

# Momias

Ministerio  
de Educación, Cultura  
y Deporte

Manual de buenas prácticas para su preservación







# Momias

Manual de buenas prácticas para su preservación

Catálogo de publicaciones del Ministerio: [www.cultura.gob.es](http://www.cultura.gob.es)  
Catálogo general de publicaciones oficiales: [publicacionesoficiales.boe.es](http://publicacionesoficiales.boe.es)

Edición 2012

Coordinación científica

Nieves Valentín  
María García

Coordinación de la publicación

María Domingo

Dibujos

Jesús Herrero

Consejo editorial del IPCE

Isabel Argerich  
Félix Benito  
Ana Carrassón  
Soledad Díaz  
María Domingo  
Guillermo Enríquez de Salamanca  
Adolfo García  
Lorenzo Martín  
Alfonso Muñoz  
María Pía Timón

Corrección de textos

Educación y Patrimonio

Maquetación

Espacio y Punto



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN, CULTURA  
Y DEPORTE

Edita:

© SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA  
Subdirección General  
de Documentación y Publicaciones

© De los textos y las fotografías: sus autores

NIPO: 030-12-282-3  
ISBN: 978-84-8181-524-5  
Depósito legal: M-28734-2012

Imprime: Punto Verde S.A.  
Papel reciclado

# Prólogo

«Honor a ti, oh Osiris, divino padre mío, que conservas tu ser con tus miembros. No decaíste, no te convertiste en gusanos, no menguaste, no fuiste corrupción ni podredura, ni gusanos. Soy el divino Jepera, y mis miembros gozarán de perdurable existencia. No decaeré, no me corromperé, no me pudriré, no me cambiaré en gusanos, y no veré la descomposición en presencia del dios Shu.»

*El Libro de los Muertos.* Capítulo CLIII.  
Imperio Nuevo

Entre los problemas a los que se enfrenta la moderna ciencia de la conservación, es el de la preservación de los cuerpos momificados uno de los más complejos y difíciles. La naturaleza y la diversidad de los materiales y elementos que se encuentran en un cadáver momificado hacen de su conservación un reto extremadamente arduo. Los diversos tejidos orgánicos, las sustancias empleadas en el proceso ritual de embalsamamiento y preparación para la eternidad, los envoltorios y adornos que formaban parte de las ceremonias y creencias de una civilización, integran una unidad formada por partes muy heterogéneas, que requieren tratamientos y condiciones diferentes para su correcta conservación.

Los restos momificados que han llegado hasta nosotros no son sólo hallazgos arqueológicos que aportan abundante información sobre las antiguas civilizaciones. Son también testimonios de creencias, ritos, religiones y un amplio contexto cultural, donde el patrimonio inmaterial asociado es fundamental para entender el origen, el contexto y la razón de ser de estos vestigios, incluida su persistencia hasta nuestro presente. Pero además, y sobre todo, son restos humanos o de animales que deben ser conservados y tratados con el respeto y con la responsabilidad que merece todo ser que ha vivido en este mundo.

Los hallazgos arqueológicos localizados en Egipto en el siglo XIX dieron origen a numerosas leyendas, a supuestas maldiciones y a una literatura que encontró en Edgar Allan Poe, Théophile Gautier, Arthur Conan Doyle o Bram Stoker autores que utilizaron la curiosidad que suscitaban los restos momificados para crear grandes obras. En el siglo XX el arquetipo de la momia abandonó la literatura para ocupar la pantalla cinematográfica y desde la película muda de Gerard Bourgeois de 1909 hasta las recientes producciones de Hollywood ha protagonizado numerosos filmes, entre los que destacan las recreaciones de Boris Karloff en la película de Karl Freund (1932), y la de Christopher Lee en la de Terence Fisher (1959). Todo ello muestra el interés que suscita el mundo de las momias, en el que se combinan aspectos inherentes al ser humano, como el temor a la muerte, el deseo de prolongar la existencia, y la necesidad de saber sobre nuestro pasado y nuestros ancestros.

El Instituto del Patrimonio Cultural de España quiere siempre extraer de sus actuaciones de conservación y restauración aportaciones que supongan un avance en el conocimiento de los bienes culturales y en los métodos y técnicas de conservación. Por esta razón, la actividad del Instituto tiene siempre un componente de investigación e innovación que

genera conocimiento, el cual debe ser posteriormente difundido a la sociedad a través de jornadas, cursos o publicaciones, como la que ahora se presenta.

Pero esta labor de innovación y avance en el conocimiento difícilmente puede hacerse de forma aislada. Es necesaria la colaboración de diversos centros de conservación y de investigación para poder reunir la experiencia y las miradas interdisciplinares que necesita un tema como el que nos ocupa.

La fijación de criterios adecuados, métodos actualizados y técnicas apropiadas en la conservación y restauración de bienes culturales, es una de las labores más relevantes entre las que realiza el Instituto del Patrimonio Cultural de España, por cuanto sirven de pauta a la actuación de profesionales, empresas y centros públicos. En este sentido se está realizando un amplio esfuerzo por actualizar y renovar los criterios, métodos y técnicas aplicadas a las distintas áreas de la preservación del patrimonio histórico.

En el caso de los restos momificados, la confluencia de aspectos técnicos de conservación preventiva, de restauración, de biodeterioro, junto con la consideración de aspectos éticos, sociales, jurídicos, educativos y culturales requiere, junto a un gran nivel técnico, una extraordinaria visión interdisciplinar para poder dar respuesta a todos los interrogantes que plantea hoy el cuidado de los restos momificados.

Por estas razones es admirable la determinación de este grupo de expertos, procedentes de diversas instituciones y especialistas en muy variados campos de las ciencias experimentales y de las disciplinas vinculadas a la recuperación de los bienes culturales, para poner en común muchos años de experiencia y de investigaciones y poder dar respuesta, a través de este libro, a uno de los más difíciles retos en el ámbito del patrimonio.

Los especialistas que intervienen en este volumen proceden de diferentes campos profesionales

e instituciones diversas. Nieves Valentín es una bióloga del Instituto del Patrimonio Cultural de España que lleva más de veinte años trabajando en la conservación de momias egipcias, guanches y americanas. En el Instituto Getty de Conservación, coincidió con Shin Maekawa, un ingeniero que ha desarrollado los más avanzados modelos de vitrinas y sistemas de control ambiental para la conservación de momias.

Isabel Herráez y Soledad Díaz han formado parte del equipo interdisciplinar de restauradores del Instituto del Patrimonio Cultural de España, que ha trabajado en la restauración de una momia egipcia del Museo Arqueológico Nacional procedente de la necrópolis de Saqqara. María García y Ruth Rufino aportan el conocimiento y la experiencia en la conservación preventiva y la restauración de las colecciones de momias guanches, mientras que las conservadoras del Museo de América Carmen Cerezo, Teresa Gómez Espinosa y Ana Verde, y la antropóloga Beatriz Robledo, transmiten su saber y experiencia en relación con los restos momificados americanos. Esta última faceta es especialmente ampliada con el artículo de Arabel Fernández y Régulo Franco sobre la momia de la Señora Cao, de Perú. El volumen se cierra con el artículo de María Dolores Meneses y Jorge Martín, de la Universidad de La Laguna, sobre los aspectos de difusión y comunicación, que tanta importancia tienen en este ámbito.

Esperamos que este libro sirva para transmitir los avances en el conocimiento de los restos momificados y en los métodos y técnicas para su preservación, exposición y comunicación, con el fin de que este frágil y complejo patrimonio sea correctamente conservado, suficientemente comprendido y adecuadamente valorado por la sociedad.

**Alfonso Muñoz Cosme**

Director del Instituto  
del Patrimonio Cultural de España

# ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN. Glosando este manual</b> .....	9
Jesús Herrero	
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>CONTEXTO HISTÓRICO Y MARCO LEGAL</b>	
<b>1.1. Objetos o sujetos. ¿Qué significado tienen las momias?</b> .....	15
María García Morales	
<b>1.2. Cuestiones éticas y legales. Siempre sujetos, pero aunque fueran objetos tendrían sentido</b> .....	31
Isabel Herráez	
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>LAS MOMIAS EN EL YACIMIENTO</b>	
<b>2.1. Conservación <i>in situ</i> para restos bioarqueológicos, óseos y momificados. Preservar desde el principio</b> .....	45
Soledad Díaz Martínez	
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>LAS MOMIAS EN EL MUSEO</b>	
<b>3.1. Métodos de evaluación para el diagnóstico de alteraciones</b> .....	65
Ruth Rufino	
<b>3.2. Valoración del estado de conservación. La importancia de un buen chequeo</b> .....	79
Ruth Rufino	
<b>3.3. Análisis y control del biodeterioro. A las plagas les gustan las momias</b> .....	99
Nieves Valentín	
<b>3.4. Las salas de exposición y almacenes para restos momificados. Vitrinas. Análisis de volátiles, ¿por qué huelen las momias?</b> .....	133
Shin Maekawa	
<b>3.5. Tocar o no tocar, he aquí el dilema. Normas para la manipulación de restos momificados</b> .....	147
María García Morales	
<b>3.6. Precaución: momias a bordo. Fundamentos para su traslado dentro y fuera del museo</b> .....	165
María García Morales	
<b>3.7. Los imprescindibles del almacén de momias</b> .....	177
María García Morales	
<b>3.8. Intervención-restauración. En busca de la eterna juventud</b> .....	187
Isabel Herráez	
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>MUSEOS SINGULARES. PROPUESTAS PARA SU PRESERVACIÓN</b>	
<b>4.1. Momias americanas. Contexto histórico y estado de conservación. Museo de América de Madrid</b> .....	203
Carmen Cerezo, Teresa Gómez-Espinosa y Ana Verde	

<b>4.2. Estudio antropológico de los restos momificados. Museo de América de Madrid</b> .....	213
Beatriz Robledo	
<b>4.3. Conservación y medidas de protección de los restos de la Señora de Cao, dignataria de la cultura Moche en la costa norte del Perú</b> .....	219
Arabel Fernández y Régulo Franco	

**CAPÍTULO 5  
LA DIFUSIÓN**

<b>5.1. Tecnologías visuales y estrategias comunicativas para difundir el patrimonio. El caso de las momias aumentadas</b> .....	229
María Dolores Meneses Fernández y Jorge Martín Gutiérrez	

# Introducción

## Glosando este manual

El temor a lo desconocido, y a todo aquello que una determinada sociedad no ha podido controlar con respecto a su supervivencia, ha impregnado, desde el principio, el espíritu de los distintos grupos humanos que han habitado el mundo. Desde ese confuso temor surgen las religiones con sus dioses. Cuando el individuo no puede dominar o amoldar algo a sus necesidades se inventa un dios a quien puede rogar, pedir e, incluso, chantajear con ofrendas y sacrificios de todo tipo, entre los que no se excluyen los humanos.

