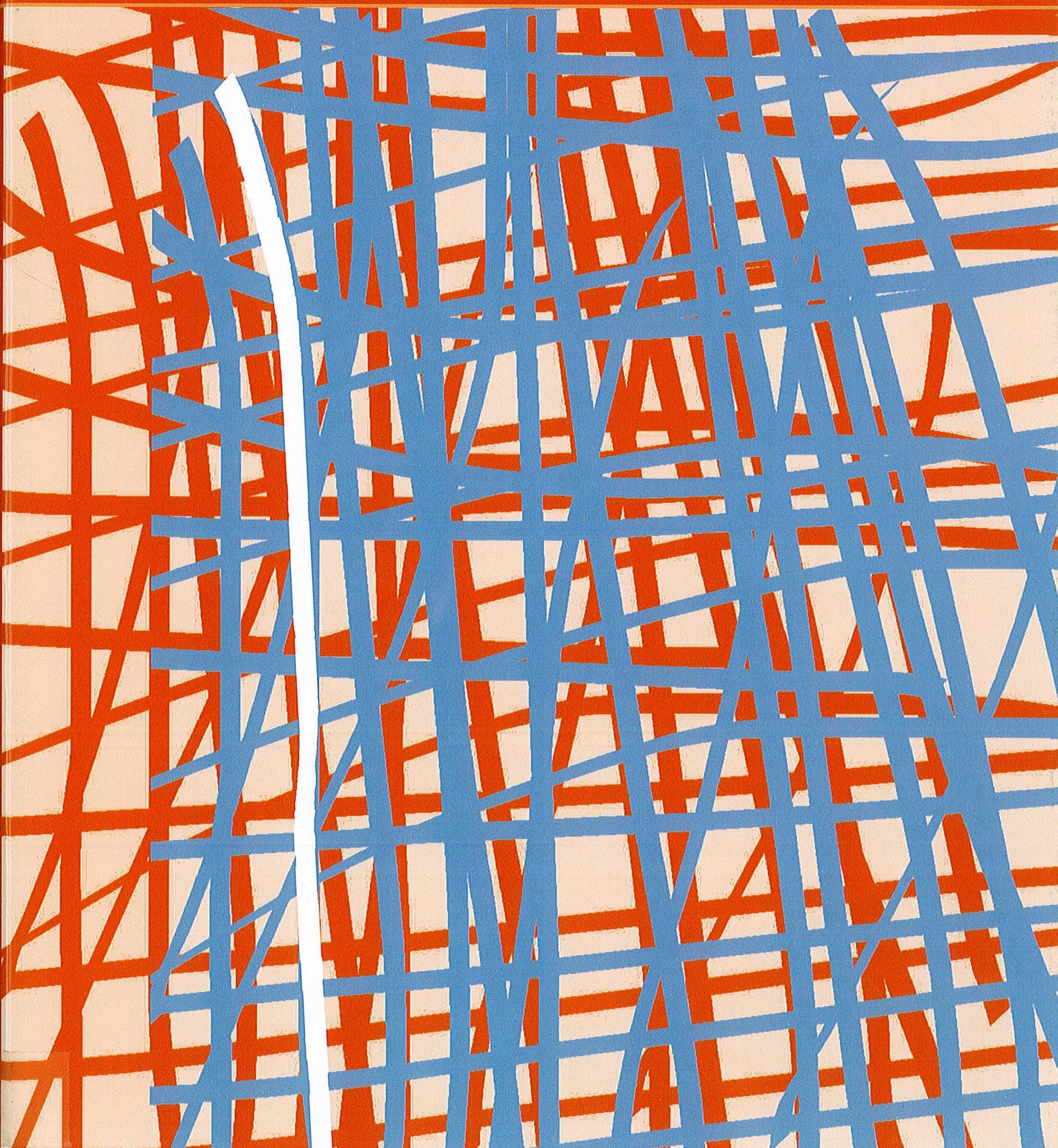


CONSERVACIÓN EN YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS

Textos del Seminario de Arteleku (Donostia-San Sebastián), 22-26 octubre de 2001

María José Noain , Mertxe Urteaga
(eds.)



Los principios de la conservación- restauración

Ana Bouzas Abad*

* Conservadora-Restauradora de material
arqueológico del Instituto Andaluz del
Patrimonio Histórico IAPH. Sevilla

Los objetos empiezan a sufrir los efectos del paso del tiempo desde el mismo momento en que el artesano, escultor, carpintero o fundidor, pone punto final a su obra. Es entonces cuando comienza su uso, su posible abandono y su deterioro. A algunos de ellos este interludio del tiempo les aporta una belleza distinta, otros, quedan ocultos hasta que son descubiertos en las numerosas intervenciones que se han realizado en las excavaciones arqueológicas.

La arqueología y la conservación deben estar íntimamente relacionadas para poder llevar a cabo la conservación de los bienes culturales. Específicamente las labores de conservación-restauración están encaminadas a la conservación, preservación y transmisión de la información que ocultan y contienen, dado su carácter de documento.

La conservación-restauración se basa en unos principios teóricos que se deben conocer y respetar. Cada material y su estado de conservación determinarán los criterios a seguir en la intervención. Básicamente podemos enunciar los siguientes puntos que nos servirán como pauta en un tratamiento de conservación:

1. Justificación de la intervención.
2. Interdisciplinariedad de la intervención.
3. Documentación.
4. Estudios previos y simultáneos a la intervención.
5. Duración de la intervención
6. Los tratamientos.
7. Los materiales y su compatibilidad.
8. Legibilidad de las intervenciones
9. Reversibilidad de los materiales
10. Programas de mantenimiento y conservación preventiva

Para realizar una intervención en un bien cultural siempre se deberá tener en cuenta su estado de conservación y nunca actuaremos sobre él por motivos estéticos. Es necesario realizar un trabajo conjunto entre los diferentes especialistas que trabajan, intervienen e investigan en el patrimonio, para poder establecer un mejor diagnóstico del bien, valorar la metodología de actuación y así poder garantizar la intervención. En el terreno científico y dado que estas disciplinas han experimentado un gran desarrollo en los últimos años, sus aportaciones e investigaciones permiten

llevar a cabo estudios muy precisos de la materia y de todos los fenómenos químicos, físicos y biológicos que les afectan. La reunión de todos los especialistas en temas patrimoniales nos permitirá realizar unos estudios previos que nos ayudarán a adoptar una metodología y actuación concretas. Antes de realizar una intervención de restauración que tiene como función la legibilidad y el restablecimiento de la unidad potencial del bien, debemos plantearnos si es estrictamente necesario, ya que primero deberíamos optar por su conservación preventiva, ya que tiene como objetivo retrasar la intervención directa sobre el objeto, si podemos mantenerla en unas condiciones estables para poder prolongar la vida del bien, mediante el conocimiento de los factores del deterioro, los materiales de composición, sus condiciones ambientales y su mantenimiento.

Si tenemos que actuar directamente sobre un bien, toda intervención debe apoyarse en una sólida documentación donde se analizarán tanto en los aspectos históricos, con sus diversas fuentes documentales, como en las técnicas de fabricación, estado de conservación a lo largo del tiempo, seguimiento de la intervención, no quedando restringida a las etapas iniciales de esta, sino que deberá continuar a lo largo de la misma. Una vez realizados estos estudios previos es muy importante disponer del tiempo necesario para la realización de la intervención, ya que los tratamientos que utilizemos necesitan un plazo para su aplicación. Deben ser cuidadosamente elegidos basándonos en los estudios realizados previamente y además estarán debidamente justificados y/o experimentados para que podamos evaluar su impacto, inmediato y a largo plazo. También analizaremos la necesidad de este tratamiento, midiendo el grado de alteración con el fin de intervenir lo menos posible, justificando la adición de materiales y sobre todo respetando la integridad del bien cultural.

Los diferentes materiales que empleemos y que se pondrán en contacto con los originales constitutivos del bien, deberán ser perfectamente compatibles en materia mecánica, física, química y óptica. Es necesario poner en valor el bien a tratar y darle una lectura comprensible, pudiendo discernir sin confusión las partes originales de las tratadas mediante la utilización de diferentes materiales.

Los materiales que utilicemos deberán ser en la medida de lo posible reversibles para que el objeto no sufra repercusiones negativas. Debemos tener en cuenta que el objetivo de los tratamientos que apliquemos es la de favorecer la conservación de los diferentes materiales, que nos ayudarán a retardar o paliar en cierta medida la acción de los agentes del deterioro, ya sean antrópicos o medioambientales.

