste en colocar el esqueleto ordenado en una lámina de plástico inerte y transparente separando cada hueso (que irá debidamente identificado y colocado), de forma que al final obtendremos una especie de “hoja” en la que de un solo vistazo podemos observar todos los huesos y sacarlos si es necesario. En caso de que el esqueleto sea demasiado grande, se debe guardar en cajas especiales de material inerte con tapa transparente con la identificación correspondiente de la pieza tanto en el interior como en el exterior de la caja. Nunca se debe utilizar cinta adhesiva (celofán) directamente sobre el hueso, ya que el pegamento que contiene es demasiado ácido y puede dañar la cortical; es preferible el uso de etiquetas de relojero (Fig. 8).

Si por el contrario el fin de la pieza tratada es la exposición, hay que tener en cuenta que al ir montada (en tres dimensiones) perderemos mucha información sobre ella (de ahí la importancia de la reversibilidad de los productos usados en el montaje). Bajo el criterio museístico se debe montar el objeto comprensible para el público en general, haciendo presentaciones figurativas, reproducciones o reintegraciones si es necesario. Las **representaciones figurativas** deben realizarse siguiendo un estricto principio natural, es decir, no se deben colocar las piezas en actitudes que no estén en la naturaleza de los animales en vida. Por su parte, la **reintegraciones** se deben hacer lo más exactas posible a lo que fue la pieza original, pero tintándolas en un color rojo inglés para que sea fácilmente identificable (Fig. 9). En cuanto a las **reproducciones**, se deben hacer de forma exacta al original, pero indicando que es una reproducción.



Figura 9. Reintegración teñida.

PRODUCTOS

La mayoría de las intervenciones que se realizan consisten en pequeñas “reparaciones” de las piezas normalmente por envejecimiento de las resinas o adhesivos utilizados en el montaje o conservación. Para ello se deben utilizar productos que nos aseguren los mejores resultados. Para conocer el comportamiento de un producto se debe probar primero sobre otros materiales o piezas de desecho o bien contar con la experiencia propia o ajena.

Los productos utilizados deben tener un envejecimiento óptimo, es decir, que con el paso del tiempo no sufran alteraciones que deterioren la pieza o modifiquen la naturaleza físico-química de esta. También deben tener la máxima reversibilidad posible y poder ser eliminados fácilmente una vez aplicados.

TRATAMIENTOS

Limpieza

Una vez que las piezas están guardadas o montadas, la mayoría de las intervenciones que se hacen consisten en trabajos de limpieza para evitar que el polvo penetre o que aparezcan manchas provocadas por microorganismos.

En caso que se haga necesaria una limpieza a fondo por que el hueso se halla ennegrecido por la acción del polvo, ésta se hará con cuidado extremo de no dañar la pieza, utilizando agua para el lavado y agua destilada para el enjuague; si la suciedad persiste se puede utilizar alcohol o acetona. Su aplicación se hará con un hisopo de palo de naranjo y algodón neutro. Nunca se debe usar instrumental metálico o cepillos muy abrasivos, ya que dañaría la pieza. El cepillo más indicado es el dental.

El exceso de agua se eliminará con papel absorbente o papel del filtro y el secado final se hará a la sombra; nunca hay que exponer la pieza al sol.

Consolidación

A veces el material al que nos enfrentamos puede estar deteriorado por el paso del tiempo, la acción del sol o por que la cortical del hueso desapareció durante el hervido de este.

En cualquiera de estos casos es necesaria la consolidación, con la que aportaremos resistencia a la pieza aplicando una resina consolidante disuelta en disolvente para que penetre en los poros. Esta resina endurecerá tras la evaporación del disolvente adaptándose a los huecos donde haya penetrado.

Los consolidantes más utilizados son:

- **Paraloid B-72**

Es una resina acrílica a base de di Etil-metacrilato que se comercializa en pequeños paquetes de cristales sólidos al 100%. Se usa disuelta en acetona o tricloroetileno al 10-15% en volumen. Es el más usado en restauración bien como consolidante o bien como adhesivo y totalmente reversible (Fig. 10).

