

## TÉCNICAS DE CONSOLIDACIÓN DE HUESOS PARA SU CONSERVACIÓN

Nieves Acevedo (1) y Ricardo Vergara C. (2)

(1) Area de Arqueología Museo Nacional de Historia Natural, Casilla 787, Santiago, Chile  
nacevedo@mnhn.cl

(2) Area de Exhibición Museo Nacional de Historia Natural, Casilla 787, Santiago, Chile  
rvergara@mnhn.cl

### RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto dar a conocer y discutir algunas técnicas de consolidación de material óseo que han sido aplicadas en terreno. Dichas técnicas son usadas para evitar la fragilidad que presentan estos materiales al momento de ser excavados, y optimizar así su traslado y posterior procesamiento en el laboratorio.

Estas técnicas son aplicables especialmente a los objetos arqueológicos confeccionados en hueso y osamentas humanas. Pero además, se hace referencia también a restos de mayor antigüedad como los paleontológicos y material zoológico.

---

**Palabras claves:** Técnicas, Consolidación, Huesos

### ABSTRACT

The aim of this papers is to give accounts and discuss some techniques for consolidate bone material that have been implemented in the field. These techniques are used to avoid the fragility of these materials at the moment of its extraction, and enhance their transport and subsequent processing in laboratory.

These techniques are particularly suitable to osseous archaeological objects and human skeletons. In addition, also refers to the remnants of older material such as paleontological and zoological ones.

---

**Keywords:** Techniques, Consolidation, Bones

### INTRODUCCIÓN

Existen antecedentes en diversas partes del mundo acerca de la utilización del hueso y del marfil para la confección de diferentes objetos, sean éstos de uso doméstico, como instrumentos y utensilios, o de uso decorativo. En muchos casos, estos objetos se han considerado verdaderas obras de arte, especialmente aquellos realizados en marfil.

En América precolombina también se manifestó esta actividad, si bien en Chile no se tienen registros del uso masivo del marfil, existen numerosos objetos fabricados en huesos de animales que exhiben gran diversidad de formas así como elementos decorativos, que aparecen en numerosas excavaciones arqueológicas y bioantropológicas.

Este trabajo tiene énfasis en la consolidación de objetos fabricados en huesos encontrados en excavaciones arqueológicas, sin embargo la técnica puede ser aplicada a material óseo más actual permitiendo comparar comportamiento y reacción frente a los cambios que ha experimentado el material arqueológico

El presente trabajo tiene por finalidad discutir y recopilar antecedentes bibliográficos sobre la consolidación de material óseo y dar a conocer nuevas experiencias tanto de terreno como de laboratorio que los autores han llevado a cabo en objetos y restos esqueléticos tanto arqueológicos como zoológicos.

### Generalidades del hueso y del marfil

Desde el punto de vista de su composición son semejantes entre sí y sólo un especialista podría establecer su diferencia y origen; tanto es así que si se quisiera realizar su identificación mediante un procedimiento químico, no podría ser posible, ya que los constituyentes inorgánicos en ambos casos, son los mismos, esto es fosfato cálcico ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) asociado al carbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) y al fluoruro cálcico ( $\text{CaF}_2$ ); por otra parte en ambos materiales el tejido orgánico es la oseína, aunque ésta puede variar en cantidad; pero aún así, siempre se halla presente en un 30% como mínimo del peso total.

Sólo un examen microscópico permite diferenciarlos debido a que cada uno presenta una microestructura que le es propia.

En un corte transversal de un hueso, podemos observar un grano relativamente tosco (grosso), en cambio en el marfil el tejido es más denso y duro, llamado dentina, es más compacto y presenta un reticulado, compuesto de pequeñas zonas lenticulares producidas por las intersecciones de las estrías que irradian desde el centro del colmillo.

Otra característica de ambos materiales es su porosidad y el ser anisotrópicos, es decir, tienen diferentes propiedades en todas sus direcciones (Diccionario de la Real Academia 1992), por esta razón tienden a curvarse fácilmente con los cambios ambientales. La porosidad, en cambio, los vuelve quebradizos y hace que pierdan su color natural con el transcurso de los años.