Deberemos tener en cuenta que la conservación de un bien cultural no acaba con un tratamiento de conservación. Es necesario tomar una serie de medidas que nos ayuden a mantener los materiales tratados en las condiciones más idóneas, para lo cual deberemos estudiar programas de mantenimiento que nos aseguran su perfecta conservación.

Podemos resumir los conceptos de conservación-restauración en:

- **Interdisciplinariedad de la intervención:** deberemos considerar que la conservación es un trabajo compartido entre diferentes especialistas: historiadores, arqueólogos, arquitectos, fotógrafos, científicos, restauradores, artesanos, ...
- **Intervención mínima:** los motivos que nos llevan a una intervención mínima son diversos:
 - Las intervenciones someten al bien a un gran estrés físico
 - Son pocos los materiales que nos dan garantía de reversibilidad e inalterabilidad en el tiempo y que son compatibles con los materiales originales.
 - Garantizamos en cierta manera un respeto por las informaciones existentes.
- **La discernibilidad:** toda intervención tiene que ser reconocida. Toda parte añadida debe distinguirse de la original sin crear molestias a la correcta lectura de la obra.
- **La reversibilidad:** Cualquier intervención podrá ser eliminada sin causar daños al original.
- **La compatibilidad:** Los materiales empleados en la restauración no deben ocasionar daños (físicos, químicos, mecánicos) o cambios estéticos (modificar el aspecto del bien)

CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN

La conservación de los objetos dependerá en gran manera del medio en que se encuentren, ya sea en un medio marino, terrestre o lacustre. En cual-

quiera de estos ambientes los vestigios y materiales que encontremos después de años o siglos, habrán sufrido importantes transformaciones: se hallarán deformados, fracturados, alterados por ataque biológico, por lo cual sus características mecánicas y sus propiedades químicas habrán cambiado.

Los objetos que han permanecido enterrados durante un periodo de tiempo han alcanzado un equilibrio con su medio circundante.

El estado de conservación de los objetos sumergidos depende de la temperatura, la profundidad, las corrientes, la descomposición de materiales calizos, las bacterias y hongos, del desarrollo de microorganismos.

En general, podemos decir que se mantienen en unas buenas condiciones de conservación cuando permanecen en un lugar con poco oxígeno y al abrigo de la luz.

Cuando nos enfrentamos a la extracción de materiales sumergidos, debemos prever todas las actuaciones que vamos a realizar y tener los medios suficientes para llevarlas a cabo, ya que al movernos en un medio distinto al terrestre las operaciones que efectuemos tienen que ser muy controladas. Al igual que en otro medio habrá que documentar todo el proceso (tomas fotográficas del hallazgo, toma de muestras, levantamiento planimétrico, topográfico,...), tanto si vamos a extraerlo o consideramos dejarlo "in situ". En materia conservativa deberemos tener en consideración que los materiales a extraer se pueden encontrar debilitados, caso de las maderas, por lo cual será necesario realizar un soporte especial para su extracción, que los proteja y reducir así al máximo su manipulación.

Antes de definir la metodología de intervención que recoge los criterios expuestos anteriormente, podemos definir la diferencia que existe entre **conservación y restauración**, individualizando las actuaciones y la finalidad que cada una de ellas se propone conseguir.

Las intervenciones de conservación pueden ser indirectas o directas.

La conservación indirecta, tiene como función prolongar la vida del bien conservando los materiales que lo componen en un ambiente estable. Para que se desarrolle adecuadamente se deben realizar un conjunto de estudios encaminados al conocimiento intrínseco del bien. Se deberá estu-

diar y analizar la historia material, estudios analíticos, análisis de los factores de degradación y las acciones de prevención.

La conservación directa o activa, interviene sobre los efectos de la degradación que la pieza manifiesta. Las actividades que realizamos: desalar, consolidar, fijar, inhibir, eliminar concreciones, operaciones que podrían considerarse como propias de la restauración.

La restauración, es la intervención directa que se realiza en un objeto con el fin de reducir los riesgos potenciales de degradación, empleando técnicas y tratamientos concretos. La intervención de restauración es siempre traumática, ya que eliminamos parte de los componentes de las piezas que tratamos, añadimos nuevos productos y materiales ajenos a las mismas. Teniendo en cuenta que estos materiales de aportación deberán alcanzar un nuevo equilibrio con los originales, realizaremos las operaciones estrictamente necesarias y con materiales suficientemente experimentados.

Los métodos de prevención serán los más adecuados a los diferentes ambientes ya sean:

conjuntos arqueológicos, obras expuestas al exterior, salas de exposición, salas de almacenaje...

METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN

Antes de comenzar una intervención sobre un bien cultural debemos establecer una metodología que deberá contemplar los siguientes puntos:

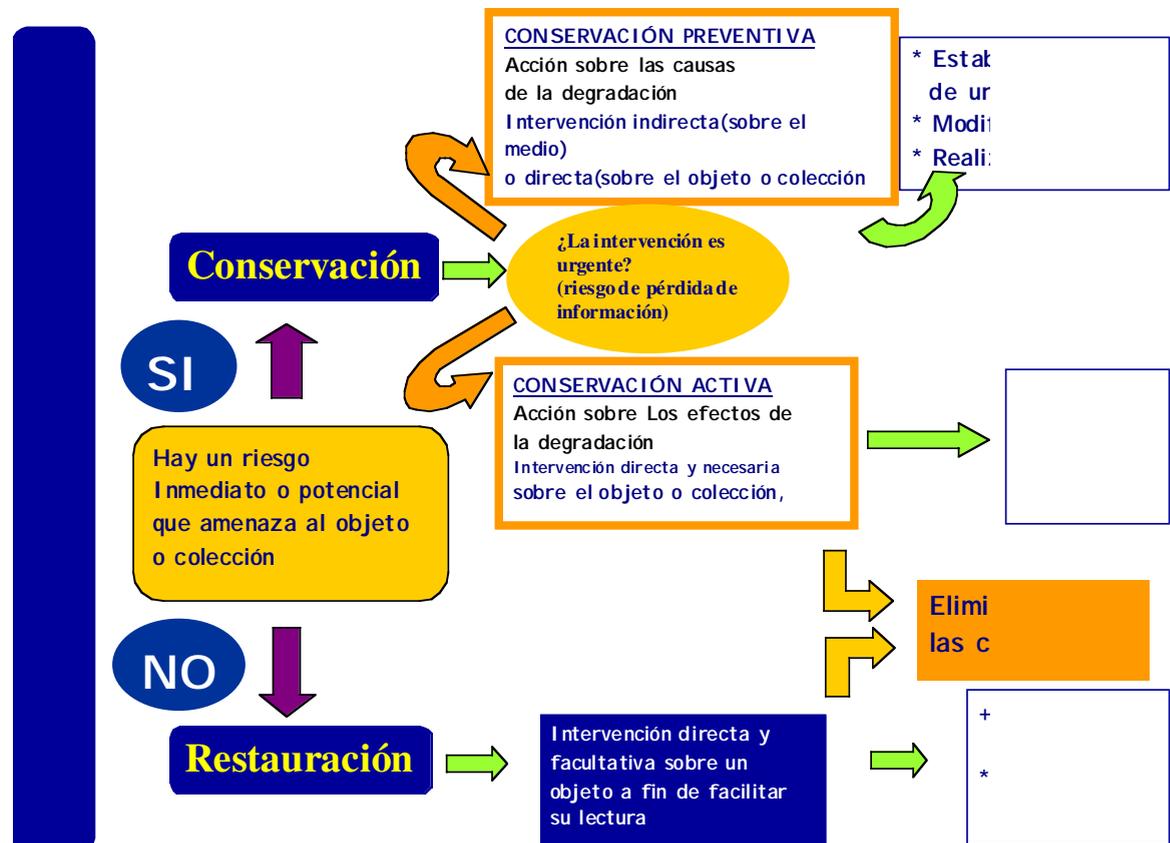
1. Documentación.
2. Estado de conservación.
3. Tratamiento.
4. Exposición y acondicionamiento.
5. Difusión y divulgación.

1. Documentación:

Este apartado engloba estos tres puntos principalmente:

1.1. Criterios generales de la intervención.

El bien cultural como ya hemos mencionado durante su vida histórica ha sufrido transformaciones, ya sea por su utilización, por su abandono o por su enterramiento. Su forma ha cambiado, su peso



Autor: Denise Guillemard. "Editorial". Illeme colloque internationale de l'ARAAFU- Paris 1992. La conservation preventive.

y también han cambiado sus propiedades. El proceso de documentación supone la búsqueda de informaciones históricas, arqueológica, etnológicas, etc. que ayuden a comprenderlo y a interpretarlo correctamente. La intervención comienza por tanto con un examen diagnóstico del objeto, que analizará: la significación cultural, evaluar su estado de conservación y las causas de su degradación, conocer los elementos constitutivos del material y su técnica de ejecución, identificación de intervenciones anteriores y evaluar los daños que puede sufrir el objeto en ausencia de tratamiento.