Disuelta en acetona es muy útil para consolidar materiales secos ya que seca muy rápido, pero pasma en presencia de humedad, es decir, que forma una película blanquecina sin poder adhesivo ni consolidante. Por el contrario disuelta en tricloroetileno al 10-15% sirve tanto para materiales húmedos como secos, si bien tarda más en secar y es más tóxico, aunque tiene mayor penetración.



Figura 10. Paraloid B-72.

- **Mowital B60 HH**

Se trata de un polímero que se comercializa en polvo y que es soluble en alcohol y reversible en alcohol y acetona.

Pasma fácilmente con humedad muy baja, por lo que los materiales deben estar muy secos. Disuelto al 15% en volumen en alcohol resulta muy efectivo para realizar consolidaciones en profundidad, ya que tiene una gran penetración y al secar consigue una dureza óptima, siendo muy recomendado para consolidaciones definitivas.

El consolidante se aplica con brocha o pincel suave si la superficie de la pieza lo permite. Si por el contrario esta superficie aparece pulverulenta (caso de cortical

desecha por exceso de hervido) se puede poner el consolidante utilizando pipetas dejándolo caer gota a gota. También se pueden realizar inmersiones en grandes volúmenes para conseguir más penetración, si bien esto puede resultar peligroso si el material está muy deteriorado ya que se puede deshacer o fragmentar, flotando en algunos casos.

Adhesión o pegado

La adhesión o pegado es la unión entre piezas o fragmentos de piezas mediante la aplicación de una resina en los bordes que endurecerá adaptándose y uniéndose al material una vez evaporado el disolvente.

Para realizar una buena adhesión hay que seguir cuatro pasos:

- Limpieza y consolidación de los bordes de los materiales a unir, bien sean piezas o fragmentos, para favorecer la reversibilidad en caso necesario. Antes de aplicar el adhesivo se debe secar totalmente el consolidante.
- Aplicación del adhesivo en uno de los bordes a unir con brocha, paleta, palos de naranja, jeringuillas, tubos, etc. según convenga.
- Unión de las piezas haciendo que encajen perfectamente.
- Sujeción externa de las piezas durante el tiempo que tarde en secar el adhesivo. Si las piezas son pequeñas la propia fuerza de la gravedad será suficiente (se debe pegar siempre en sentido de la fuerza de la gravedad); en caso contrario se pueden utilizar gomas, cuerdas, pinzas, gatos, plastilina soluble en acetona (de color neutro), estructuras de palos de naranja unidas con silicona termoplástica, etc., procurando siempre proteger el material para que no aparezcan manchas o rozaduras por contacto de estos elementos con su superficie. Se debe eliminar el sobrante mientras esté fresco.

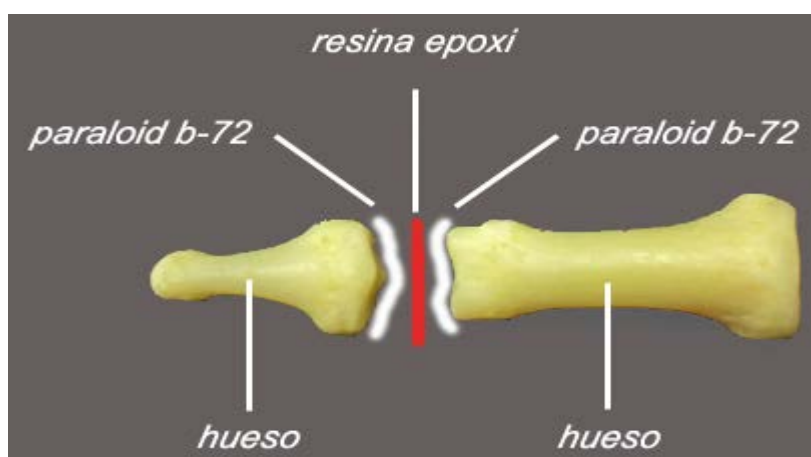


Figura 11. Adhesión tipo "sándwich".