Debido a que en nuestro medio, hasta el momento no se han encontrado instrumentos de marfil, nos ocuparemos de aquellos confeccionados en huesos animales y de las osamentas; así como aquellos de materiales óseos más recientes.

### Deterioro del material óseo

Los principales agentes de deterioro del material óseo en general y específicamente en yacimientos arqueológicos son:

- a) Cambios ambientales que se producen al momento de su extracción,
- b) Composición del suelo, cuando éstos son ácidos, salinos, arcillosos, etcétera.
- c) Fossilización, proceso que se desarrolla en el tiempo, en que lentamente se reemplaza la materia orgánica por sales minerales,
- d) Daño por factor humano, sea éste fortuito o intencional,
- e) Daño provocado por animales y
- f) Daño por fuerzas naturales, tales como inundaciones, terremotos, etcétera.

### Técnicas de Conservación

#### 1.- Extracción en el Terreno

Como se dijo anteriormente los factores de daño y cambio son variados, sin embargo la conservación de este tipo de materialidad depende de tres factores generales: en primer lugar de la composición que tenga el suelo en que están enterrados; segundo, la metodología aplicada en su extracción y, en tercer lugar del traslado desde el lugar del hallazgo al laboratorio. Se debe realizar una buena limpieza *in situ* si los restos esqueléticos permiten una manipulación segura; así los datos recogidos en terreno resultan de gran valor, al momento de documentar el material en el laboratorio.

En contrario, si se verifica que el material puede experimentar daños o con probabilidades de romperse al momento de su extracción, se debe recurrir al uso de un consolidante diluido, que le entregue la resistencia necesaria que permita efectuar su levantamiento o rescate.

#### 2.- Consolidación en Terreno

La elección de un consolidante debe considerar ciertas características físicas y químicas que permitan ser de fácil aplicación, dilución y posterior eliminación. El Acetato de Polivinilo tiene un alto grado de polimerización en solución al 10% en Tolueno, también recomiendan su utilización en emulsión acuosa o el Polimetacrilato en emulsión acuosa, ésta es usada con frecuencia en zonas tropicales, pues es resistente a la humedad relativa elevada y a las temperaturas altas. Se lleva como emulsión concentrada a terreno y se le diluye en agua hasta lograr la consistencia deseada (UNESCO, 1969 :294-297 y 327-334). Sin embargo, en algunos casos este producto no es recomendable ya que demora en el secado y también dificulta su retiro en el laboratorio.

Un producto con resultados óptimos es el Paraloid o B72 en soluciones al 5%, 10% e incluso al 12% en Diluyente extra rápido, incluso cuando es aplicado en materiales óseos que provienen de terrenos altamente húmedos. Sin embargo el inconveniente que presenta es de tipo comercial ya que no se encuentra disponible en el mercado nacional, pero se puede obtener vía encargo o particular.

En algunos trabajos se recomienda el uso de Acryloid B72 en concentraciones de 3% a 5% (Sease 1988: 57-58).

Se debe tener presente que los consolidantes usados en terreno deben aplicarse en bajas cantidades, dejando una delgada película sobre el objeto, facilitando la manipulación y traslado. No es recomendable la impregnación total de hueso, ya que dificulta el trabajo posterior que se desarrolla en el laboratorio.

### 3.- Traslado y Tratamiento en el Laboratorio

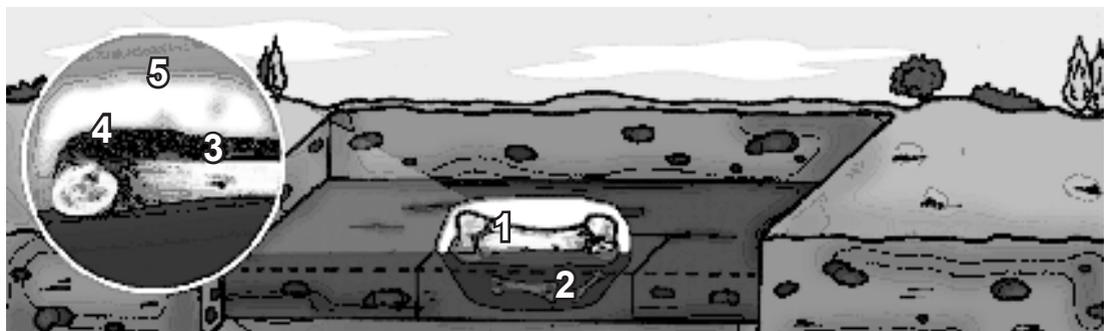
El traslado del material óseo deberá hacerse, en lo posible, en cajas adecuadas sean éstas de cartón o de madera y en cuyo interior lleven capas de materiales flexibles y blandos, que amortigüen o eliminen todo tipo de movimientos como posibles golpes; para tales efectos se usan por lo general ethafoam, poliuretano expandido (espuma), papel con burbujas, algodón, pelet de poliuretano expandido, pluma vit o en último término se puede utilizar hasta papel de diario picado. Es recomendable que estas cajas, además de amortiguantes, lleven también divisiones interiores que permitan separar los diversos tipos de huesos, evitando de esta forma que se produzca un deterioro post exhumación.