1.2. Historia del bien.

Debemos profundizar en el conocimiento del bien en todos sus aspectos, por tanto tendremos que: localizar y analizar las fuentes documentales y conocer su historia material, el contexto arqueológico en que se encuentra, interpretarlo estilísticamente, y conocer todos sus datos técnicos como: datos sobre la fabricación, proceso de ejecución y materiales empleados.

1.3. Estudios científico-analíticos (técnicas de análisis).

Antes de realizar cualquier tipo de intervención de conservación-restauración en un material arqueológico estamos obligados a recurrir a los métodos científicos, unidos a un diagnóstico inicial visual del bien que vayamos a tratar.

Estas disciplinas, dado el desarrollo que han experimentado en los últimos años, nos permiten llevar a cabo estudios muy concretos de los diferentes fenómenos que han actuado sobre el objeto, las patologías presentes, la caracterización de los materiales de composición, ...

Estas técnicas pueden ser aplicadas sin dañar ni alterar la materia que se investiga, por lo cual se están usando cada vez más para el estudio de los bienes culturales. Podemos utilizar desde las más tradicionales, Microscopía óptica, hasta las más novedosas como, la radiación infrarroja, el laser, los análisis por activación neutrónica,...

Alguno de los métodos que se utilizan son "microdestructivos", ya tienen que extraerse una serie de muestras del material a analizar. La extracción de estos pequeños fragmentos debe ser realizada con racionalidad, por expertos y dependiendo de la problemática que presente el bien. Al extraer una muestra se deben tener en

cuenta una serie de requisitos: representatividad del problema, número de muestras, dimensiones, elección de los puntos de extracción y no contaminación de las mismas.

Las técnicas de análisis que tenemos a nuestra disposición nos ayudan a realizar: identificación de compuestos, análisis cuantitativo, conocimiento de las fases estructurales y constituyentes de los materiales, análisis de los productos de corrosión y pátinas, caracterización de materiales, determinación de las características mecánicas y ensayos de corrosión, análisis dendrocronológico, métodos de datación, evaluación de métodos de limpieza y materiales a emplear, análisis mineralógico-petroológico, estudios microbiológicos, identificación de fibras, identificación morfológica y otros que mencionaremos según vayamos explicando brevemente qué podemos esperar de cada método.

1.4. Técnicas de análisis

Métodos de examen físico

Nos ayudan a documentar tanto externa como internamente, el estado de conservación del material a tratar. Nos apoyamos en: la fotografía (macro y microfotografía), fotografía con luz rasante y con iluminación transmitida, digital, etc. Las técnicas radiográficas y gammagráficas, termografía, termoluminiscencia, holografía laser, son otras técnicas en las que podemos apoyarnos para documentar un objeto.

Microscopía óptica

Mediante un juego de lentes podemos obtener elevados aumentos y así poder trabajar y observar sobre el objeto a tratar. Se trabaja entre 10 y 40x. Se denomina bajo aumento, siendo muy útil para: Realizar manipulaciones.

Para la observación preliminar.

Para tener una imagen de conjunto del objeto. En restauración se utiliza en aplicaciones prácticas el denominado alto aumento, comprendido entre 150 y 500x.

Microanálisis

Es una técnica de análisis químico para caracterizar los materiales que componen los objetos. Se pueden analizar materiales de naturaleza mineral (pigmentos, sales, productos de corrosión, de depósito, ...). Se reconocen por medio de una reacción característica al añadirles un reactivo.

Microscopía electrónica (de transmisión y de barrido)

Se trabaja con un microscopio que utiliza electrones en vez de luz, y lentes magnéticas en lugar de lentes de vidrio. Se emplea esta técnica para el estudio de estructuras materiales. El sistema más apropiado es el SEM porque da imágenes más claras con alto grado de definición, siendo la visión tridimensional.

Cuando combinamos las propiedades de los rayos X con el microscopio electrónico, se pueden desarrollar análisis elementales cualitativos y cuantitativos, sobre una zona muy pequeña de una materia sólida. Podemos analizar: pigmentos, productos de alteración sobre metales, piedra, etc.

Técnicas cromatográficas

Se basan en la separación de los componentes de una mezcla, y cada componente es reconocido de una forma individual. Podemos enunciar:

- Cromatografía líquida de alta resolución: para analizar aglutinantes proteínicos
- Cromatografía de capa fina: para identificar materiales orgánicos, aglutinantes, adhesivos, barnices,...
- Cromatografía de gases: para aglutinantes proteínicos, oleosos, ceras, ...

Espectometría infrarroja

Para poder analizar las sustancias debemos enviar a través de ellas un haz de radiación electromagnética (IR). La absorción selectiva de las radiaciones en las diferentes sustancias, va a dar como resultado un espectro de absorción que es característico de cada una de ellas. Con esta técnica podemos analizar sales, hidróxidos, barnices, aglutinantes, pigmentos, adhesivos, etc.

Espectometría de absorción atómica

Los instrumentos analíticos basados en la absorción, miden la diferencia de la radiación antes y después de atravesar la muestra. Esta diferencia es proporcional a la cantidad del elemento presente. La sustancia que contiene el elemento del que se quiere analizar una determinación cuantitativa, se encuentra en solución diluida. Con este método se realiza un análisis cuantitativo elemental de: sales, pigmentos, metales, materiales pétreos, productos de corrosión, y en general compuestos orgánicos.

Espectometría de masas

La aplicación de este sistema de análisis ayuda a identificar y cuantificar compuestos orgánicos, "rompiendo" las moléculas y pesando e identificando cada uno de los fragmentos que la componen.

Difracción de rayos x

Es una técnica, que permite identificar los compuestos cristalinos (minerales) presentes en una sustancia. Primero se tritura la mezcla hasta obtener un fino polvo sobre el que se hace incidir un haz de rayos X, que se difractan en ángulos concretos. Como se conocen los poderes reflectantes de cada mineral, se puede hacer una estimación semicuantitativa de cada uno. Podemos obtener de este análisis resultados cuantitativos y cualitativos de todos los sólidos cristalinos.

Fluorescencia de rayos x

Se pueden identificar los compuestos sometiendo los a radiaciones de una determinada longitud de onda, que produce un fenómeno óptico denominado fluorescencia. La energía de la radiación y la longitud de onda de los rayos está relacionada con el número atómico del elemento responsable del fenómeno y permiten su identificación. Nos ayuda a identificar cualitativa y cuantitativamente: compuestos orgánicos, metales y aleaciones, materiales cerámicos, pigmentos, productos de corrosión... Esta técnica es muy utilizada en análisis químicos de materiales arqueológicos, porque es no destructiva.

Análisis metalográfico

Con este nombre podemos designar a todos los procedimientos de estudio que tienen como

objetivo el conocimiento de las fases estructurales y constituyentes de los materiales metálicos. Se realiza para conocer las propiedades mecánicas y las aleaciones con relación a su estructura.

Si lo aplicamos a las obras de arte nos permite extraer información sobre los tratamientos mecánicos y térmicos que ha soportado el metal. Se consideran también las alteraciones presentes y aquellas que se localizan en la interfase entre el objeto y el ambiente que le rodea.

Par analizar en su totalidad y conocer a fondo el material metálico con el que vamos a trabajar, deberemos realizar el análisis químico elemental mediante las siguientes técnicas:

- Espectrometría de absorción atómica (AAS), Espectrometría de plasma acoplado con un detector espectrometro de masas (ICP-MS), fluorescencia de rayos X (XRF), PIXE (protón induced X-Ray emission).
- La caracterización de materiales, que se apoya en las siguientes técnicas: difracción de rayos X, espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier, microscopio electrónica con microsonda de rayos X.
- La determinación de las características mecánicas y ensayo de corrosión, se realiza normalmente con probetas con la misma composición del material y tratamiento de la materia original para poder realizar los siguientes estudios: ensayos de resistencia mecánica, ensayos de corrosión, estudio de la compatibilidad con los materiales empleados en su tratamiento: pátinas artificiales, capas de protección,...

Análisis por activación neutrónica

Se realiza un análisis de la radioactividad producida por la transformación de determinados elementos en isótopos radiactivos mediante el bombardeo con neutrones. Los estudios que se desarrollan son de carácter elemental, cualitativo y cuantitativo. Se utiliza para la valoración de las impurezas en metales, cerámicas, pigmentos, y para poder establecer su autenticación y datación. Se obtienen resultados muy precisos sobre elementos traza (específicos de determinados materiales) que son de gran utilidad en arqueometría.