Todas las adhesiones deben ser reversibles (APPLEBAUM, 1987) pero en ocasiones aparecen problemas ya que el adhesivo no soporta el peso de la pieza o se despegan por tener demasiada tensión. En estos casos se puede hacer una **adhesión tipo "sándwich"** (Fig. 11) con resina epoxi no reversible que consiste en aplicar una capa de algún adhesivo reversible, como por ejemplo nitrato de celulosa o Paraloid B-72, en los dos lados donde se vaya a realizar la adhesión; una vez seca esta capa se aplica la resina epoxi. De este modo se puede retirar si fuese preciso esta resina aplicando un disolvente en la unión.

Adhesivos recomendados

- **Nitrato de Celulosa:** de fácil aplicación, pasma en presencia de humedad y es reversible en acetona. Su mayor problema reside en su contenido en celulosa que sirve de alimento para microorganismos y hongos, por lo que tendrá que usarse en ambientes secos y controlados.
- **Paraloid B72** al 30-50% en acetona: muy bueno para unir piezas de pequeño tamaño con superficies grandes de adhesión y que soporten poco peso estructural. También va muy bien para unir pequeños fragmentos y esquirlas. Pasma con facilidad en presencia de humedad.
- **Resina epoxi Rápida:** de dos componentes (mezclados al 50%) y endurecimiento rápido. En 5-10 minutos comienza a endurecer pero no adquiere su mayor resistencia hasta las 24-48 horas. Muy recomendado para adhesiones definitivas y fuertes, especialmente en piezas con poca superficie de adhesión o que tengan que soportar peso. En zonas en las que haya pérdida de material se puede usar para rellenar. Una vez endurecida se torna insoluble y sin reversibilidad por lo que solo se puede retirar por procedimientos mecánicos, con el riesgo para la pieza que ello conlleva.
- **Resina epoxi estándar:** tiene las mismas características que la resina epoxi rápida pero con una reacción más lenta. Comienza a endurecer varias horas después de su aplicación y su máxima dureza llega a las 48 horas. Tanto la rápida como la estándar tienen muy buen envejecimiento. Es muy bueno para adhesiones mediante vertido en grietas. Se debe eliminar el sobrante mientras esté fresco y al igual que el rápido, pasma frente a humedad y una vez seco es irreversible.
- **Epo 150: resina epoxi líquida** transparente de baja viscosidad. Sus dos componentes se deben mezclar en las proporciones indicadas en el envase. Muy buena para adhesiones por colada en grietas finas y profundas. Para su aplicación se hacen "piscinas" de plastilina alrededor de la grieta donde se colará la resina. Como todas las resinas epoxi su reversibilidad es muy complicada.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO FERNÁNDEZ, L., y GARCÍA FERNÁNDEZ, I. 2010. *Diseño de exposiciones. Concepto, instalación y montaje*. Pp. 186-191. Segunda edición revisada y ampliada. Alianza Editorial. Madrid.
- APPELBAUM, B. 1987. Criteria for treatment: Reversibility. *Journal of the American Institute for Conservation*, 26(2):65-73.
- CAMPILLO, D. 1987. *La investigación paleopatológica*. Cuadernos de Sección Antropología-Etnografía 4: 179-200. Sociedad de Estudios Vascos – Eusko Ikaskuntza. San Sebastián.
- CIRUJANO, C. y LABORDE, A. 2001, *La conservación arqueológica*. Arbor CLXIX, 667-668 (julio-agosto), pp. 691-709. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- EDGARD O. ESPINOZA y MARY-JACQUE MANN. 1991. Guía para la identificación del marfil y los substitutos del marfil. Publicada originalmente por el Fondo Mundial para la Naturaleza y la Fundación para la Conservación. <http://www.cites.org/esp/resources/pub/S-Ivory-guide.pdf>
- ESCUADERO, CRISTINA y ROSELLÓ, MAGDALENA. 1988. *Conservación de Materiales en Excavaciones Arqueológicas*. Museo Arqueológico de Valladolid. Junta de Castilla y León. Consejería de Cultura y Bienestar Social.
- FULLER, JIM. 2001. *Concise Dental Anatomy and Morphology*. 4th Edition. University of Iowa. College of Dentistry.
- HILLSON, S. 2005. *Teeth. Manual in Archaeology*. Second Edition. Cambridge University Press. London.
- INÉS PREDEBÓN, L. 2005. *Posibilidades prácticas del polímero acrílico Paraloid B-72*. Tesis Doctoral. Dpto. de Pintura y Restauración. Fª de Bellas Artes. Universidad Complutense de Madrid.
- LABORDE MÁRQUESE, A. 1986. *Conservación y restauración en yacimientos prehistóricos (restos óseos, madera y piedra)*. Gerona.
- MARTIN ROLDÁN, R. Y BLANQUEZ LAYUNTA, M.J. 1986. *Apuntes de osteología diferencial en Mamíferos*. Cátedra de Anatomía y Embriología. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- MICHLASKY, S. 2006 *Preservación de las colecciones. Como administrar un museo. Manual práctico*. París.