Así mismo los dientes que se encuentren sueltos, al igual que los huesos pequeños, deberán ser colocados en frascos con tapa o bolsas individuales selladas.

En la eventualidad que los restos esqueléticos extraídos contengan demasiada tierra adherida, lo más apropiado sería trasladarlos en esa misma condición al laboratorio, y realizar allí la limpieza definitiva. En este proceso es conveniente contar con tamices de diferentes espesores y abertura de malla, que permitan cernir la tierra extraída y recuperar huesos pequeños o fragmentos de ellos, restos orgánicos como invertebrados u otros elementos menos evidentes, pero que pueden aportar información al contexto en estudio.

Una técnica alternativa, no muy utilizada por los especialistas de nuestro medio, es aquella que se usa en Paleontología, especialmente para extraer esqueletos enteros o partes de ellos, de grandes vertebrados ya extinguidos. Se ha considerado de interés darla a conocer, con algunas propuestas de materiales alternativos a los originales, los que pueden complementarla y optimizarla al momento de ser aplicada en la exhumación de huesos humanos.

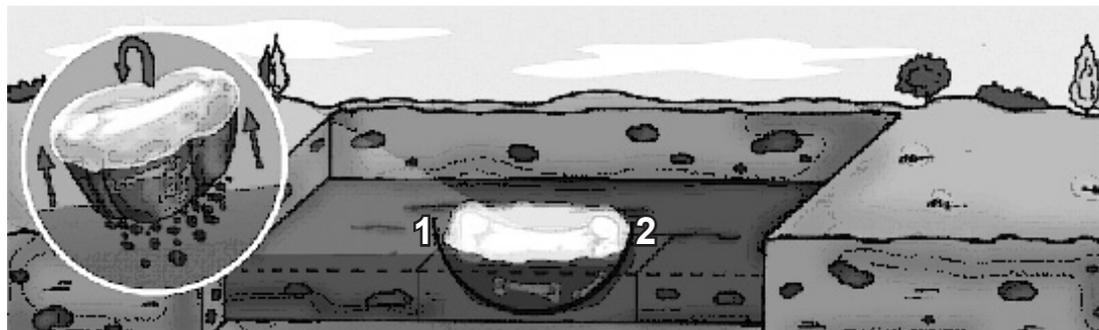
Esta técnica consiste en despejar los huesos y hacer un cálculo estimativo del largo, ancho y probable profundidad que éstos pudiesen tener procediendo, en una primera fase, a rebajar los costados en línea recta vertical y luego, en una segunda etapa, en forma oblicua perpendicular a la base; previo a ésta se debe colocar sobre el esqueleto una capa aislante de plaspel (papel nylon), polietileno muy delgado, o papel de diario arrugado como lo usan los paleontólogos, aunque éste último es de gran alcance, presenta el inconveniente de ser demasiado rígido, por ello no es recomendable usarlo en huesos muy frágiles. Sobre esta capa aislante se coloca una capa de franjas de



1. Hueso descubierto
2. Huesos enterrados

3. Aislante
4. Capa de arpillera impregnada en yeso
5. capa de yeso

FIGURA 1. Muestra el hueso cubierto con capa de yeso



1. Rebaje a la base
2. Agujas de alambre para desprender el Bloque

FIGURA 2. Muestra el rebaje perpendicular a la Base



FIGURA 3. Muestra el Bloque listo para ser transportado al Laboratorio

gasa o de cualquier género absorbente, empapadas de yeso; esta operación se repite unas dos o tres veces en todas las direcciones formando una capa homogénea. Después de esto se coloca una capa de yeso protector. En total toda la capa no debe ser menor a 1 cm de espesor ni debe exceder a los 5 cm.