Dentro de las religiones, tal vez, el capítulo que más inquietud aporta desde el punto de vista intelectual y emocional, es el de la muerte, el de «el más allá». Precisamente por ese desconocimiento es por lo que todas las religiones y culturas, desde la Prehistoria hasta nuestros días, han tratado de incluir en su estructura la mayor cantidad de certezas posibles. Con ello se intentan establecer determinados hechos como reales, por más que carezcan intrínsecamente de toda posibilidad de comprobación empírica, cual es el caso de una nueva vida, o una resurrección espiritual, pero también física, que siempre suavizará los temores del individuo en mayor o menor medida.

El arte de la momificación surge precisamente en paralelo a la necesidad de dotar de nueva vida, o de vida nueva, al difunto. Los egipcios creían que, conservándolo perfectamente, el cadáver se convertiría en soporte de la nueva existencia en los «Campos de Iaru», algo así como un paraíso en el que se podría vivir sin las preocupaciones y las fatigas terrenales que, en el caso del faraón, beneficiario principal de las técnicas más sofisticadas de la momificación, era ayudado por una legión de *ushebtis* (los que responden), encargados de realizar todas las tareas necesarias para facilitar la vida del personaje.

El cuerpo era necesario para objetivar la posibilidad de vida en «el más allá», vida que se reclamaba y se daba por cierta si consideramos la propia confección y colocación de los ajuares funerarios, más o menos cuantiosos, compuestos por todo tipo de objetos personales

relacionados no solo con una hipotética actividad profesional, sino también con la actividad cotidiana propia de cualquier persona viva. Por lo tanto, era imprescindible conservar dicho cuerpo como depositario y sede de la actividad vital que se pretendía desarrollar en «el más allá».

Así pues, la preparación del individuo para la vida después de la muerte, siendo común a todas las culturas, en Egipto tuvo una importancia capital. Para ellos era imprescindible impedir la corrupción del cuerpo, por lo cual las técnicas de conservación se convierten en un complicado y reglamentado ritual enfocado a posibilitar que los elementos relacionados con la parte espiritual e inmortal del individuo (el Ka, el Ba y el Akh)<sup>1</sup> puedan reconocer el cuerpo del difunto y posibilitar de esta manera la salida al día<sup>2</sup> y su regreso al sarcófago.

9

---

<sup>1</sup> En la cultura egipcia, de los seis elementos que componen al ser humano, tres corresponden a la parte física o material del individuo: el Khet (cuerpo), el Ren (nombre) y el Shut (sombra). Los otros tres se relacionan con lo espiritual y son imperecederos. Tales son el Ka, indestructible, encargado de asegurar la vida en el otro mundo y de alimentar al difunto, pues solo él puede deambular por el interior de la tumba y transportar las ofrendas. El Ba, que abandona el cuerpo en el momento de la muerte; puede desplazarse al mundo de los vivos durante el día y regresar a la tumba durante la noche, para lo cual es imprescindible la conservación del cuerpo, pues de lo contrario este ente no tendría reposo en ningún destino y el individuo desaparecería para siempre; el Ba suele ser representado en forma de pájaro con cabeza humana. Por último el Akh (ser luminoso), es la parte espiritual que se relaciona directamente con la divinidad; se representa como un ibis con cabeza coronada.

<sup>2</sup> La denominación original de lo que hoy conocemos como *el Libro de los Muertos*, es *Libro de salir al Día* o *Libro del resurgimiento con la Luz*, traducción aproximada pero conceptualmente válida y capaz de aproximarnos a la idea egipcia del proceso que conduce a la vida posterior. Comienza a utilizarse a partir del Imperio Nuevo en la zona de Tebas y se considera sucesor de los *Textos de las Pirámides* (Imperio Antiguo) y de los *Textos de los Sarcófagos* (Imperio Medio) donde surgen asociadas las primeras ilustraciones. En él se recogen una serie de conjuros mágicos escritos para ayudar al difunto a superar con éxito el juicio de Osiris y los peligros posteriores en el recorrido por el inframundo (*Duat*), cuyo camino concluye con la salida del difunto al amanecer junto con *Re*, el sol.

Por lo que se refiere a las momias guanches halladas en Canarias, sabemos que fueron tratadas intencionadamente, como las egipcias, con técnicas, aunque menos elaboradas, tendentes a la conservación del cuerpo para posibilitar el acceso a la vida posterior del difunto, aunque no están del todo claros los pormenores rituales y religiosos.

En el continente americano, a su vez, existen varios tipos de momias sometidas a tratamientos de momificación con algunas variantes y enterradas y/o depositadas en grutas de montañas con el cuerpo adoptando diferentes posiciones: fetal tumbado y sentado. No obstante, todas tienen el denominador común de su intencionalidad. En el caso de las momias de Chichorro se trataría simplemente de convertir al difunto en objeto transportable, habida cuenta de las características nómadas de la etnia, cuyas prácticas y técnicas, muy diferentes de las ya reseñadas, son también las más antiguas (7000 a 1500 a. C.). Gran parte de las momias incas, en cambio, son producto de las condiciones ambientales. Se trata básicamente de sacrificios humanos ofrecidos para aplacar a los dioses responsables de ocasionales catástrofes, como por ejemplo terremotos en una zona tan proclive a ellos o simplemente mantenerlos en actitud positiva y protectora hacia al pueblo. La ubicación final de las víctimas, normalmente a gran altura, producía la conservación del cuerpo por congelación o liofilización, aunque lo importante era simplemente la ofrenda humana al dios correspondiente y no la conservación del cuerpo en cuestión.

## Preservar para el futuro

Cuando nos enfrentamos como profesionales a la restauración o conservación de una momia, nos hallamos ante un trabajo delicado y muy especial. Ello nos impulsa a atender con rigor algunos otros aspectos relacionados, no solo con el tratamiento específico de los distintos materiales, momias y ajuares, sino también todo lo relativo a los yacimientos de origen y su entorno. Los análisis *in situ* y los datos aportados por los arqueólogos en la fase de la extracción son fundamentales para establecer

las metodologías y pautas que permitan trasladar y manipular correctamente los restos antropológicos desde el yacimiento hasta el museo y su ubicación en las salas, almacenes o en el propio laboratorio de restauración. Las vitrinas que van a contener los bienes culturales deben estar diseñadas y validadas científicamente para garantizar una preservación a largo plazo. De lo contrario, el impacto de los factores ambientales adversos, junto con los contaminantes químicos y biológicos, podrían acelerar un proceso de deterioro irreversible.

Dentro de este contexto se acomete la elaboración del presente manual, con la idea de que no solo tenemos sobre la mesa unos elementos tratables de muy distinta y variada naturaleza, sino que también debemos intentar respetar y entender a las culturas que elaboraron una serie de teorías y prácticas acerca de la vida y la muerte cuyo producto, finalmente, fue depositado ante nosotros.

Según lo expuesto, y antes de abordar cualquier actuación relacionada con estos bienes culturales, es imprescindible tener presente aquellos aspectos éticos y legales en lo que se refiere al tratamiento, conservación y exhibición de restos humanos de diferentes procedencias culturales o étnicas. Muchos de estos cuerpos, sobre todo los pertenecientes a culturas indígenas, fueron extraídos o exhumados de sus lugares de procedencia en tiempos pasados, cuando ni siquiera se valoraban sus derechos legales como personas.

En la actualidad una preocupación por el marco ético y legal lo muestran los acuerdos, más o menos amplios, entre el mundo de la arqueología y los pueblos indígenas, como el firmado en 1990 en el Congreso Mundial de Arqueología, más conocido como el «Acuerdo Vermilion», en el que se recogen algunos aspectos éticos relacionados con la manipulación de restos humanos y su inclusión en diversas colecciones museísticas. También remarcable es la ley promulgada en Estados Unidos «The Native American Grave Protection and Repatriation Act», en la que se imparten normas a los museos para transmitir a las comunidades afectadas toda la información relativa a restos humanos, ajuares funerarios y otros

objetos relacionados, por si estuvieran interesadas en hacerse cargo de ellos. Asimismo, la legislación vigente en Argentina (Ley 25.517 del 21 de noviembre 2001), donde se recomienda a los distintos museos y entidades públicas poner a disposición de las comunidades aborígenes todos estos restos si fueran reclamados y, de no ser así, tratarlos con el respeto y consideración que se brinde habitualmente a los cadáveres humanos. Muchos otros países se han hecho eco de esta preocupación común a todo el mundo de la cultura, no en vano son muchas las connotaciones y matices a considerar sobre este material tan sensible (étnicos, religiosos, rituales, éticos, científicos e, incluso, económicos).

Poco a poco se empieza a perder el estigma del «morbo», producto de una mezcla de ignorancia y miedo, para ser sustituido por un verdadero interés cultural en los visitantes de este tipo de colecciones, lo cual beneficia también la conservación responsable de estos restos humanos, eufemísticamente llamados «materiales biológicos». Los medios de

comunicación, a través de artículos de prensa especializados, elaboración de videos y reportajes audiovisuales de calidad, juegan un papel importante en la divulgación de un patrimonio, que debe integrar la comunicación social de la ciencia, la tecnología y la ética. Con ello se pretende que la conservación y contemplación de los restos humanos vaya más allá de la mera curiosidad.