Métodos de datación

Podemos utilizar los siguientes para obtener información de los bienes culturales.

Mencionaremos los siguientes:

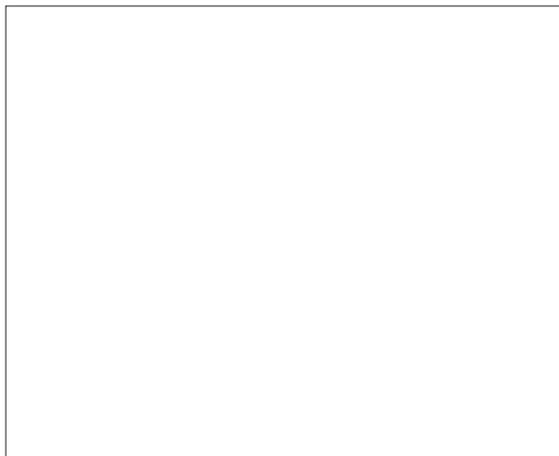
- Análisis dendrocronológico: para datar objetos de madera, basado en el estudio de los anillos de crecimiento anual y las variaciones que se producen en función del clima.
- Estudios con microscopio óptico con luz transmitida y estereomicroscopio para poder determinar la morfología (observar las secciones: transversal, longitudinal, radial, tangencial)
- Carbono 14: para datar materiales orgánicos. Se utiliza un isótopo radiactivo del carbono cuyo periodo de semidesintegración es elevado.
- Palinología y edafología: métodos de datación para estudiar los estratos y los restos de pólenes encontrados en yacimientos arqueológicos. Su identificación nos indica el tipo de vegetación ambiental de un estrato, determinar y conocer las condiciones de vida, los cambios climáticos, etc.

Análisis del biodeterioro

Deberemos también realizar estudios sobre la naturaleza de los organismos que alteren el bien cultural realizando estudios sobre:

- Estudios macroscópicos de organismos
- Investigación de la eficacia de los biocidas, tanto in situ como en los laboratorios
- Caracterización microbiológica con técnicas convencionales, de microscopía electrónica y biología molecular

Entre otros estudios que podemos realizar para complementar tanto la documentación, la historia del bien y los análisis científico-analíticos, podemos



Degradación biológica en el material pétreo

mencionar: los medioambientales (climáticos, microclimáticos y de contaminación), estudios hidrogeológicos, análisis técnico-constructivos, estudios geotécnicos, estudios estratigráficos, y cualquier tipo de estudio que puede ayudarnos a completar la historia del bien cultural sobre el que vamos a intervenir.

Evaluación de los métodos de limpieza y determinación de los materiales

Antes de comenzar el tratamiento de intervención sobre un bien cultural, debemos poner a punto los métodos de limpieza mecánicos y químicos más idóneos, realizando ensayos de compatibilidad de los diferentes productos que vamos a emplear, con los materiales originales, y su estabilidad química frente a los agentes de alteración.

2. ESTADO DE CONSERVACIÓN

Partiendo de la documentación existente podremos realizar un diagnóstico del bien cultural. Posiblemente a lo largo del tratamiento se plantee la necesidad de emprender nuevos estudios específicos que complementen la intervención y

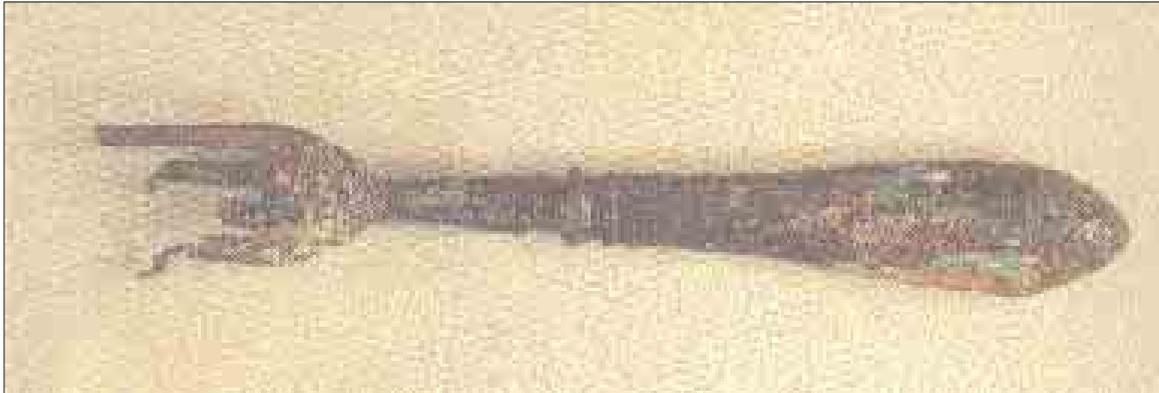
que tendrán una continuidad durante todo el proceso.

Ya que la intervención como hemos mencionado debe ser de carácter interdisciplinar, es necesario que los técnicos que trabajen en el proyecto se vinculen al mismo durante la duración del mismo. Para poder realizar un correcto diagnóstico deberemos observar los siguientes puntos:

1. Interpretación de los resultados obtenidos en los estudios previos.
2. Análisis y evaluación de patologías y causas de alteración
3. Estudio comparativo de los estados de conservación en los momentos más significativos, por medio de la documentación fotográfica existente en los diferentes archivos
4. Realización de cartografía temática, reflejando: datos técnicos físicos, técnica de ejecución, intervenciones anteriores, alteraciones del soporte, alteraciones de la superficie, ...
5. Pruebas de limpieza y evaluación de productos
6. Test de limpieza y evaluación de productos: realización de pruebas mecánico-manuales y

TABLA RESUMEN DE LOS ANÁLISIS NECESARIOS PARA MATERIALES ARQUEOLÓGICOS

CERÁMICAS Y VIDRIOS:	- Análisis mineralógico-petrográfico de la pasta (grado de cocción, procedencia de las arcillas). - Análisis de los engobes (identificación de los pigmentos)
PIEDRA:	- Análisis mineralógico-petrográfico (naturaleza, procedencia y estado de conservación)
MORTEROS:	- Análisis químico-mineralógico de sus compuestos (naturaleza del ligante y del árido)
MADERA:	- Análisis dendrocronológico (datación) - Estudio microbiológico (factores de alteración) - Estudio morfológico (determinación de especies)
MATERIAL ORGÁNICO (tejidos, cuero, fibras):	- Identificación de fibras - Estudio microbiológico
HUESO Y MARFIL:	- Identificación morfológica - Estudio microbiológico
METAL:	- Análisis metalográfico (estructura y aleaciones)



Estado de un objeto recién extraído.



El mismo objeto en ausencia de tratamiento
(Fotografías del libro "Les objets du Titanic"; J. Montluçon; N.Lacoudre)

químicas, para poner a punto los métodos y productos más adecuados a las necesidades del objeto a tratar, realizando análisis químicos de los productos eliminados.

7. Evaluar los daños que puede sufrir el objeto en ausencia de tratamiento.

3. TRATAMIENTO DE INTERVENCIÓN

El tratamiento tendrá en cuenta diversos factores, la naturaleza de material (orgánico o inorgánico) que vamos a tratar. Por tanto se debe emplear una metodología de trabajo basada en la interpretación de los resultados obtenidos en los estudios preliminares. La intervención deberá constar de las siguientes fases:

1. Limpieza.
 - 1.1. Tratamiento con fungicidas y bactericidas.
 - 1.2. Eliminación de sales solubles.
 - 1.3. Electrolítica.
 - 1.4. Mecánico-manual.
 - 1.5. Química.
2. Impregnación.
3. Secado.
4. Inhibición.
5. Unión de fragmentos.

6. Reintegración volumétrica y cromática.

7. Soportes.

8. Capa de protección.

9. Acondicionamiento y embalaje.

1. LIMPIEZA

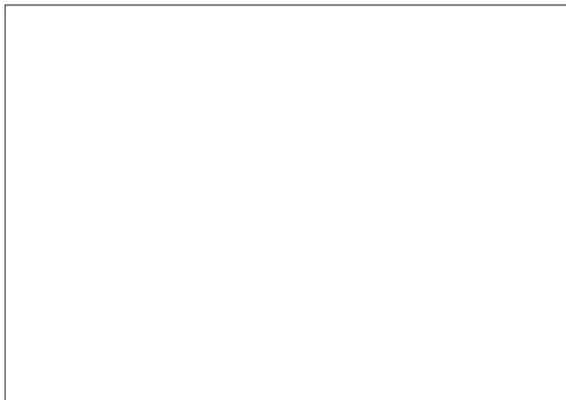
La limpieza de un objeto es una de las fases más importantes en la intervención, ya que este tratamiento es irreversible. Debemos poner a punto el método más idóneo y adecuado al material que vamos a tratar y a su estado de conservación.