Esta protección debe cubrir todo el sector despejado y parte del rebaje (Figura 1); una vez fraguado se continúa con la segunda fase que consiste en seguir rebajando el bloque que se desea extraer en forma oblicua y perpendicular a la base (Figura 2); esto facilita que el bloque se desprenda del terreno y pueda ser invertido para aplicar el mismo proceso anteriormente descrito, dando así, una protección al material, facilitando además el transporte hacia el laboratorio. Cada bloque debe estar identificado y foto-documentado a lo largo del proceso (Figura 3).

En toda esta etapa es necesario, además, contar con alambres, cinceles, martillos de distintos pesos, de diversos largos y grosores, los que facilitan la manipulación de los bloques. Los alambres sirven para pasarlos por la base, de un lado al otro, permitiendo asir el bloque e invertirlo, además ayudan a dar firmeza mientras el bloque se trabaja en separarlo del suelo. (Casamiquela, com. pers.).

#### 4.- Tratamiento aplicado en el laboratorio

Por lo general cuando el material óseo se ha tratado con algún tipo de consolidante *in situ*, siempre existe la posibilidad de que haya que retirar parte de él, al momento de efectuar una limpieza más profunda en el laboratorio, especialmente cuando se ha adherido tierra; la que se extrae mecánicamente con instrumentos odontológicos plásticos o metálicos, tales como escariadores, espátulas pequeñas, cepillos blandos o con torundas de algodón humedecidas en solvente, el que estará predeterminado de acuerdo al consolidante utilizado en terreno.

Al ejecutar la limpieza del material óseo, éste debe ser colocado sobre una base blanda que amortigüe todo tipo de presión que se ejerza sobre él. Para ello se puede utilizar esponja u otro elemento que cumpla esa función; los instrumentos de limpieza en lo posible deben ser de tipo plástico, ya que los instrumentos metálicos tienden a provocar pequeñas rayaduras en el hueso.

Otra forma de eliminar el polvo superficial del material óseo, es lavarlos con agua destilada; esto puede parecer una incongruencia, después de habernos referido a los daños que les provoca la acción del agua, pero es factible realizar lavados breves y secado rápido cuando el material así lo permite. El secado se puede efectuar con papel gofrado, con una lámpara que emita calor suave, o en una cámara de secado, si los medios así lo permiten, o en su defecto se dejan secar a temperatura ambiente en un lugar a la sombra.

Ante el problema de salinidad que pueda existir, se debe determinar si las sales son o no solubles en agua, para luego establecer el tratamiento más adecuado. Es probable que los restos óseos procedentes de suelos salinos estén saturados de sales, las que producen una cristalización superficial en ellos. Ante esta situación, una de las formas de prevenir la destrucción de los restos óseos, sería realizar una serie de lavados en agua destilada, siempre que las sales sean solubles y que las condiciones de conservación del material permitan efectuar este tipo de tratamiento. De lo contrario habría que utilizar algún consolidante que cumpla con la característica de ser permeable al agua, lo cual hace que ésta circule libremente a través de él arrastrando consigo las sales que encuentre a su paso, además de proteger el hueso.

Es importante que después de cada lavado se tome una muestra del agua utilizada para analizarla y verificar la existencia de sales. Este análisis se puede realizar a través de un conductímetro o se pueden agregar una gotas de Nitrato de Plata, el que reacciona ante la presencia de sales formando un precipitado blanquecino o neblinoso el cual se hará más denso ante una mayor concentración salina.

En las osamentas que provienen de sitios costeros se dan casos en que después de varios lavados, al efectuar el análisis con Nitrato de Plata sigue apareciendo un leve precipitado, lo que estaría indicando la presencia de sales orgánicas y en tal caso se deberían agregar una o dos gotas de ácido Nítrico, si desaparece el precipitado significa que el lavado es satisfactorio. De lo contrario se tiene que utilizar un método de mayor complejidad basado en solventes orgánicos.