Finalmente, correlacionando todos los puntos de vista mencionados (arqueológico, antropológico y científico), no podemos prescindir de los datos que aporta a la cultura aquellos aspectos relacionados con los enterramientos y el mundo funerario, indispensables, para completar al máximo el conocimiento de nuestros antecedentes históricos, lo cual nos permitirá, no solo conservar adecuadamente todo este acervo cultural, sino también dejarlo en manos de futuras generaciones en perfecto estado.

**Jesús Herrero**

Instituto del Patrimonio Cultural de España

11





# Capítulo 1

## Contexto histórico y marco legal



# 1.1. Objetos o sujetos. ¿Qué significado tienen las momias?

María García Morales

Organismo Autónomo de Museos y Centros  
Área de Conservación Cabildo Insular de Tenerife  
maria@museosdetenerife.org

## ¿Qué es una momia?

Cuando morimos nuestros cuerpos se descomponen en sus elementos más simples siguiendo las leyes de la naturaleza. Este proceso comienza con la auto-destrucción bioquímica de los tejidos, inducida y dirigida por grupos de enzimas generadas en el propio organismo (autólisis), y prosigue con la intervención de las bacterias que causan la putrefacción. Durante el mismo, se desprenden una serie de gases y humores –que no son otra cosa que estas moléculas más pequeñas disueltas en agua– que son los principales causantes del fuerte olor que emanan los cadáveres. Los insectos y otros animales pueden colaborar –desgarrando, comiendo, removiendo– a acelerar la descomposición, pero son las condiciones del entorno, como la temperatura, la humedad, el nivel de oxígeno, la acidez del suelo, las que van a determinar en último término la velocidad del mismo.

Ahora bien, si los tejidos se desecan inmediatamente después de la muerte o, en otras palabras, pierden todo su contenido en agua, la acción de enzimas y bacterias se ve sustancialmente alterada hasta el punto de que la degradación del cadáver

no tiene lugar –o tiene lugar parcialmente– preservándose los rasgos fundamentales del individuo. Este proceso se conoce como momificación y a su producto como momia.

El término momia puede inducir a cierta confusión porque aunque en la actualidad se usa para referirse a todo tipo de cadáver incorrupto, su etimología está sólo asociada a las momias egipcias. Según el diccionario de la Real Academia Española momia procede de la palabra persa *mum*: cera, de la que deriva *mummia*: algo impregnado de cera, y por analogía de asfalto, betún o bitumen. El betún fue profusamente usado en la antigüedad como panacea, pero al ser un bien escaso en la naturaleza los mercaderes se vieron pronto obligados a buscar una sustancia sustitutoria. La encontraron en las momias egipcias profusamente impregnadas de resinas, que al oxidarse habían adquirido una consistencia similar. Fueron los árabes, al denominar *mumiya* a la sustancia usada para embalsamar, los que le dieron finalmente su nombre actual (Aufderheide, 2003: 515-518; Parra Ortiz, 2010: 20).

Aufderheide (2003: 41) distingue entre tres tipos de momificación:

### Momificación natural

Es cuando la momificación se produce de forma espontánea, como consecuencia de las características especiales del entorno en el que se realiza el enterramiento que favorecen la inhibición de la descomposición por desecación. Los cuerpos conservados por otras causas naturales, como consecuencia de procesos de congelación, liofilización, saponificación o inmersión en medios acuosos (*Bog Bodies*) no están propiamente momificados, aunque comúnmente se les denomina también momias.

La conservación o momificación espontánea ha tenido lugar en zonas extremadamente áridas, como los desiertos de Paracas Nazca, Arica y Atacama en Suramérica o extremadamente frías como Groenlandia, la altiplanicie andina, la planicie de Tarin Basin en China o las estepas siberianas; o muy ventiladas como las momias Chachapoyas en Perú; o en condiciones

de ausencia de oxígeno y elevada acidez como en las turberas del norte de Europa e Inglaterra.

### Momificación natural inducida

El hombre fue desde muy pronto consciente de las transformaciones que se producían tras el deceso y de que estas podían detenerse si se desecaban los cuerpos. Así, de la observación de la momificación ocurrida espontáneamente se pasó a una búsqueda intencionada de la misma. En un principio beneficiándose de las condiciones naturales que la habían propiciado, como por ejemplo enterrando en las arenas del desierto –como es el caso de las momias predinásticas egipcias– o en cuevas secas y bien ventiladas –como en el de algunas momias guanches– (Aufderheide, 2003: 41; Parra Ortiz, 2010: 62-64; Rodríguez Martín, 1992: 151-159). Más tarde desarrollando



Figura 1. Momia guanche encontrada a finales del siglo XIX en San Andrés, Tenerife. Varón entre 25-30 años. Fotografía: Gonzalo M. Ruiz. OAMC.

distintos procedimientos físico-químicos conducentes a la desecación de los tejidos blandos y a su preservación (fig. 1).

### Momificación artificial

Las referencias más antiguas que se tienen de momificación artificial se remontan al 5000 a. C. a la cultura Chinchorro. Este pueblo de pescadores-recolectores establecidos en la franja costera de Arica, en Chile, desollaban y descarnaban los cadáveres de sus difuntos, preferentemente de niños, para reconstituirlos después volumétricamente con una pasta de barro y cenizas, y la ayuda de palos y cuerdas de totora. Una vez reconstituidos se les volvía a colocar su propia piel, reparada con piel animal allí donde se hubieran producido pérdidas, y se les cubría el rostro con una máscara (Arriaza, 2003).

Sin embargo fue en el antiguo Egipto donde la momificación artificial alcanzó su máximo desarrollo, unida a una particular cosmovisión que no establecía las precisas distinciones entre el plano físico y el espiritual que hacemos en la actualidad (Naydler, 2003). La momificación se implantó durante el Imperio Antiguo, posiblemente como consecuencia de las nuevas prácticas de enterramiento en mastabas en lugar de fosas excavadas en el suelo. En estas tumbas más elaboradas los cadáveres, alejados ya del contacto directo con la arena del desierto, no se deshidrataban

bien, imposibilitando por tanto una momificación natural y haciendo necesario desarrollar un procedimiento artificial, basado en el uso del natrón (carbonato de sodio muy hidratado) para reproducir el mismo efecto desecante. No obstante, descubrimientos recientes señalan que los intentos de momificar los cuerpos de forma artificial pueden remontarse a mediados del Período Predinástico. El desarrollo de esta técnica de momificación continuó durante todo el Imperio Medio pero es durante el Imperio Nuevo, en concreto durante las dinastías XVIII a la XXI, cuando alcanza su mayor grado de virtuosismo, como demuestra el estado de conservación de las momias de esas dinastías. Es también durante ese período que la momificación se extiende a casi todos los estratos de la población.

El fin de la cultura faraónica no acabó, sin embargo, con la práctica de la momificación como elemento principal de los ritos funerarios. Ésta continuó durante el dominio greco-romano de hasta mediados del siglo IV d. C., aunque las técnicas y productos usados denotan un empobrecimiento que ha afectado, sin duda, a su preservación (Parra Ortiz, 2010: 41-78).

La momificación ha sido con todo una práctica singular pues, además de los antiguos egipcios, fueron escasas las culturas que llevadas por sus creencias religiosas, el culto a los ancestros o el prestigio social, la practicaron (tabla 1).

17

Tabla 1. Momias artificiales

Cultura	Localización geográfica	Periodo	Tipo de momificación
Chinchorro	Costa de Chile	7020-1110 a. C.	Varios tipos según periodo
Chavín	Altiplano al norte de los Andes, Perú	900 al 250 a. C.	Desecación
Escita ( grupo Pazyryk)	Siberia	400 a. C.	Sublimación
Momias de la dinastía Han	China	206-220 a. C.	Natural inducida
Indígenas de las Islas Canarias	Islas Canarias	300 al 1500 d. C.	Desecación con sustancias naturales
Indios Shuar (Jíbaros)	Amazonía del Ecuador y Perú	Tradición ancestral no practicada en la actualidad	Cabezas trofeo
Nazca	Nazca, Perú	100 al 600 d. C.	Cabezas trofeo
Moche	Costa norte del Perú	100 al 800 d. C.	
Ibaloy	Isla de Luzon, Filipinas	1200 al 1500 d. C.	Desecación con humo
Maoríes	Nueva Zelanda	-	Cabezas trofeo
Monjes budistas	Japón	1900 d. C.	Auto deshidratación

## Embalsamamiento

El término embalsamar es sinónimo de momificar, y a los cadáveres embalsamados se les conoce también como momias. No obstante, esta es una expresión más moderna que se ha aplicado fundamentalmente a los procedimientos desarrollados durante el siglo XIX para preservar los cadáveres mediante la introducción, inyección o inmersión en sustancias balsámicas o compuestos químicos, cuya finalidad era la de evitar la putrefacción bacteriana. Los cuerpos embalsamados siguen descomponiéndose aunque a un ritmo más lento, por lo que pueden necesitar nuevas aplicaciones del tratamiento.

### ¿Cuál es el valor<sup>1</sup> de las momias?

Las momias fueron una vez seres humanos con una historia hecha de vivencias propias, que cuando les abandonó el hálito de la vida se transformaron en soportes materiales de comunicación cultural. En ese momento, y al igual que otros tantos objetos de nuestra cultura material, se convirtieron en significantes con un significado susceptible de cambiar a lo largo del tiempo en base a los modos culturales imperantes. No es el rol que tenían en el contexto en el que se originaron (ritos mágico-religiosos, prácticas funerarias, culto a los ancestros) lo que les da su significado actual, sino el que detentan como elementos integrantes de una cultura contemporánea global que las asocia a nuevos valores y contextos (Pearce, 1992). Los museos han contribuido activamente a esta construcción cultural, al ser instituciones creadoras y, sobre todo, validadoras de significados, confiriéndoles incluso un valor económico aunque éste no siempre se estipule en cifras o explícitamente (Pye, 2001: 62). Es en este proceso de adscripción de significados auspiciado por los museos donde los conservadores-restauradores participan de forma activa, como veremos en el apartado 1.4, por lo que es importante que tomen consciencia de las implicaciones de sus actuaciones (Pye, 2001: 61; Cane, 2009: 163-176).