- PADILLA CANO, M. 2008. Transmisión cultural y procesos de aprendizaje de carnicería: un estudio experimental comparando expertos y novicios en el descarnado y desarticulación. *Arqueoweb. Revista sobre arqueología en internet*, 9(2).
- PÉREZ ZABALLOS, J., GARCÍA MORENO, A., PÉREZ GONZÁLEZ, S. 2009. Alimentación animal. *Reduca (Biología). Serie Zoología*. 2 (2). ISSN 1989-3260.
- PLENDERLEITH, H.J. 1967. *La conservación de antigüedades y obras de arte*. ICCR, Valencia.
- REY, ISABEL. 2014. *La conservación del patrimonio genético: colecciones de ADN y tejidos*. Tesis Doctoral. Dpto. de Biología Molecular. Fª CC. Biológicas. Universidad Complutense de Madrid.
- ROMER, A. S. 1973. *Anatomía Comparada (Vertebrados)*. Nueva editorial interamericana, S.A. Cuarta Edición. México.
- SANZ NÁJERA, M. 1988. La conservación en arqueología. *Munibe*, 6: 65-71.
- SIMMONS, J.E. y MUÑOZ-SABA, Y. Editores. 2005. *Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas*. Serie Manuales para la Conservación, número 1. Universidad Nacional de Colombia.
- SISSON, S., GROSSMAN, J.D., GETTY, R. 1982. *Anatomía de los animales domésticos*. Coordinación editorial Cynthia Ellenport Rosenbaum, N.G. Ghoshal, Daniel Hillmann. Tomo 1. Quinta Edición. Salvat Editores, S.A. Madrid.
- STORCH, S. 2003. *Field and laboratory methods for handling osseous materials*. Minnesota Historical Society.
- VVAA 2011. *Plan nacional de conservación preventiva*. Instituto de Patrimonio Histórico Español (IPCE).
- YRAVEDRA, J. 2006. *Tafonomía aplicada a Zooarqueología*. Aula Abierta Madrid. UNED.

RECURSOS ELECTRÓNICOS

- <http://www.conservadoresdemuseos.es/>
<http://www.conservation-us.org/>
<http://www.icom-ce.org/>
http://www.ge-iic.com/index.php?option=com_fichast&Itemid=83&tasko=viewo&task=view2&id=66
http://www.kuraray.eu/fileadmin/Produktnamen/Sicherheitsdatenblaetter/Mowital_Safety_Data_Sheet_SPAIN_Spanish.pdf
<http://www.minerals.net/mineral/borates/borax/borax.htm>

CRÉDITOS DE LAS IMÁGENES

Todas las imágenes han sido realizadas con materiales pertenecientes al Museo de Anatomía Comparada de Vertebrados de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

Recibido: 22 de abril 2013.

Aceptado: 20 de diciembre 2015.