La operación de limpieza en materiales arqueológicos sumergidos engloba una serie de tratamientos que se complementan unos con otros.

1.1. *Tratamientos fungicidas y bactericidas*

Se aplican para eliminar la degradación biológica que presentan los objetos cuando se extraen de un medio húmedo. Estas alteraciones se deben al ataque de organismos superiores y microorganismos (hongos y bacterias). Los organismos superiores encuentran en los materiales orgánicos e inorgánicos un substrato ideal para habitar en él y para su nutrición. En los orgánicos segregan sus-

Degradación biológica en material Cerámico.
Tratamiento con amonio cuaternario y compuestos fenólicos.



tancias químicas que degradan las moléculas, siendo así de más fácil asimilación.

Los microorganismos se desarrollan mejor en los ríos y en los mares de aguas frías, ya que están favorecidos por la oxigenación y una baja salinidad (microorganismos aerobios). Las bacterias son capaces de degradar toda clase de substratos y en prácticamente todos los medios, ya que pueden vivir en condiciones anaerobias. Para su tratamiento se utilizan sales de amonio cuaternario y compuestos fenólicos.

1.2. Sales solubles

Este tratamiento se realiza para eliminar las sales solubles, cloruros, compuestos muy activos e inestables, que se encuentran generalizados por

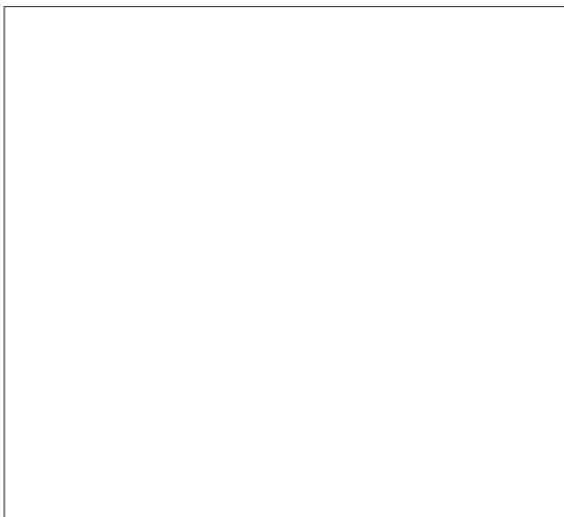
Eflorescencias cristalizadas sobre un material.



Gráfica de seguimiento del tratamiento de eliminación de sales solubles

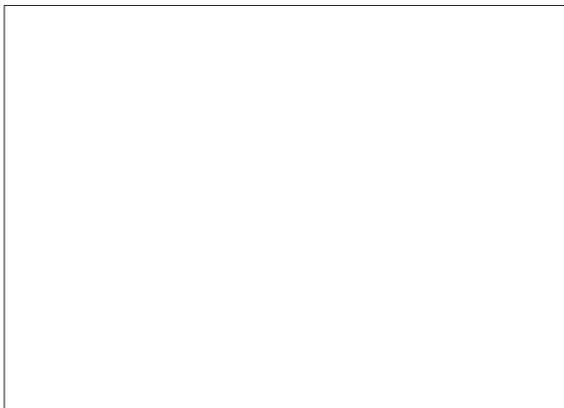
expresarse por el concepto de salinidad (m/l ó g/l), que se refiere a la concentración hipotética de NaCl con la misma conductividad de la muestra. El método de dechloruración resulta más efectivo cuando en la pieza se han eliminado parte de las concreciones que la recubren.

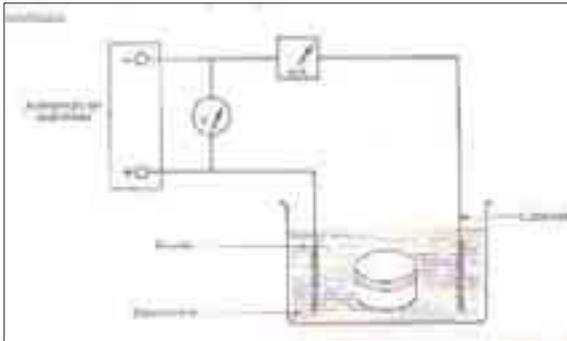
Podemos utilizar también para el tratamiento de las sales solubles presentes en los materiales sumergidos los métodos electrolíticos. En los materiales orgánicos, materiales no conductores: el tejido, el papel, el cuero, la madera... cuando los situamos entre dos electrodos, se benefician del fenómeno denominado electroforesis, que bajo la acción de un campo magnético retira los compuestos iónicos (Cl⁻) de los materiales. En los materiales inorgánicos, mediante el método electrolítico apenas se modifican los componentes de los objetos, por lo tanto es un buen método de conservación por la creación de barreras químicas. Este tratamiento debe efectuarse en objetos que estén poco corroídos.



toda la pieza o en el caso de los metales en la capa subyacente metal-productos de corrosión. Una forma de tratamiento es por inmersión en agua desmineralizada para la eliminación de los iones Cl⁻. Los baños deben renovarse periódicamente, tomando muestras del agua para hacer un seguimiento del proceso. Estas muestras se analizan con un conductímetro y se expresan en S/cm (conductividad específica), aunque también pueden

Pieza de cuero en tratamiento por electrolisis (Fotografía del libro "Les objets du Titanic"; J. Montluçon; N.Lacoudre)





depositarse sobre el objeto que tratemos. El metal que mejor actúa como ánodo es el platino, también se emplea acero inoxidable, grafito..., un electrolito y un electrodo de referencia. Se recomienda una intensidad de 10 A/dm^2 para objetos de hierro y de 2 A/dm^2 para objetos de plata y cobre. Las limpiezas pueden realizarse también utilizando el pincel electrolítico basado en los mismos principios.

Gráfico del montaje para realizar una electroforesis (Gráfico del libro "Les objets du Titanic"; J. Montluçon; N.Lacoudre)

1.3. Limpieza electrolítica

Se utiliza principalmente para la limpieza del material metálico para eliminar los productos de corrosión, dado que estos procesos son en su mayoría de carácter electroquímico. El tratamiento se realiza pasando una corriente eléctrica continua a través de un electrodo.

Para realizar el tratamiento es necesario:

- una cuba electrolítica
- un generador de corriente continua. Se emplea para crear y transmitir la corriente. Su intensidad estará en función del tamaño del objeto a tratar y de la naturaleza del metal. Utilizaremos intensidades bajas que no calienten el electrodo, ni provoquen el desprendimiento de hidrógeno de forma masiva, ya que podría dar lugar a la pérdida parcial de la pátina, pero suficientemente altas para que el hidrógeno que se libera, sea capaz de evitar el depósito de impurezas sobre el mismo.



para que el hidrógeno que se libera, sea capaz de evitar el depósito de impurezas sobre el mismo.

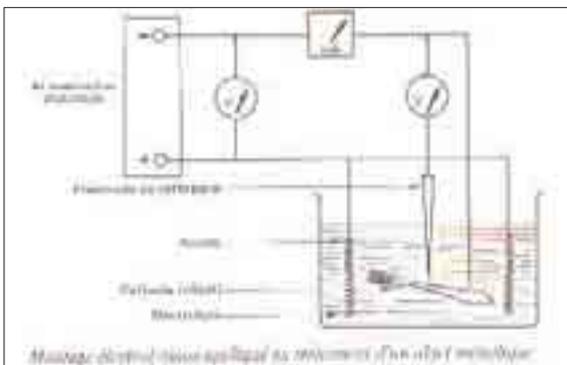
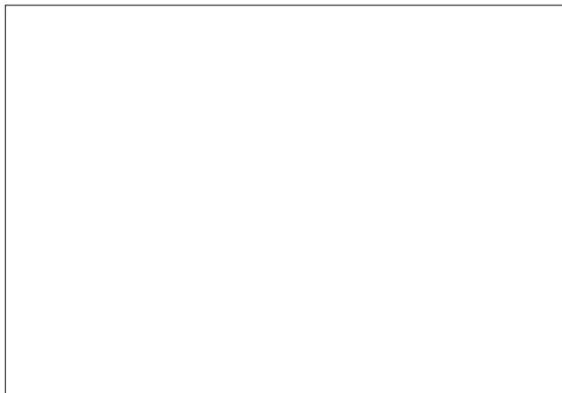
- un electrodo (ánodo +) que será de un metal resistente a la oxidación para evitar que se desprendan cationes, que pueden

1.4. Limpieza mecánico-manual

La limpieza es una de las fases principales en la intervención de conservación de un objeto, y tenemos que ser muy cuidadosos en la elección de los instrumentos que vamos a utilizar, ya que podremos eliminar la información presente en la pieza si no se trata adecuadamente. Se realiza mediante el empleo de aparatos, desde los más sencillos (bisturí, cepillos, espátulas, cinceles,...) hasta los más complejos (micromotores, microabrasión, proyección de partículas, ultrasonidos, térmica, vibraciones de alta y baja frecuencia...).