<sup>1</sup>En este manual usamos el término valor con el sentido recogido en el diccionario de la Real Academia Española de: «alcance de la significación o importancia de una cosa», que nos sirve indistintamente para describir que algo posee cualidades positivas y estimables que lo hacen deseable por parte o todo el conjunto de la sociedad. Y en nuestra sociedad las cosas significativas tienen un valor económico.

Entre los nuevos valores (Muñoz Viñas, 2005: 45-64; Russell; y Winkworth, 2001, 2010) atribuidos a las momias podemos señalar:

### Valores artísticos

La momificación artificial estuvo, salvo excepciones, reservada a los individuos socialmente más relevantes o de mayor poder adquisitivo<sup>2</sup>, por lo que en la elaboración de su ajuar funerario se usaron los materiales más nobles y se emplearon a los artesanos más hábiles. Las momias se enterraban así con sus mejores vestimentas y sus ornamentos personales más ricos, en ataúdes profusamente decorados o en coloridos fardos, elementos todos ellos indisolubles del cadáver y que son –cuando han llegado hasta nosotros– una muestra inestimable de la destreza manual y la extraordinaria sensibilidad artística de los artesanos de esa cultura. Muestra de esta excelencia son los sarcófagos de madera policromada del Imperio Nuevo, los retratos hiperrealistas que exhiben algunas de las momias del periodo grecorromano, los tejidos con una intrincada decoración geométrica de los fardos funerarios de las momias Paracas o la colorida indumentaria de las momias de Tarin Basin en China.

Algunos de estos cuerpos momificados pueden ser incluso, despojados ya de todo elemento ajeno al propio cuerpo, estéticamente impactantes como es la momia de un jefe escita que conserva los tatuajes que decoraban la mayor parte de su cuerpo, los tatuajes rituales que presenta la Señora de Cao o la serena belleza de la momia de Tiye, abuela de Tutankhamon.

### Valores históricos

Las momias están asociadas a necrópolis, lugares sagrados o personajes históricos. Es el caso de «Juanita», una adolescente inca sacrificada ritualmente en el Nevado de Ampato que se momificó de forma natural por congelación o de la momia de Ramses II, uno de los faraones más notables de Egipto tanto por sus logros territoriales como por la profusión de templos y otros monumentos que erigió durante su dilatado reinado. Además las momias ilustran formas de vida y

<sup>2</sup>En Egipto a partir del Imperio Nuevo también se momificaron individuos pertenecientes a otros estratos de la sociedad, como es el caso de los artesanos del poblado de Deir-el-Medina.

creencias ya desaparecidas no sólo de los estamentos sociales más privilegiados, sino de individuos comunes, como sucede con las momias de los «artesanos de la muerte» halladas en la necrópolis del poblado de Deir-el Medina (Estrada Laza, 2001) o las momias Ūrümchi (Wayland Barber, 2001). Esto unido a su rareza –que explica en parte la enorme fascinación que ejercen en el público– hace de ellas objetos con un elevado potencial educativo incluso cuando su papel histórico haya sido irrelevante o se desconozca su procedencia (Russell; y Winkworth, 2001: 45).

### Valores científicos

Las momias son una importante fuente de información sobre el pasado, sobre todo por su relación con los aspectos más intangibles de la enfermedad, la higiene, la muerte, o los rituales y creencias religiosas, que dejan –cuando lo hacen– escasas evidencias en el registro arqueológico. Su enorme potencial científico, hace de este su principal valor, en especial entre los investigadores.

Cuando se ha dispuesto de fuentes escritas, como es el caso del antiguo Egipto, el estudio de los restos momificados ha permitido corroborar o completar su información sobre las técnicas de momificación, los rituales funerarios o la biografía del individuo en cuestión. Cuando estas fuentes no existen o son muy fragmentarias, ha esclarecido las técnicas empleadas en su preservación o ha ayudado a detectar variaciones en el tiempo en relación con cambios sociales, crisis económicas o influencias culturales externas (Coorcoran; y Svoboda, 2010: 28; Arriaza, 2003). Asimismo, la aplicación de técnicas analíticas ha llevado a descubrir la incidencia de muchas patologías antiguas y como se enfrentaban, el tipo de dieta alimentaria, o las causas de la muerte entre otros temas (Actas, 1992; Rabino Massa, 2005; Atoche Peña, 2008; David, 2008). En los últimos años, y gracias a los avances en el análisis de ADN, se ha podido determinar las relaciones de parentesco dentro de una misma familia (Hawass, 2010) o entre poblaciones (López Armenta, 2008: 251-258; Rodríguez Martín; y Martín Oval, 2009).

### Valor socio-cultural y simbólico

Las momias más que otros objetos son para el imaginario popular ricas en significado. Quizás por ese

motivo algunas oligarquías políticas y élites intelectuales han convertido este patrimonio en símbolos de identidad cultural, pues pueden servir a un doble propósito no siempre exento de contradicciones. Por un lado, pueden ayudar a crear lazos de continuidad de determinados grupos socio-culturales con el territorio que ocupan o con un pasado percibido generalmente como más esplendoroso –en términos de logros militares, tecnológicos o arquitectónicos– a través del concepto de «ancestros».

«Nations and individuals habitually trace back their ancestry, institutions, culture, ideals to validate claims to power, prestige and property» (Lowenthal, 1995: 53)<sup>3</sup>.

Estas reivindicaciones son a menudo controvertidas pues se fundamentan en hechos históricos o científicos elaborados, reconstruidos e interpretados desde y para ajustarse al presente. En cualquier caso, verdaderas o falsas, manipuladas o no la contemplación de una momia nos conecta mejor con el pasado que unos hechos históricos desnudos (Lowenthal, 1998: 139) o unos análisis de ADN.

Por otro, pueden facilitar la inserción de estos grupos dentro de una cultura global poseedora de un lenguaje simbólico propio. No es suficiente con reclamar una identidad que nos diferencie de los otros, es necesario que al hacerlo nos situemos dentro de un marco cultural de referencia donde estén establecidas las relaciones de poder y sus esferas de influencia socio-cultural. En este sentido el museo es una de las instituciones que más ha colaborado en este proceso mediante representaciones jerarquizadas del mundo –que no son otra cosa que una emulación de las estructuras de poder de la cultura occidental– y la difusión de este lenguaje simbólico instituido desde los estamentos de poder (Prösler, 1996).

Hasta aquí hemos hablado de los distintos valores dados a las momias de forma colectiva. No obstante, no podemos olvidar que la percepción de un objeto es, en último término, una experiencia individual, de forma que los significados adscritos por la sociedad o la cultura se ven entremezclados con sensaciones, emociones y memorias personales que los enriquecen a la par que los transforman (Muñoz Viñas, 2005: 49).

<sup>3</sup>«Las naciones y los individuos habitualmente remontan sus ancestros, instituciones e ideales hacia atrás, para dar validez a sus reivindicaciones de poder, prestigio y propiedad», traducción de la autora.

Por ello, creo importante señalar que las momias despiertan otros sentimientos además del interés por conocer el pasado o la fascinación ante una persona muerta que, de alguna forma, ha logrado sustraerse a la descomposición que nos devuelve al polvo.

Para muchos arqueólogos, antropólogos físicos, historiadores, paleopatólogos son un gratificante estímulo profesional pues su examen científico siempre proporciona nuevos ítems de información. Para los responsables de su conservación suponen casi siempre un reto apasionante, porque mantenerlas en buenas condiciones es una tarea compleja que requiere de toda su capacidad para determinar cual es la estrategia de intervención más adecuada y, lo que es más importante, obtener los recursos necesarios para su ejecución. A las momias se les puede tomar afecto.

### ¿Cómo ha variado el valor de las momias a lo largo de la historia?

En el relato que hace José Miguel Parra (2010) de las vicisitudes sufridas por las momias egipcias podemos ver reflejados los variados significados que estas han tenido a lo largo de su dilatada historia.

20

Las momias comienzan siendo objeto de una gran veneración a la par que de una ávida codicia, no por sí mismas, sino por los tesoros que las acompañaban en forma de amuletos y ajuar funerario.

Los antiguos egipcios creían que una persona estaba constituida por distintas entidades: el Rem (su nombre), el Sheut (su sombra), el Ib (su corazón)<sup>4</sup>, el Ba, el Ka y el Akh cuya existencia, aunque hasta cierto punto independiente, era a su vez inseparable de las demás. El Ba sería para la mentalidad occidental lo más próximo a un alma, el reflejo de la personalidad de un individuo. El Ka es como el doble de una persona y representaba lo que había de esencia divina en ella, esencia que emana directamente de sus ancestros. Ambas entidades estaban destinadas a reunirse para convertirse en un Akh, el alma justificada que renacía para compartir su destino con el de los dioses y el resto de las almas inmortales. El cuerpo era el contenedor físico de todas esas entidades. De ahí la importancia que tenía la preservación del cadáver, pues este era una parte esencial en el viaje que

emprendían todos los difuntos por el mundo de ultratumba (Duat) hasta alcanzar la condición de alma justificada (Champdor, 1982).

La momificación tenía su parangón en el mito de Osiris. Este dios, hijo de Nut, la diosa del cielo, y Geb, la tierra, fue el primer faraón de Egipto. Su hermano Seth, envidioso, lo asesina y arroja su cuerpo en pedazos al Nilo. Isis su esposa-hermana lo busca desesperadamente durante días hasta que lo encuentra en Abydos. Aquí, ayudada por el dios Anubis, lo embalsama y mediante sortilegios consigue devolverle la vida. Isis transformada en milano consigue yacer con su consorte revivido y engendrar a su hijo Horus, que más tarde vengará la muerte de su padre y se convertirá en faraón. Osiris comienza así una nueva singladura como soberano del reino de los muertos (Hart, 1990). Cada momia personifica por tanto las dificultades del dios en su camino hacia el renacer y la absoluta confianza en el mismo.