Pero sin duda, el mayor problema lo presenta el material que contiene sales insolubles, sobre todo si son carbonatos o sulfatos cálcicos, ya que en los primeros se hace necesario la utilización de ácido clorhídrico, corriendo riesgos de provocar daños irreversibles en el hueso, tal como una rotura parcial o total de él; por lo que el uso de este ácido debe ser en casos muy justificados y en soluciones de muy baja concentración que no excedan más allá del 1%, aplicado en forma puntual y con el apoyo de un buen microscopio o lupa que permita la observación y control de la reacción que se está produciendo, evitando de este modo que el ácido continúe actuando más allá de lo debido; el excedente se puede eliminar a través de lavados con agua destilada. Cabe señalar que si bien esta solución ácida ablanda las sales adheridas, nunca se logran extraer en su totalidad por lo que el resto deberá extraerse mecánicamente, si es posible.

En el caso de los sulfatos cálcicos es muy difícil su eliminación por la insolubilidad que presentan y la única alternativa para su extracción es la vía mecánica.

El material óseo seco, puede consolidarse con alguno de los productos químicos antes mencionados, sometiéndolos a una impregnación superficial parcial, dando la posibilidad de controlar el exceso y brillo que puede producir la solución; ésta debe ser aplicada mediante un asperjado y/o en capas homogéneas sobre el objeto.

La concentración más usada en las consolidaciones realizadas por algunos especialistas es al 5% ya sea de Acetato de Polivinilo o Polimetacrilato en Tolueno, también usan Nylon soluble en Alcohol, aunque éste produce una capa color mate en la superficie del material tratado.

Se tiene la experiencia concreta de haber realizado consolidaciones en material óseo con un cierto grado de humedad y también seco con Paraloid B72 al 5% disuelto en Diluyente extra rápido, con óptimos resultados tanto en terreno como en laboratorio. Este producto ha sido aplicado como aerosol o asperjado, de esta forma deja una película homogénea sobre la superficie tratada, aunque también se puede aplicar con pincel, a pesar de que este último procedimiento después de dos o tres capas tiende a acentuar la aparición de brillo. Incluso en materiales muy deteriorados se ha aumentado la concentración al 10%, logrando resultados satisfactorios.

## DISCUSIÓN

Uno de los principales agentes de daño son aquellos provocados por los cambios ambientales bruscos que con frecuencia ocasionan daños irreversibles. Por una parte el calor hace que los huesos se curven con facilidad y por otra, la humedad hace lo propio cuando su acción es prolongada, actuando como acelerante de la descomposición, a causa de la hidrólisis que se produce en la oseína; este fenómeno se produce cuando una sal toma contacto con el agua y reacciona dejando moléculas de ácido o base sin disociar y además, una solución ácida o básica según el tipo de sal (Santamaría 1982:102), por lo que el estado de fragilidad y destrucción tiende a ser mayor.

Otro factor que suele incidir en el deterioro, es la composición del suelo, ya que la acidez de ellos hace que los huesos se desintegren rápidamente, porque afecta la composición química del material óseo. También juega un rol importante la salinidad del terreno, las sales al ser absorbidas por los huesos, los transforma en sustancias esponjosas con mayor susceptibilidad a la captación de agua, lo cual no sólo los afecta desde un punto de vista químico sino también físico.

La fosilización es un fenómeno natural al cual podrían estar afecto el material óseo; pero más que un causante de daño, es un factor de cambio físico-químico, en que los componentes orgánicos del hueso van siendo reemplazados lentamente por minerales; y donde la materia calcárea que logra subsistir se va asociando a las sales minerales y sílice que provienen del suelo, en forma de cuarzo.

Otra causal importante de daños irreversibles, es el factor humano; dentro del cual podemos mencionar metodologías deficientes en el momento de extraer los objetos de huesos u osamentas, utilizar materiales y efectuar embalajes no apropiados para trasladar el material óseo desde el lugar *in situ* al laboratorio donde se terminarán de procesar.

El fuego es otro factor que causa daño y produce cambios de tipo físico, en ocasiones los huesos son quemados como parte de un ritual y el estar enterrados durante largo tiempo los vuelve azulosos negruzcos o grises.