Limpieza con micromotor de objetos de bronce. Fotografía derecha tratamiento limpieza Hypnos de Almedinilla. (Fotografía departamento de Intervención IAPH. Eugenio Fdez. Ruiz)



1.5. Limpieza química

El principio de la limpieza química es la utilización de un reactivo selectivo que permite disolver o

Gráfico del libro "Les objets du Titanic"; J. Montluçon; N.Lacoudre

Consolidación por
impregnación al vacío.
(Fotografía del libro "Les
objets du Titanic"; J.
Montluçon; N.Lacoudre)

modificar los productos de corrosión externos sin perjuicio para el material. Su elección depende de la naturaleza química de los productos que tengamos que eliminar. Los tratamientos pueden ser ácidos o básicos. Nos ayudan a eliminar depósitos, concreciones, incrustaciones, etc... Se pueden aplicar por inmersión, mediante papetas, por vaporización.

En la limpieza con reactivos químicos, los productos se combinan estableciendo modelos de tratamientos estándar. Debemos tener presente una serie de factores cuando los empleemos:

- Concentración: se realizarán pruebas previas con las disoluciones, utilizando las más adecuadas antes de realizar un tratamiento. Su empleo será siempre de menor a mayor concentración de soluto. El tratamiento no se acelera por emplear disoluciones más concentradas de un reactivo.

- Volumen del reactivo: a mayor volumen de reactivo los productos de corrosión se disuelven con más facilidad. Se recomienda que el volumen de los baños sea al menos 25 veces mayor que el de la pieza.

- Temperatura: cuanto más altas son las temperaturas mayor es la velocidad de reacción. No se recomienda sobrepasar determinados valores térmicos porque la dilatación excesiva seguida de la contracción por enfriamiento, puede provocar el desprendimiento de la pátina. Es aconsejable trabajar entre 65°C y 70°C.

- Agitación: eleva la velocidad de reacción.

- Duración del tratamiento: a mayor duración del tratamiento mayor control sobre él.

- Neutralización y secado: estas dos operaciones son necesarias para eliminar los depósitos restantes, una vez finalizado el tratamiento con reactivos, ya que podrían ser perjudiciales para la pieza.

2. IMPREGNACIÓN

Entre los materiales orgánicos y empapados en agua que se encuentran en las excavaciones arqueológicas puede haber una gran variedad de objetos: piezas de arquitectura naval, utensilios de mesa, cuerdas, cueros, papel, tejidos, etc. Los materiales de composición están debilitados y parcialmente descompuestos por ataque biológico, por lo cual debemos utilizar métodos de consolidación adaptados a los mismos. Los productos que utilizemos para la impregnación

deben: mejorar las propiedades mecánicas, tener buena penetración, resistencia a la luz y a los agentes químicos, no modificar su aspecto.

Podemos decir que la impregnación, sustituye el agua por un elemento que mantiene el grado de humedad, que consolida los espacios internos (pérdida de colágeno, celulosa, ...) Se pueden utilizar para este tratamiento: resinas acrílicas, vinílicas, polietilenglicoles (PEG 400/4000)



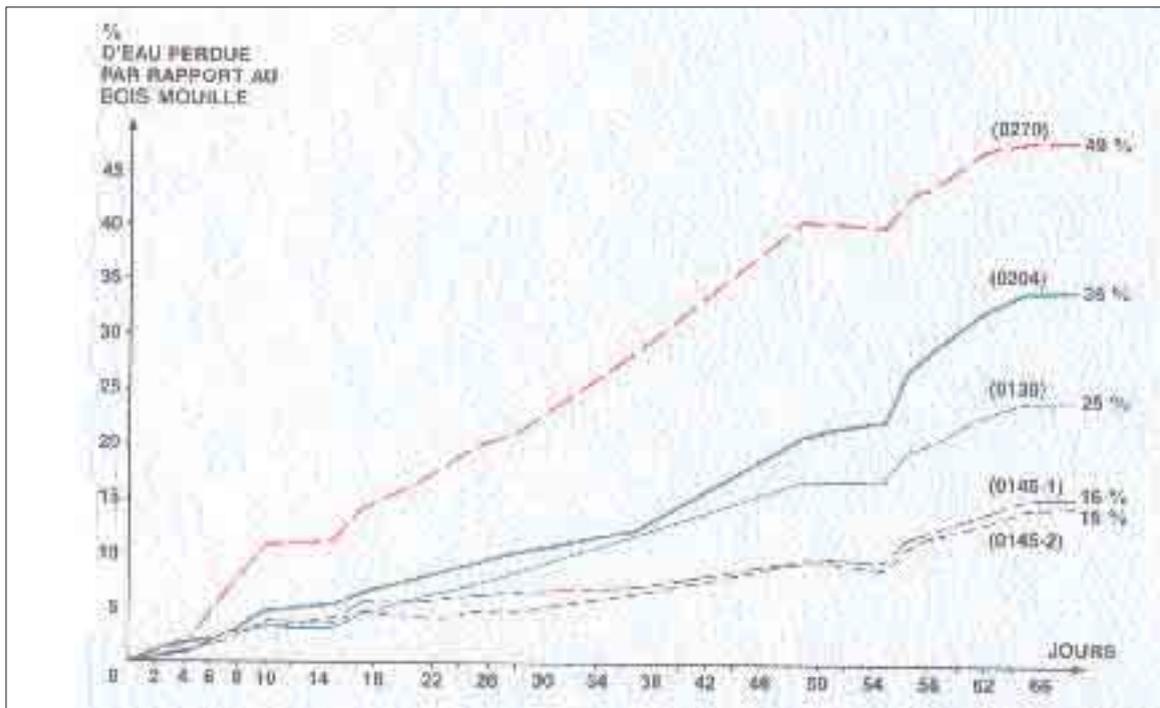
3. SECADO

El secado es una de las fases que debemos contemplar en un tratamiento de conservación-restauración. Antes de aplicar una capa de protección debemos asegurarnos del correcto secado del objeto. El procedimiento más utilizado es en una estufa de secado por extracción de aire elevando la temperatura progresivamente hasta



Estufa de secado

Tratamiento de secado
controlado con higrometro
(Fotografía del libro "Les
objets du Titanic"; J.
Montluçon; N.Lacoudre)



Curva de secado
(Gráfico del libro "Les objets du Titanic"; J. Montluçon; N.Lacoudre)

+/-105° C, durante un periodo de tiempo de unas dos horas. El secado en estufa se realiza para materiales inorgánicos.

Podemos mencionar otros métodos de secado: desecador de vacío, con ayuda de un producto desecante o baños sucesivos de alcohol-acetona. Los materiales inorgánicos de procedencia arqueológica suelen llegar empapados de agua. En materiales que son anisotrópicos y muy higroscópicos como la madera, el secado es un tratamiento complejo, ya que, si se realiza al aire libre produciría una rápida eliminación del agua que actúa como relleno y soporte, produciendo alteraciones visibles : agrietamientos, deformaciones y rupturas.

Debemos optar por tanto en estos casos por un secado controlado. (foto secado y curva)

La liofilización es una técnica de "secado" de los materiales orgánicos. Este método suprime las fases húmedas. La deshidratación de los materiales se consigue con la congelación y el vacío por el fenómeno denominado sublimación (sólido a vapor).

4. INHIBICIÓN

La fase de inhibición se realiza en los objetos metálicos, proporcionando al metal una estabilidad de forma preventiva contra los procesos de

oxidación-reducción y la acción de bases y ácidos, formando una película superficial muy fina a base de complejos metálicos muy estables desde el punto de vista físico-químico.

INHIBIDORES QUÍMICOS:

Los productos empleados reducen, detienen o retrasan la velocidad de corrosión de los metales creando un compuesto muy estable en la superficie del metal que hace de barrera química o capa de protección. Después de someter al metal a dicho tratamiento se dice que está pasivado. En función del tipo de reacción de química que provocan los inhibidores químicos se clasifican en: ANÓDICOS, CATÓDICOS Y DE ADSORCIÓN.