Los antiguos egipcios eran un pueblo profundamente religioso. No obstante, y pese al papel esencial que tienen los cuerpos momificados en las doctrinas sobre el renacimiento y en los ritos funerarios, sus sepulturas fueron desvalijadas y sus cuerpos mancillados ya en tiempos predinásticos. El intricado trazado de los corredores que conducen a la cámara funeraria, los rastrillos de piedra o las advertencias y maldiciones escritas en las paredes nunca detuvieron a los ladrones. Tampoco las torturas a las que se veían sometidos durante los interrogatorios cuando se los sorprendía o a la muerte por empalamiento si se los encontraba culpables. Estos no se contentaron solo con llevarse el ajuar depositado para el confort del difunto en su nueva vida, o en sacar su momia del sarcófago y arrancarles los vendajes para despojarla de sus joyas y amuletos, sino que en muchas ocasiones se ensañaron con ella desmembrándola o quemándola.

El lucrativo negocio del saqueo de tumbas aumentaba en los momentos de crisis económica y de debilitamiento del poder del faraón, como se recoge en los papiros Leopold II, Abbot o Mayer B de finales del Imperio Nuevo, participando en el mismo tanto bandas organizadas de ladrones, como funcionarios y sacerdotes corruptos.

La usurpación de tumbas fue otra práctica habitual que despojó a muchas momias de su morada eterna. Así durante el Imperio Nuevo tenemos la ocupación de Ramses VI de la tumba de su sobrino y predecesor Ramses V en el Valle de los Reyes; o la reutilización

<sup>4</sup>Los ojos, la boca, las extremidades y el estomago también eran vistos como entidades semi-independientes, por lo que podían manifestarse como expresiones de los deseos o estados de ánimo de una divinidad.

de tumbas en la necrópolis del poblado obrero de Deir-el Medina, en este caso debido probablemente a la falta de espacio (Estrada Laza, 2001). Las momias desalojadas sólo podían aspirar, con suerte, a observar desde el rincón al que se las arroja como su ajuar cambiaba de propietario y su nombre borrado.

Las autoridades egipcias, y en particular los sacerdotes encargados de los cultos funerarios, no permanecieron de brazos cruzados ante este expolio sino que intentaron ponerle remedio. Así, por ejemplo, a principios del siglo X a. C. los sacerdotes de Amon en Tebas se dedicaron a reagrupar la mayor parte de las momias del Valle de los Reyes y el de las Reinas que habían sido víctimas del pillaje con el advenimiento del Tercer Periodo Intermedio. Se vendaron aquellas que habían sido desvendadas, se les pintaron nuevas cartelas de identificación para sustituir a las que la habían perdido, se acomodaron las que se pudo en sarcófagos y se recolocaron en tumbas invioladas. La tumba de Pinedjem II, sumo sacerdote de Amon, terminó acogiendo a más de 50 momias, entre faraones, sus reinas, familiares y altos funcionarios, con dataciones que van desde el Imperio Antiguo al Nuevo. Esta tumba permaneció inviolada hasta mediados del siglo XIX en que fue descubierta por azar.

Durante la Edad Media las momias vuelven a revalorizarse, esta vez como panacea. En tiempos del Imperio Romano el bitumen o asfalto alcanzó cierto prestigio como medicamento. Al ser una sustancia escasa en la naturaleza, pronto se vio suplantada por el polvo de momia cuyo aspecto y consistencia lo hacían un sustituto apropiado. Las resinas oxidadas que impregnaban los vendajes de lino adquirían un aspecto y consistencia similar al bitumen, cuando no era ésta la sustancia usada en algunas momias grecorromanas. El polvo de momia terminó por adquirir un prestigio propio en Europa. En consecuencia, su elaboración y exportación se convirtió en un lucrativo negocio que llevó incluso a la falsificación de la materia prima: se horneaban cadáveres de personas recién fallecidas para hacerlos pasar así por momias antiguas. Su uso como medicamento decae poco a poco hasta desaparecer en el siglo XVIII (Aufderheide, 2003: 515-518).

Durante este siglo las ideas de la ilustración van a proporcionar nuevos usos y significados a las momias. Ya no se quieren reducidas a polvo sino enteras y en buen estado, como trofeos de la expansión colonial europea o curiosidades de los «otros». Los viajes transoceánicos de exploración iniciados a finales del

siglo XV habían puesto a los europeos en contacto con otras momias como las canarias y las latinoamericanas, pero es ahora cuando estos exploradores y viajeros ilustrados muestran un interés concreto en ellas. En Canarias las primeras noticias sobre el hallazgo de cuevas conteniendo restos momificados aparecen durante este siglo (fig. 2). Algunos de los especímenes encontrados fueron llevados a la península, Francia o Inglaterra como regalo de reyes o personajes relevantes de la nobleza para engrosar sus colecciones privadas. Es el caso de la momia regalada al monarca español Carlos III o la que perteneció al Conde Chastenet de Puysegur (Mora Postigo, 1992; Rodríguez Martín, 1992). Algunas pasaron también a engrosar las colecciones de universidades y sociedades científicas, como la momia de una mujer que el capitán Young lleva a Cambridge (Farrujia de la Rosa, 2008).



Figura 2. Sepulchral cave of the Guanches. Middleton. Siglo XVIII. Colección particular.

Las momias empiezan también a adquirir, al igual que otros restos arqueológicos, valor como evidencias físicas del pasado. Este valor está en relación con la nueva concepción de la historia como el paradigma de la inexorable tendencia de la humanidad hacia la civilización y el progreso. Una predisposición al progreso que, aunque innata, varía en función de las capacidades naturales de los pueblos y que justifica, en aras del mismo, el dominio de los menos competentes. De ahí la importancia que adquiere establecer el papel de cada grupo cultural en el devenir histórico. En el siglo XIX el análisis morfológico de los restos humanos proporcionó un abundante material para alimentar las tesis defendidas por la raciología y el evolucionismo por lo que su estudio adquiere un mayor predicamento (Estévez González, 2007). Así las momias egipcias se desvendan en gran número para proceder a su disección anatómica; los cráneos

y momias de los antiguos canarios se coleccionan con entusiasmo, enviándose muchas a Europa para engrosar las colecciones de distintos museos y las momias americanas se comienzan a ver como algo más que curiosidades de la naturaleza (fig. 3).

No obstante, la aparición de métodos de análisis más precisos y sofisticados a lo largo del siglo XX será lo que permita dar una verdadera orientación científica a este tipo de investigaciones, que se emprenderán a partir de ahora desde una perspectiva multidisciplinar y a medio-largo plazo. El Museo de Manchester fue pionero en la aplicación de este tipo de enfoque. En 1908 la egiptóloga Margaret Murray reunió un equipo de especialistas en anatomía, química y textiles para estudiar dos momias de la colección conocidas como los «Two Brothers». Estos hermanos, procedentes de una necrópolis del Imperio Medio, fueron desvendados y diseccionados ante una audiencia, al más puro estilo decimonónico, pero en esta ocasión con unos objetivos científicos concretos. Ya en los años setenta Rosalie David pone en marcha, al ser contratada como conservadora de egiptología, un proyecto de investigación –Manchester Museum Mummy Project, 1979– con el fin de reexaminar la amplia colección del museo (David, 1979; 2008). Este proyecto, que dura ya tres décadas ha ayudado a mejorar los métodos de análisis radiológico, ha implantar procedimientos de examen no destructivos como la endoscopia –que permite a su vez la toma selectiva de muestras histológicas– y a impulsar la creación de un Banco Internacional de Muestras de Tejido de Momias Egipcias (International Egyptian Mummy Tissue Bank). También se ha logrado extraer ADN humano para su análisis y se está intentando conseguir ADN de los parásitos que infestaban algunas de estas momias.

Otras investigaciones multidisciplinarias han sido la emprendida para la conservación de la momia de Ramses II (Balout; y Roubet, 1985) y el Lindow Man (Stead, Bourke; y Brothwell, 1986) en los años ochenta, el proyecto «Cronos» para el estudio de las momias guanches en los noventa (VV. AA., 1992) o el de Otzi, el hombre de la edad de bronce congelado en los Alpes italianos (Spindler, 1994).

La información obtenida con el estudio científico de momias depositadas largo tiempo atrás en un museo, con escasas o ninguna referencia a su contexto arqueológico, ha puesto asimismo de manifiesto la enorme importancia que tiene su conservación, y no sólo con fines expositivos o educativos. Todavía en la primera mitad del siglo XX muchos restos momificados



Figura 3. *Caverne des Guanches*. Louis Marvy. 1850. Colección del Museo de Historia de Tenerife.

acabaron en la basura, demasiado insignificantes o deteriorados para considerarse valiosos, o «perdidos» en algún almacén polvoriento tras su hallazgo; restos que hoy podrían haber aportado nuevos datos o ayudado a establecer filiaciones. Los beneficios de una adecuada preservación, apoyados en una tecnología cada vez menos intrusiva, han ayudado también a desterrar antiguas prácticas como el desvendar o las autopsias, a limitar la toma de muestras o a mejorar su manipulación.

Desvendar momias, no siempre se hizo con motivos estrictamente científicos. En el siglo XIX se puso de moda «desvelar» en toda su morbidez los cuerpos que se ocultaban tras estos vendajes tanto para ilustrar conferencias sobre egiptología o disección médica, como amenidad en las veladas de la alta sociedad. Algunos de estos espectáculos tuvieron un carácter más popular, pudiéndose acceder a los mismos previo pago de una entrada (Steiner, 1998). En Estados Unidos desvendar momias egipcias compartió popularidad con las exhibiciones ambulantes de los cuerpos embalsamados de ajusticiados (Conlogue *et al.*, 2005: 290-295).