Otros factores que son causales de daños son la luz solar, los sismos, las inundaciones, los animales, y los incendios.

En los últimos tiempos las técnicas utilizadas en terreno han experimentado un notorio avance en beneficio de una mejor conservación de los materiales excavados.

Por otra parte, los especialistas en la técnica de la taxidermia, hacen lo propio para poner al servicio de otras disciplinas como la arqueología y paleontología, su quehacer, desarrollando diversas preparaciones esqueléticas que sirven como elementos de comparación para la identificación o discriminación de especies que pueden encontrarse en los hallazgos arqueológicos especialmente.

Podemos agregar además, que el estado de conservación del material óseo u objetos de este material, por lo general, está determinado por diversos factores entre los cuales podemos mencionar el tipo de suelo donde han estado enterrados, cambios climáticos, acción antrópica, por mencionar algunos. Es así como los suelos arcillosos o salinos nos entregarán un material frágil y quebradizo debido, por una parte, a la pérdida del retículo orgánico y por otra, a causa de la absorción de las sales; así como aquellos que tienen una excesiva humedad nos proporcionarán un material reblandecido y difícil de excavar. Es en estos casos cuando cobra real importancia la labor de conservación, la que debiera estar contemplada y presente en cada trabajo, especialmente en terreno.

Si bien, es cierto que para muchos investigadores es importante reconstruir todo aquello que se encuentra deteriorado, no se puede desconocer que una vez intervenido el material, aunque sea con el consolidante más inocuo, los datos que se obtengan distarán bastante de la información original; ya que a pesar de los avances metodológicos y técnicas desarrolladas, que se han escrito hasta el momento, seguimos pensando que debe primar el criterio de la «mínima intervención», es decir, debe prevalecer la conservación por sobre aquellos criterios específicos de investigaciones que no siempre agotan todos los aspectos y lo único a que pueden conducir es a destruir aquellos vestigios que a futuro pudiesen entregar nuevos aportes al conocimiento de un determinado grupo cultural. Al respecto existen innumerables ejemplos donde a primado un interés específico y la intervención ha sido indiscriminada. Sin embargo, todo trabajo, especialmente técnico, no está exento de críticas, sobre todo cuando existe una intervención invasiva en objetos de origen óseo o esqueletos, tampoco se trata de impedir el avance científico, sino de realizar, en lo posible, un trabajo interdisciplinario donde especialistas y conservadores logren conciliar sus diferentes puntos de vista, en beneficio de los materiales en estudio, de futuras investigaciones y conocimiento de este patrimonio que cada día nos entrega nuevas y diversas interrogantes que se deben dilucidar.

## AGRADECIMIENTOS

Comprometen nuestra gratitud Arturo Rodríguez, arqueólogo ex investigador de la Sección Antropología del Museo Nacional de Historia Natural, quien contribuyó con datos y experiencias realizadas en terreno. Víctor Toledo, quien aportó valiosa información técnica. Pablo Vallejos Frías realizó los dibujo que ilustran el presente trabajo. En forma especial, nuestros agradecimientos al ya desaparecido Rodolfo Casamiquela, investigador del Instituto de Paleontología de Río Cuarto Argentina, que nos entregó valiosa información, para extraer material paleontológico en terreno y a María Eliana Ramírez, ficóloga de nuestro Museo, quien aportó valiosas críticas y correcciones a esta contribución.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LEECHMAN, D.

1934 Moyens de Préserver les Spécimens anthropologiques dans les Musées. Canada Ministère des Mines, Musée National du Canada, Pp.16-17, Ottawa, Canada.

REAL ACADEMIA DE LA LENGUA

1992 Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. Real Academia de la Lengua (Ed.), Madrid, España.

SANTAMARÍA, F.

1982 Curso General de Química. Editorial Universitaria, tomo 2 :102, Cuarta Edición, Santiago Chile.

SEASE, C.

1988 A Conservation Manual for the Field Archaeologist. Archaeological Research Tools, Institute of Archaeology, University of California, 4:56-63, Los Angeles, USA.

UNESCO

1969 Conservación de los Bienes Culturales. Museos y Monumentos IX, Pp. 294-297 y Pp. 327-334, París, Francia.