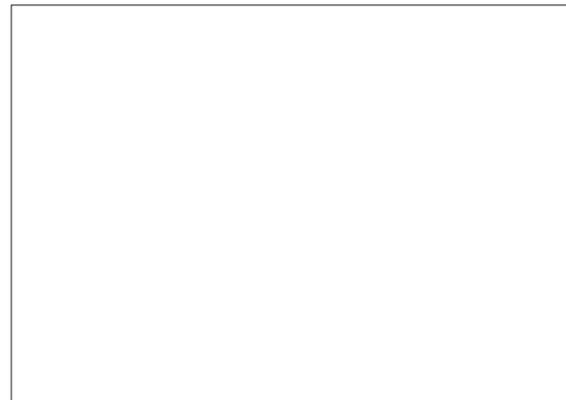
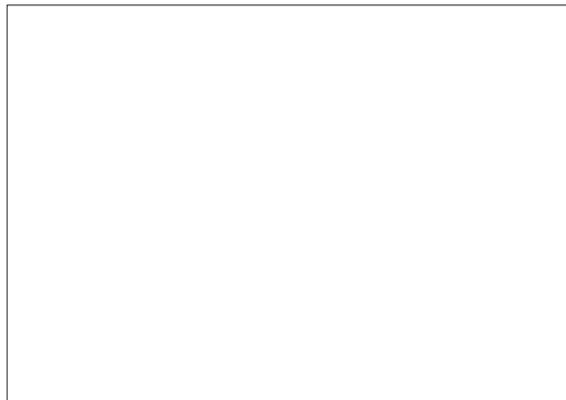
1. Inhibidores catódicos

Impiden el desarrollo de reacciones catódicas en los metales. Estas reacciones son iguales para todos, por ello, el empleo de los inhibidores catódicos está de alguna manera generalizado.

2. Inhibidores anódicos

Son los responsables de impedir la formación de ánodos en la superficie de los metales. Su principal característica es, que son específicos para cada metal. En su mayoría son sustancias inorgánicas que según los productos que generan podemos clasificarlos en: oxidantes y no oxidantes.

3. Inhibidores de adsorción



Son compuestos orgánicos que forman una capa sobre el metal y penetra en él, en las zonas anódicas y en las catódicas. La película protectora bloquea el desprendimiento de oxígeno o hidrógeno que se genera en el proceso catódico, y al mismo tiempo, evita la disolución del metal que se genera durante el proceso anódico.

5. UNIÓN DE FRAGMENTOS

En la unión de materiales arqueológicos se pueden utilizar diferentes adhesivos dependiendo de las características de cada material. Estos productos son capaces de crear uniones sólidas y duraderas entre las superficies. Tenemos una gran variedad, aunque en tratamientos de conservación-restauración deberemos utilizar los más adecuados y que cumplan ciertas requisitos como: buenas propiedades mecánicas, compatibles con el material, reversibles, estables y duraderos, resistentes a los efectos de la luz, del calor y las radiaciones UV, índices de contracción bajos para evitar tensiones, toxicidad e inflamabilidad bajas y escasos riesgos de manipulación, etc.

Los adhesivos que podemos utilizar pueden ser semisintéticos y sintéticos, nitrocelulósicos, resinas vinílicas, de poliéster, acrílicas, epoxidicas, cianocrilatos...

6. REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA Y CROMÁTICA.

Cuando se han unido los fragmentos que conforman un objeto y se ha recuperado su unidad, podemos mediante la reintegración de las lagunas, zonas donde el componente original se ha perdido, reforzar la pieza o tener una lectura más comprensible del mismo. Debemos considerar que no todas las piezas necesitan este tipo de tratamiento y que mientras no sea

necesario deberíamos tender a una intervención mínima.

Si optamos por la reintegración, se deberán distinguir claramente el material de aportación del original, por su forma de aplicación o por su cromatismo. Hoy en día tenemos una gran cantidad de materiales a nuestra disposición, pero solamente deberemos elegir los más adecuados a la naturaleza de la pieza. Las reintegraciones cromáticas se aplicarán con materiales como: acuarela, colores acrílicos, pigmentos naturales, pigmentos al barniz, etc.

7. SOPORTES

Si para ciertas piezas, por sus determinadas características, no queremos utilizar los sistemas de unión utilizados habitualmente: resinas, poliésteres, etc., tenemos la opción de una vez finalizados los tratamientos de conservación, poder realizar un soporte especial para la pieza en la que estamos trabajando. Este soporte debería tener las siguientes características:

- Reversibilidad total del sistema.
- Inocuidad de los materiales empleados respecto al original.
- Ausencia de deformaciones en el material original debidos a los mecanismos que empleemos.
- Poder mantener las piezas en los lugares prefijados
- Facilidad de montaje y desmontaje.

8. CAPA DE PROTECCIÓN (INHIBIDORES FÍSICOS)

Tienen una función preventiva y aislante con respecto al medioambiente. Se emplean productos filmógenos que protegen al metal sin combinarse químicamente con él y actuando también como consolidantes superficiales. Se

utilizan diferentes productos dependiendo de las características de los materiales. Se utilizan: resinas acrílicas (Paraloid con inhibidores químicos para metales, como por ejemplo el Incralac compuesto por Paraloid y Benzotriazol.), resinas vinílicas: acetato de polivinilo, alcohol polivinílico, silicatos de etilo, ceras, etc.

9. ACONDICIONAMIENTO Y EMBALAJE.

Condiciones microclimáticas

Para el mantenimiento de una colección de objetos arqueológicos debemos buscar la mayor estabilidad posible, controlando la temperatura y la humedad relativa.

Las piezas de material metálico, tendrán que tener una estabilidad seca, es decir alrededor de un máximo de 40% de humedad relativa. Necesitaremos una estabilización adecuada para los materiales orgánicos (huesos, marfiles, maderas, etc..), que son muy higroscópicos, absorben humedad de su entorno o la expulsan para buscar su equilibrio. También podemos decir que estos materiales al ser muy sensibles a la humedad, pueden tener el riesgo de sufrir un ataque biológico; hongos, mohos, bacterias, ya que estos organismos se desarrollan y tienen una mayor actividad en medios húmedos, por lo cual debemos mantenerlos en unos márgenes de entre un 55 y 60% de humedad relativa.

Para los materiales de naturaleza silícea deberemos, estabilizarlos a unas condiciones de un 40% de humedad relativa.

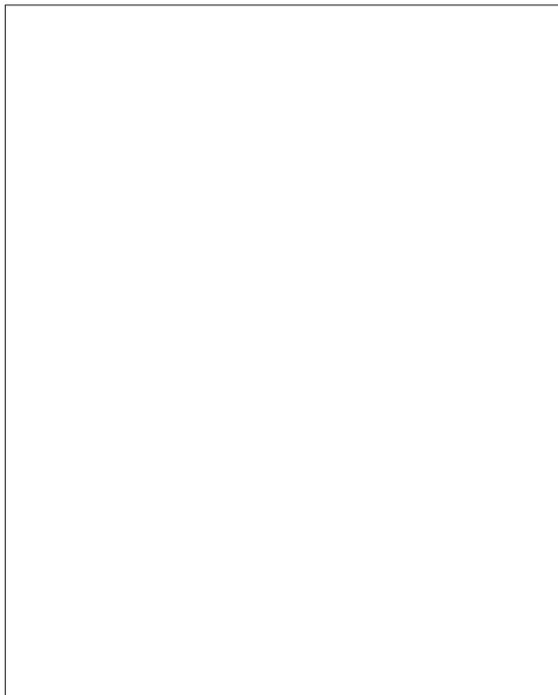
Normas relativas a la luz

En caso de almacenamiento y exposición de los materiales en vitrinas, estas deberán mantener una condiciones especiales de iluminación. Se seguirán las pautas internacionales recomendadas que son:

- La iluminación de las piezas no sobrepasará los 300 lux
- Para el material sensible, como huesos, marfiles, vidrios,.. se aconseja una iluminación de un máximo de 100 lux.
- La cantidad de rayos ultravioleta aceptable esta fijada en 70 microwatt-lumen.

Normas relativas a la polución

La limpieza del almacén donde se depositen las piezas, deberá ser máxima, para evitar el depósito



Niveles de HR para la conservación de objetos arqueológicos

de productos contaminantes, que podrían crear problemas de conservación en las piezas.

Condiciones del embalaje

Los embalajes que se realicen en las diferentes piezas y diferentes materiales deberán seguir las siguientes pautas:

- Protección contra las variaciones de la humedad relativa y temperatura
- Control de los agentes biológicos
- Resistencia a los choques
- Amortización de las vibraciones

Almacenaje

Cuando las piezas estén en su lugar de almacenaje y/o exposición, se deberán controlar regularmente las condiciones de humedad relativa y temperatura de la sala, así como el estado de conservación de los objetos expuestos. Los que se mantengan en sus embalajes deberán ser revisados periódicamente para comprobar su correcto mantenimiento.