La ocupación de Egipto por las tropas napoleónicas inauguró una auténtica megalomanía por la antigua civilización faraónica. El Nilo se convierte en uno de los destinos turísticos de este grupo social, no solo por la templanza de su clima sino por la magnificencia de sus templos y necrópolis. Las momias se convirtieron así en un deseado souvenir, en la prueba material de que se ha realizado el viaje. El expolio de las tumbas aumentó por tanto considerablemente, pero al ser la demanda superior a la oferta se recurre a la falsificación. No es algo nuevo para los egipcios, que ya habían recurrido a la falsificación desde tiempos grecorromanos ante la enorme solicitud de los fieles de momias de animales para su uso en los rituales de los templos.

Y no sólo en Egipto se podían conseguir momias. A Leopoldo II, archiduque de Austria, le regalaron un cráneo guanche durante su visita a Tenerife en 1859, prometiéndole, además, una momia para su museo particular; momia que se habría llevado si el gobernador civil no hubiera intervenido en el asunto (Jiménez, 2001: 125).

Estévez clasifica también de *souvenirs* los objetos recolectados en las exploraciones científicas, con la única diferencia de que estos últimos al estar destinados a museos y universidades se insertan en un ámbito público.

«Unos y otros se insertan en los mismos procesos de exotización, apropiación cultural y dominación que caracterizaron a la expansión colonial europea» (Estévez González, 2008: 2).

Especialmente interesante es el valor dado a algunas momias como símbolos de identidad cultural. El caso de las momias guanches<sup>5</sup> es un ejemplo de esta utilización. A partir de la segunda mitad del siglo XIX una serie de intelectuales oriundos de las islas, pero académicamente formados en el exterior, se consagraron a la tarea de rastrear los orígenes de los canarios. Su objetivo era forjar, en consonancia con las tesis del nacionalismo romántico, una identidad propia, distintiva de la nacional, pero enraizada en la historiografía occidental. En consecuencia, estos orígenes se sitúan en las gentes que habitaban el archipiélago con anterioridad a la llegada de los castellanos en el siglo XV (Estévez González, 1987).

El estudio de los restos antropológicos, y por ende de las momias, mediante el único método científico disponible en ese momento, la morfología, tuvo un papel destacado en esta construcción. Primero, porque se adaptaba bien a las teorías de la raciología y el evolucionismo. Segundo, porque permitía explicar, en cierta medida, la simplicidad de su cultura material puesta de manifiesto en el escaso registro arqueológico y en las descripciones hechas por los cronistas. La causa no estaría así exclusivamente en condicionantes raciales<sup>6</sup> sino en el aislamiento geográfico sufrido por los aborígenes, que los había apartado de las corrientes evolucionistas que propulsaron la civilización en otras zonas de Europa. En esta línea de pensamiento la práctica de la momificación señalaba una conexión con la antigua civilización egipcia, a la par que demostraba que aunque un pueblo sencillo en sus manifestaciones materiales era espiritualmente elevado. Pese a los denodados intentos de estos intelectuales por construir unos orígenes basados en sólidas evidencias científicas, estos estaban condenados al fracaso. Los prejuicios etnocentristas que impregnan sus métodos excluían, por principio, cualquier

<sup>5</sup>La denominación de guanche se refiere a los aborígenes de la isla de Tenerife, aunque su uso se haya extendido a los habitantes de las otras islas que se denominaban a sí mismos con otros nombres.

<sup>6</sup>Se intentó identificar a los aborígenes canarios con la raza de Cro-Magnon y, a partir de este tipo racial, conectarlos con razas indoeuropeas como la aria.

manifestación cultural foránea. La mitificación del guanche era por tanto inevitable.

Aunque las reivindicaciones identitarias apenas calaron en la población, sí lo hicieron los mitos en torno a los guanches como descendientes de atlantes o vikingos, entre otros. Para muchos los cabellos decolorados de las momias eran una prueba de esta filiación.

En la segunda mitad del siglo xx se intenta gradualmente cambiar esta imagen idealizada del guanche por una basada exclusivamente en las evidencias científicas aportadas por la bioantropología. El Museo Arqueológico de Tenerife jugará un papel relevante en este cambio de enfoque. En un principio débilmente, conduciendo algún trabajo multidisciplinar, como el estudio de una momia hallada en el barranco de Jagua que permitió descubrir, mediante el análisis de su contenido intestinal, elementos desconocidos de la dieta aborigen (Diego Cuscoy, 1960) o facilitando el estudio de su amplia colección de restos humanos. Esta colección va a servir de base a investigaciones realizadas tanto por antropólogos físicos empeñados en continuar alimentando las tesis de la raciología, como investigadores del campo de la medicina interesados en determinar las paleopatologías presentes en la población aborigen (Rodríguez Martín; y Martín Oval, 2009: 25-44). Más tarde, ya en la década de los noventa, de forma decidida implementando el proyecto «Cronos» de investigación e impulsando la creación de un Instituto Canario de Bioantropología, las momias pasan a ser el objetivo prioritario de estas investigaciones, a la vez que se les da una mayor relevancia dentro del discurso expositivo. Se persigue con ello no sólo convertirlas, a imitación de otros museos, en las piezas estrella de la colección –las momias tienen un incuestionable atractivo para los visitantes– sino en símbolos de la identidad cultural canaria. Esta transformación en símbolos ha estado amparada por el partido nacionalista en el poder que ha apoyado, cuando no propulsado, las reivindicaciones para restituir las momias que se encuentran fuera de la isla. Así, en el 2004 se recuperan dos de las momias del antiguo Museo Casilda que habían sido vendidas y llevadas a Argentina en 1889, y en el 2011 se restituyen los restos de tres momias depositadas en el Museo Reverte. Además, se han presentado diversas iniciativas parlamentarias –1991, 2004, 2005 y 2006– solicitando la devolución de la momia expuesta en el Museo Nacional de Etnología (Sagastume, 2005; Martín, 2007; Pomares, 2007; Reirez, 2008; EFE, 2009; Redondo, 2011; EFE, 2011).

En palabras de Ricardo Melchor, presidente del Cabildo Insular:

«Una momia es el cadáver de un ser humano antes que un objeto de museo, y todo ser humano tiene derecho a descansar en su tierra» (ABC, 2006).

En las momias guanches conviven, por tanto, dos significados antagónicos sin conflicto aparente. Por un lado, se consideran importantes evidencias materiales –objetos– para el conocimiento de la cultura aborigen y, por otro, los antepasados –sujetos– fundamento de memorias colectivas y merecedores de respeto.

En contraposición al discurso político y museístico, los sentimientos de la población son más ambiguos (Meneses Fernández; García Morales; y Estévez González, 2005). Mientras muchos ven en los guanches a sus ancestros o, como mínimo, reconocen la importancia de las momias como símbolos culturales universales, otros se resisten críticamente a esta manipulación política o viven el debate con indiferencia<sup>7</sup>.

## ¿Por qué conservamos las momias?

En síntesis, ya sea como objetos de veneración, *souvenirs* coloniales o evidencias etnohistóricas, las momias tienen un extraordinario potencial para transmitir mensajes culturales diversos. Esto las convierte en merecedoras de ser preservadas porque, según Muñoz Viñas (2005: 62-63), lo que califica a un objeto como conservable no es su adscripción cultural o histórica, su calidad artística o su antigüedad, sino los significados simbólicos que lleva implícitos y/o su valor como evidencia.

Los museos tienen –como ya adelantamos en el apartado 1.2 de este volumen– un papel crucial en esta construcción de significados simbólicos, pues entronizan un modelo occidental de entender la cultura basado en lo material. Los objetos que

<sup>7</sup>El debate sobre la restitución de la momia de Madrid se siguió ampliamente en las redes sociales a nivel insular. Disponible en: <http://mangasverdes.es/2006/06/15/el-curioso-caso-de-la-momia-guanche-de-salamanca> <http://www.historiayarqueologia.com/profiles/blogs/momias-guanches-escriturae-publicae> <http://cibern-ethica.blogalia.com/historias/66893> o <http://www.facebook.com/group.php?gid=160888495962> [borondonia.blogalia.com](http://borondonia.blogalia.com). [Consulta: 20 de julio de 2011].

coleccionan no sólo adquieren automáticamente la categoría de significativos sino que se revalorizan más allá de lo puramente económico. Las momias sólo tienen verdadero valor si están expuestas en un museo<sup>8</sup>. ¿Qué distingue a la momia de Herakleides, un egipcio greco-romano, expuesta en el J. Paul Getty Museum, del cuerpo supuestamente incorrupto de sor María de Jesús, monja del siglo XVIII reverenciada en el convento tinerfeño de Las Catalinas, o de los cadáveres artificialmente preservados que se utilizan en los departamentos de anatomía de las facultades de medicina? No es casual que en las últimas décadas del siglo XX y principios del XXI el hallazgo de momias ha estado casi siempre ligado a la construcción de una sala temática o incluso de un museo de sitio donde exponerlas.

La musealización de las momias justifica los esfuerzos para preservarlas, pero a su vez cualquier actuación encaminada a este fin, tanto las ejercidas indirectamente en su entorno (conservación preventiva) como las intervenciones directas, les añaden nuevos significados que incrementan su valor. Su conservación, al llevar implícita por principio la investigación de las condiciones en que se encuentran y de los materiales que las conforman, puede aportar información inédita sobre los métodos de momificación, su historia post-excavación o mecanismos de degradación. Asimismo, los avances en el control del entorno ambiental están permitiendo la exposición al público de muchas momias, como las producidas por congelación, sin comprometer su uso como evidencias. Todo lo cual ha contribuido a reforzar y divulgar su valor.

«In this [western material culture] model the construct of the museum and conservation are interdependent, their values and aims entwined and mutually beneficent» (Cane, 2009: 168)<sup>9</sup>.

- Toda acción encaminada a preservar una momia es el producto de una decisión personal, tomada de forma individual o colectiva, hecha

<sup>8</sup> Dentro del museo los objetos adquieren también distinto valor en función del lugar donde se ubican. No es lo mismo estar en el almacén que en las salas de exposición.

<sup>9</sup> «En el modelo occidental de cultura material la construcción museo y la conservación son interdependientes, sus valores y objetivos están entrelazados y se benefician mutuamente», traducción de la autora.



en base a una serie de factores interdependientes como son:

Sus requerimientos específicos en materia de conservación. Aquí la observación macroscópica es en general insuficiente para poder discernir la intervención más adecuada, siendo necesaria la aplicación de técnicas analíticas para obtener datos fiables de su estado. Conocer su biografía también puede ayudarnos mucho en este proceso.

- El uso que se le va a dar. No tiene los mismos requisitos, ni corre los mismos riesgos una momia destinada a su exposición que una que va a permanecer en el almacén; o una calificada como para una exposición temporal de una en la lista de objetos que no se prestaran bajo ningún concepto. La política de un museo respecto a sus colecciones influye de forma decisiva en su conservación.
- El código ético que rige la disciplina y las consideraciones morales en torno al trato que deben recibir los restos humanos (Herráez, capítulo 1.2).

El contexto cultural en el que esta actividad se desarrolla. Los conservadores, restauradores y técnicos responsables de las colecciones de restos humanos no estamos libres, al igual que otros profesionales, de las tendencias y prejuicios culturales en los que hemos sido educados. Reconocerlo así, a la vez que aceptamos que las momias son actualmente construcciones simbólicas erigidas sobre un soporte material –el respeto debido a su condición previa de personas no cambia su estatus– nos ayudara a tomar decisiones conscientes y lo más objetivas posibles.

Este último factor tiene especial importancia si tenemos en cuenta que no existe una filosofía propia de la conservación que nos guíe e inspire, máxime cuando ésta se ha convertido en una disciplina muy compleja, dependiente de la tecnología, en la que participan técnicos con preparación y habilidades muy diversas. En la última década se han hecho grandes esfuerzos por desarrollar una teoría de la conservación, en consonancia con las demandas de una mayor accesibilidad del público a las colecciones (Asshley-Smith, 1999; Caple, 2000; Pye, 2001; Muñoz Viñas, 2005). Estos esfuerzos han llevado a debatir en profundidad algunos de los antiguos principios como el de la reversibilidad; a desechar conceptos como el de autenticidad y estado original, y a dar mayor relevancia a la gestión de riesgos o sostenibilidad.

## Cómo exponemos las momias

En la actualidad hay planteado un interesante debate sobre si es ético o no exhibir restos humanos y, en el caso de serlo, cuál es la forma correcta de hacerlo. Este debate surgió en América del Norte ante las demandas de las minorías étnicas de poder decidir sobre el destino de sus antecesores depositados en museos e instituciones científicas. Para estos grupos el valor que pudieran tener estos restos como evidencias científicas o como recursos educativos primaba menos que el respeto de sus tradiciones y el mantenimiento de los lazos tribales con sus ancestros. Algunos iniciaron incluso procedimientos legales para conseguir que volvieran a ser enterrados (Herráez, capítulo 1.2). Se trataba, en definitiva, de reivindicar una perspectiva diferente de entender y mostrar la cultura, en la que se diera cabida a los sentimientos, creencias y puntos de vistas de grupos minoritarios o marginales dentro de la sociedad, usando

la terminología de los antropólogos culturales de los «otros». De ahí que el museo Milwaukee en la página web donde presenta su exposición «Mummies of the World» haga la siguiente declaración de principios:

«We present “Mummies of the World” recognizing that ethical guidelines of global museum partnerships demand that human remains are treated with respect and dignity, taking into account the interests and beliefs of the social, ethical and religious groups from which the human remains originate» (Blake, 2011)<sup>10</sup>.

Esta mayor empatía de museos e investigadores con las opiniones de los descendientes étnicos o culturales, grupos religiosos o visitantes en general se ha traducido en presentar las momias parcial o completamente cubiertas. El Museo de El Cairo expone las momias reales pudorosamente cubiertas con un lienzo que sólo deja ver sus rostros. En el 2008 el Museo de Manchester también cubrió, en este caso totalmente, los cuerpos de tres de sus momias desvendadas, una de ellas un niño. Esta decisión se tomo a raíz de la controversia suscitada por la exposición itinerante «Body Worlds 4» que mostraba especímenes anatómicos y se hizo paralelamente a la realización de un sondeo de opinión entre sus visitantes sobre la forma más apropiada de exponer las momias egipcias. Llegaron incluso a considerar su retirada de la exposición permanente si el público así lo consideraba. No obstante, la mayoría expresó su deseo de seguir viendo las momias como siempre, desnudas, por lo que se volvieron a descubrir parcialmente (Manchester Evening News, 2008; Veiga, 2010; Atkinson, 2010).

Otra de las medidas que se ha puesto en práctica para evitar ofender, suscitar susceptibilidades o simplemente vulnerar la sensibilidad de los visitantes es mantener los expositores a oscuras, dejando a su elección iluminarlos para poder visionar su contenido (fig. 4).

En el «VII Congreso Mundial de Estudios sobre Momias» (San Diego, 12-16 de junio de 2011) muchos congresistas estuvieron de acuerdo con que no se deberían mostrar huesos descarnados, largas

<sup>10</sup> «Reconocemos al presentar “Momias del Mundo” que los criterios éticos de la asociación global de museos demandan que los restos humanos sean tratados con respecto y dignidad, teniendo en cuenta los intereses y creencias de los grupos sociales, éticos y religiosos que los originaron», traducción de la autora.



Figura 4. Momias guanches expuestas en el Museo de la Naturaleza y el Hombre, Santa Cruz de Tenerife. Fotografía: Gonzalo M. Ruiz. OAMC.

zonas de piel seca, genitales o partes separadas del cuerpo como cabezas, pies o manos. Esta conclusión nace de la conciencia de que las momias fueron antes que evidencias personas; unas personas cuyas creencias religiosas, nombre e incluso biografía ha llegado, en muchos casos, hasta nuestro conocimiento a pesar de los milenios de historia y olvido transcurridos.

No obstante, en varias ocasiones ha quedado de manifiesto que los sentimientos de repulsión o disgusto ante la visión de un cadáver desnudo no son los mismos si este pertenece a nuestro grupo cultural u a otro distinto. Es el caso del pigmeo disecado expuesto en el Museo Darder de Historia Natural en Banyoles (Girona) durante más de un siglo. Su exposición nunca suscitó controversia alguna hasta que la reprobación de un visitante de origen africano movió a la Organización para la Unidad Africana (OUA), las Naciones Unidas y la Unesco a solicitar formalmente su retirada que se llevó a cabo en 1997 (El País, 1991; Yaniz, 2002).

Aún queda un largo y controvertido camino por recorrer en este tema de la exposición y estudio de los restos humanos. No está claro cual sería el procedimiento

éticamente más correcto, pues se suscitan numerosas controversias derivadas de cómo se ha entendido tradicionalmente los conceptos de desnudez, ascendentes o grupos portadores de intereses (*stakeholders*). En cualquier caso es fundamental que los conservadores conozcamos este debate pues sea cual sea la forma en que las momias se expongan esta va a afectar las decisiones que tomemos respecto a su conservación.

## Bibliografía

ACTAS (1992): *Actas del I Congreso Internacional de Estudios sobre Momias (febrero 1992)*. Santa Cruz de Tenerife: Museo Arqueológico y Etnográfico de Tenerife, OAMC, Cabildo de Tenerife.

ABC Santa Cruz (2006): «La restitución a Tenerife de los restos de un aborigen, cada vez más cerca» [en línea], ABC. Hemeroteca, 25 de junio de 2006. Disponible en: <[http://www.abc.es/hemeroteca/historico-25-06-2006/abc/Canarias/la-restitucion-a-tenerife-de-los-restos-de-un-aborigen-cada-vez-mas-cerca\\_1422170110520.html](http://www.abc.es/hemeroteca/historico-25-06-2006/abc/Canarias/la-restitucion-a-tenerife-de-los-restos-de-un-aborigen-cada-vez-mas-cerca_1422170110520.html)>. [Consulta: 25 de marzo de 2012].

ARRIAZA, Bernardo (2003): *Cultura Chinchorro: Las momias más antiguas del mundo*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

ASHLEY-SMITH, Jonathan (1999): *Risk Assessment for Objects Conservation*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

ATKINSON, Helen (2010): «Uncover those mummies; Pete Brown's Hands-on approach to the display of human and animal remains» [en línea], *Heritage Key*. Disponible en: <http://heritage-key.com/britain/uncover-those-mummies-pete-browns-hands-approach-display-human-and-animal-remains>. [Consulta: 29 de marzo de 2012].

ATOCHÉ PEÑA, P.; RODRÍGUEZ MARTÍN, C.; y RAMÍREZ RODRÍGUEZ, M.<sup>a</sup> A. (ed.) (2008): *Mummies and Science. World Mummies Research. Proceedings of the VI World Congress on Mummy studies (Teguise, Lanzarote, 20-24 de febrero de 2007)*. Santa Cruz de Tenerife: Academia Canaria de la Historia.

AUFDERHEIDE, Arthur (2003): *The Scientific Study of Mummies*. Cambridge: Cambridge University Press.

BALOUT, L.; ROUBET, C.; y DESROCHES-NOBLE-COURT, C. (1985): *La momie de Ramsés II. Contribution Scientifique à l'Égyptologie*. París: Recherche sur les civilizations.

BLAKE, David (2011): «Mummies Ethics» [en línea], página web de *Mummies of the World Touring Company*. Disponible en: <http://www.mummiesoftheworld.com>. [Consulta: 20 de julio de 2011].

CANE, Simon (2009): «Why Do We Conserve? Developing Understanding of Conservation as a Cultural Construct», en *Conservation Principles, Dilemmas and Uncomfortable Truths*. Edición de A. Richmond y A. Bracker. Oxford: Elsevier, pp. 163-176.

CAPLE, Chris (2000): *Conservation Skills. Judgment, Method and Decision Making*. London-New York: Routledge.