Antes de comenzar una restauración de un objeto o incluso antes de su extracción de un yacimiento, debemos preguntarnos qué vamos a hacer con él. Nos podemos plantear una doble problemática: la cantidad de documentos que tenemos que conservar y el coste de su mantenimiento. Las

razones que podemos dar para conservar los objetos arqueológicos pueden ser diversas.

- Colecciones de referencia por su tecnología y por los materiales de constitución.
- Documentación pedagógica para los restauradores y los arqueólogos.
- Reservas para exposiciones.
- Documentación para las publicaciones.

Para poder llegar a este punto hace falta integrar la conservación en el proyecto de excavación y prever los medios financieros y técnicos antes de la extracción de los materiales.

BIBLIOGRAFÍA

ACCARDO, G Y VIGLIANO, G.

1989. Strumenti e materiali del restauro. Metodi de analisi, misura e controllo. Roma 1989.

ACCARDO G., CANEVA C., MASSA S.

1983. "Stress monitoring by temperature mapping and acoustic emission analysis; a case study of Marcus Aurelius, Studies in Conservation, vol. 28, n.2, pp.67-74

ACCARDO G., MICHELI M.

1983. Assemblaggio reversibile di manufatti in bronzo: la interferometria olografica come test di controllo delle deformazioni: 1º conferenza Internazionale delle PROVE NON DISTRUTTIVE nella Conservazione delle Opere d'Arte, (Atti a cura di Marabelli M. CR-AIPnD, Roma pp.III/1.1-23.

AMITRANO, B.

1993. Informe sobre el tratamiento de restauración de una placa de plomo con inscripciones ibéricas. Pátina 8, p.3-5

ANGELUCCI F.

1978. "Corrosión y picaduras del cobre en aleaciones". Art. Studies in Conservation.

ANGELUCCI F.

1978. Et al. "Pitting corrosion in copper and copper alloys: comparative treatments test. Studies in conservation, 2, 1, p. 141-156

ARCE, J.

1991. Los bronces romanos en Hispania". Los bronces romanos en España. Madrid. Pp. 15-25.

BELLONI G. BERNASCONI G.

1975. Sforzi, deformazioni e loro legami, Tamburini, Milano: pp.344

BERDUCOU, M.C.

1990. La conservation en archéologie. Méthodes et pratique de la conservation-restauration des vestiges archéologiques. Ed. Masson. Paris.

BERTHOLON et al.

"Traitement et conservation d'une collection d'objets en plomb d'époque médiévale. Electricité de France. Direction de Etudes et Recherches

BOUART, J.

El patrimonio histórico y arqueológico: valor y uso. Ariel Prehistoria. Barcelona.

BRAEMER, F.

1963. L'art dans l'occident romain. Trésor d'argenterie. Sculptures de bronze et de pierre. Ausstellung Paris, Palais du Louvre, Galerie Mollie, juli-oct.

1976. _Observations sur des grandes statuettes et des petits grands bronzes r_presentant des types r_pandus _ travers l'Empire romain_, IV Colloque International sur les bronzes Antiques, Lyon, 41-52.

BRANDI, C.

1988. Teoría de la restauración. Alianza Forma. Alianza Editorial. Madrid.

BROSTOFF, L.B.

1995. "Investigation into the interaction of benzotriazole with copper corrosion minerals and surfaces". METAL 95. Actes de la conférence internationale sur la CONSERVATION DES METAUX. Semur en Auxois, 25-28/sept

CALEY, E.R.

1995. "Coatings and incrustations on lead objects from the Agora and the method used for their removal. Studies in Conservation, 2, p 49-54.

CIRUJANO GUTIÉRREZ, C.; LABORDE MÁRQUEZE, A. 2001. La Conservación Arqueológica. Revista ARBOR CLXIX n°667-668.

COLLINS, C.

Care and conservation of palaeontological material. Butterworth-Heinemann. London.

CORFIELD.

1995. "Tinning of iron. In: Lead and Studies in conservation and technology, occasional papers, 3 UKLC, London, p.40-43

CRONYN, J.M.

1990. The elements of Archaeological Conservation. Ed. Routledge. London.

DRAYMAN-WEISSER T.

1987. "The use of sodium carbonate as a pretreatment for difficult to stabilise bronzes". In: Recent Advances, p.105-108

ESBERT, R.M.; ORDAZ, J.; ALONSO, F.J.; MONTOTO, M.

1997. Manual de diagnóstico y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos. Col.legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona.
- ESCUADERO, C.; ROSELLÓ, M.
1988. Conservación de materiales en excavaciones arqueológicas. Museo Arqueológico de Valladolid.
- FERNÁNDEZ ARENAS, J.
1996. Introducción a la conservación del patrimonio y técnicas artísticas. Ariel Historia del Arte. Barcelona.
- FORMIGLI E. GIACCHETTI R.
1984. Intervento di restauro sui bronzi provenienti da Riace, "Due bronzi da Riace", AA.VV. Boll. D'Arte, serie speciale n.2 IPZS, ROMA: pp. 41-85.
- GONZÁLEZ MORENO-NAVARRO, A.
1999. La restauración objetiva (método SCCM de restauración monumental). Memoria SPAL 1993-1998 1 y 2. Diputació de Barcelona. Área de Cooperació. Servei del Patrimoni Arquitectònic Local. Barcelona.
- GIUFFRÈ A.
1987. Le strutture di sostegno, in "L'Angelo e la Città" Fratelli Palombi, Roma:pp.231-272
- GIBERTI L.
1995. "Test y propuestas de limpieza". La restauración del monumento de Marco Aurelio. Metales antiguos e históricos. Instituto Getty,
- GONZALEZ M.L.
1994. "Tratamiento de conservación para monedas de cobre aleado" Pátina.
- HERRÁEZ FERREIRO, J.A.
1996. La conservación preventiva del Arte Rupestre. Actas de los VII Cursos Monográficos sobre el Patrimonio Histórico. Reinosa. Santander.
- HUDGES ODY.
1970. La experimentación de la enfermedad del bronce y el hierro antiguo. Mediante el uso de sesquicarbonato". Art. Studies in conservation, vol.15.
- I.C.C.R.O.M.
1986. Preventive measures during excavation and site protection. Rome.
- I.C.R.B.C.
1996. Curso de Conservación Preventiva. Ministerio de Educación y Cultura. Madrid (5ª edición).
- I.I.C. COPENHAGEN CONGRESS
1996. Archaeological conservation and its consequences
- INSTITUTO CENTRALE DEL RESTAURO.
1979. "Il restauro del Efebo di Selinunte, Catalogo della mostra Didattica, Roma.
- MAC LEOD I.D.
1987. "Conservation of corroded copper alloys: a comparison of new and traditional methods for removing chloride ions. Studies in conservation, 32,p. 25-40,109
1979. "Conservation of corroded silver".Studies in conservation,24, p.165-170
1987. "Stabilization of corroded copper alloys a study of corrosion and desalination mechanisms. In ICOM, Sydney, p.1079-1085
- MATTEINI M.
1981. "Kinetic control of the reactivity of some formulations utilized for the cleaning of works of arts. In: (ICOM, Ottawa) p. (81.23.4),1981
- MOUREY, W. ROBBIOLA, L. METAL 98.
1998. Actes de la conférence internationale sur la CONSERVATION DES METAUX. Draguignan-Figanières, France. 27-29 Mayo.
- MOUREY, W.
1987. La conservation des antiquités métalliques de la fouille au Musée, L.C.R.R.A.
- ONTIVEROS ORTEGA, E.; ALCALDE MORENO, M; SEBASTIÁN PARDO, E.
1996. Programa de normalización de estudios previos y control de calidad en las intervenciones. Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Año IV. Sevilla.
- ORTEGA ORTEGA, A.
1996. Embalajes y materiales para el transporte de obras de arte. Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Año IV, nº16. Sevilla.
- PEARSON C.
1987. Conservation of Marine Archaeological Objects. Butterworth-Heinemann. London.
- PLENDERLEITH, H.J.
1972. "La conservación de antigüedades y obras de arte". I.C.C.R. Madrid,
- SEASE C.: (1978) "Benzotriazole : a review for conservators. Studies in Conservation, 23. pp 76-85
- STAMBOLOV, T.
1985. The corrosion and conservation of metallic antiquities and works of arts. CRLOAS, Amsterdam
- STANLEY PRICE, N.P.
1987. La conservación en excavaciones arqueológicas. ICCROM. Roma 1984 (Ed. en castellano del Ministerio de Cultura)
- UNESCO, la conservación de los bienes culturales. Colección "Museos y Monumentos".