CHAMPDOR, Albert (1982): *El libro egipcio de los muertos*. Madrid: EDAF.

CONLOGUE, Gerald *et al.* (2005): «Entertaining mummies: embalming for the sideshow», en *Journal of Biological Research*, vol. LXXX, n.º 1, pp. 290-295.

COORCORAN, L.; y SVOBODA, M. (2010): *Herakleides: A Portrait Mummy from Roman Egypt*. Los Angeles: J. Paul Getty Museum.

DAVID, Rosalie (1979): *The Manchester Museum Mummy Project*. Manchester: Manchester Museum.  
— (2008): *Egyptian Mummies and Modern Science*. Cambridge: Cambridge University Press.

DIEGO CUSCOY, Luis (1960): *Trabajos en torno a la cueva sepulcral de Roque Blanco (Isla de Tenerife)*. Santa Cruz de Tenerife: Servicio de Investigaciones Arqueológicas del Cabildo de Tenerife.

EFE (2009): «La momia guanche que está en Madrid no volverá» [en línea], *La Opinión de Tenerife*, 23 de octubre de 2009. Disponible en: <http://www.laopinion.es/cultura/2009/10/23/momia-guanche-madrid-volvera/250619.html>. [Consulta: 25 de marzo de 2012].

— (2011): «Las momias regresan a Tenerife» [en línea], *ABC*. Hemeroteca, 3 de marzo de 2011. Disponible en: <http://www.abc.es/20110303/local-canarias/ab-ci-momias-tenerife-201103030729.html>. [Consulta: 25 de marzo de 2012].

EL PAÍS (1991): «El hombre de raza negra disecado que se exhibe en Banyoles era un jefe de tribu», [en línea], *El País*, 30 de noviembre de 1991. Disponible en: [http://elpais.com/diario/1991/11/30/espana/691455617\\_850215.html](http://elpais.com/diario/1991/11/30/espana/691455617_850215.html). [Consulta: 25 de marzo de 2012].

ESTÉVEZ GONZÁLEZ, Fernando (1987): *Indigenismo, raza y evolución. El pensamiento antropológico canario (1750-1900)*. Santa Cruz de Tenerife: Publicaciones científicas del Cabildo Insular de Tenerife.

— (2007): «Curiosidades, especímenes y *souvenirs*: las momias como objetos-viajeros en el tráfico Canarias-Europa», en *El descubrimiento científico de las Islas Canarias. Edición de J. Oliver y A. Relancio Menéndez*. La Orotava: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, pp. 227-237.

— (2008): «Narrativas de seducción, apropiación y muerte o el *souvenir* en la época de la reproductibilidad turística», en *Acto, Revista de Pensamiento Artístico Contemporáneo*, n.º 4, pp. 34-49.

ESTRADA LAZA, Fernando (2001): *Los obreros de la muerte*. Barcelona: Planeta.

- FARRUJIA DE LA ROSA, A. J.; y ARCO AGUILAR, M.<sup>a</sup> C. (2008): «Momias, textos y teoría en Canarias: Fuentes etnohistóricas e historiografía», en *Mummies and Science. World Mummies Research. Proceedings of the VI World Congress on Mummy studies (Teguise, Lanzarote, 20-24 de febrero de 2007)*. Edición de P. Atoche Peña, C. Rodríguez Martín y M. A. Ramírez Rodríguez. Santa Cruz de Tenerife: Academia Canaria de la Historia, pp. 27-36.
- HART, George (1990): *Egyptian Myths*, British. London: Museum Press.
- HAWAS, Zahi (2010): «Tutankhamon» [en línea], *National Geography*, septiembre. Disponible en: <<http://www.nationalgeographic.com.es/2010/08/30/tutankamon.html>>. [Consulta: 29 de marzo de 2012].
- JIMÉNEZ, José Antonio (2001): *Comisión de Antigüedades de la Real Academia de la Historia: Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla, Extranjero: catálogos e índices*. Madrid: Real Academia de la Historia.
- LÓPEZ ARMENTA, M. *et al.* (2008): «Origen genético de una momia de Querétaro (Pepita)», en *Mummies and Science. World Mummies Research. Proceedings of the VI World Congress on Mummy studies (Teguise, Lanzarote, 20-24 de febrero de 2007)*. Edición de Atoche P. Peña, C. Rodríguez Martín y M. A. Ramírez Rodríguez. Santa Cruz de Tenerife: Academia Canaria de la Historia, pp. 81-88.
- LOWENTHAL, David (1995): *The Past is a Foreign Country*. Cambridge: Cambridge University Press.
- (1998): *The Heritage Crusade and the Spoils of History*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MANCHESTER EVENING NEWS (2008): «Mummies cover-up reversed» [en línea], *Manchester Evening News*. Disponible en: <[http://menmedia.co.uk/manchestereveningnews/news/s/1059840\\_mummies\\_coverup\\_reversed](http://menmedia.co.uk/manchestereveningnews/news/s/1059840_mummies_coverup_reversed)>. [Consulta: 25 de marzo de 2012].
- MARTÍN, Verónica (2007): «Melchior ve un “delito”, y una “ofensa”, que no se devuelva la momia guanche» [en línea], *La Opinión de Tenerife*, jueves 22 de marzo 2007. Disponible en: <<http://www.laopinion.es/sociedad/2718/melchior-ve-delito-ofensa-devuelva-momia-guanche/77361.html>>. [Consulta: 25 de marzo de 2012].
- MENESES FERNÁNDEZ, M.<sup>a</sup> D.; GARCÍA MORALES, M.; y ESTÉVEZ GONZÁLEZ, F. (2005): «Remote ancestors or scientific evidence? Pre-hispanic mummies from the Canary Islands in the Media», *Journal of Biological Research*, vol. LXXX, n.º 1, pp. 287-289.
- MORA POSTIGO, Carmen (1992): «Momias guanches en el museo nacional de etnología», en *Actas del Primer Congreso Internacional de Estudios sobre Momias (febrero 1992)*. Santa Cruz de Tenerife: Museo Arqueológico y Etnográfico de Tenerife, OAMC, Cabildo de Tenerife, tomo 1, pp. 267-272.
- MUÑOZ VIÑAS, Salvador (2005): *Contemporary Theory of Conservation*. Oxford: Elsevier-Butterworth-Heinemann.
- NAYDLER, J. (2003): *El templo del cosmos. La experiencia de lo sagrado en el Egipto antiguo*. Madrid: Ediciones Siruela.
- PARRA ORTIZ, José Miguel (2010): *Momias. La derrota de la muerte en el Antiguo Egipto*. Barcelona: Crítica.
- PEARCE, Susan (1992): *Museums, Objects and Collections. A Cultural Study*. London: Leicester University Press.
- POMARES, Francisco (2007): «La momia» [en línea], *La Opinión de Tenerife*, jueves 22 de marzo de 2007. Disponible en: <[http://www.laopinion.es/secciones/noticia.jsp?pRef=2718\\_5\\_77335\\_\\_Opinion-momia](http://www.laopinion.es/secciones/noticia.jsp?pRef=2718_5_77335__Opinion-momia)>. [Consulta: 25 de marzo de 2012].
- PRÖSLER, M. (1996): «Museums and Globalization», en *Theorizing Museums*. Edición de S. McDonald y G. Fyfe. Oxford: Blackell Publishers-The sociological Review, pp. 21-42.
- PYE, Elizabeth (2001): *Caring for the Past. Issues in Conservation for Archaeology and Museums*. London: James & James.
- RABINO MASSA, Emma (ed.) (2005): «Proceedings V World Congress on Mummy Studies», *Journal of Biological Research*, vol. LXXX, n.º 1.
- REDONDO, Goretti (2011): «Melchior exige la devolución de la momia guanche de Madrid» [en línea], *La Opinión de Tenerife*, jueves 3 de marzo de 2011.

Disponible en: <<http://www.laopinion.es/cultura/2011/03/03/melchior-exige-devolucion-momia-guanche-madrid/332808.html>>. [Consulta: 25 de marzo de 2012].

REIRIZ, Melanie (2008): «Melchior quiere traer “cuanto antes”, las momias de Madrid» [en línea], *La Opinión de Tenerife*. Disponible en: <[http://www.laopinion.es/secciones/noticia.jsp?pRef=3047\\_8\\_128940\\_\\_Cultura-Melchior-quiere-traer-cuanto-antes-momias-Madrid](http://www.laopinion.es/secciones/noticia.jsp?pRef=3047_8_128940__Cultura-Melchior-quiere-traer-cuanto-antes-momias-Madrid)>. [Consulta: 25 de marzo de 2012].

RODRÍGUEZ MARTÍN, Conrado (1992): «Una historia de las momias guanches», en *Actas del I Congreso Internacional de Estudios sobre Momias (febrero 1992)*. Santa Cruz de Tenerife: Museo Arqueológico y Etnográfico de Tenerife, OAMC, Cabildo de Tenerife, tomo 1, pp. 151-162.

RODRÍGUEZ MARTÍN, C.; y MARTÍN OVAL, M. (2009): *Guanches. Una historia bioantropológica*. Santa Cruz de Tenerife: Museo Arqueológico de Tenerife-Organismo Autónomo de Museos y Centros.

RUSSELL, R.; y WINKWORTH, K. (2001): *Significance. A guide to assessing the significance of cultural heritage objects and collection*. Camberra: Heritage Collections Council.

— (2010): *Significance 2. A guide to assessing the significance of collections*. Camberra: Heritage Collections Council.

SAGASTUME, Bernardo (2005): «Tenerife insiste para recuperar la momia guanche de Madrid» [en línea], *ABC*.

Hemeroteca, 28 de noviembre de 2005. Disponible en: <[http://www.abc.es/hemeroteca/historico-28-11-2005/abc/Canarias/tenerife-insiste-para-recuperar-la-momia-guanche-de-madrid\\_712616536526.html](http://www.abc.es/hemeroteca/historico-28-11-2005/abc/Canarias/tenerife-insiste-para-recuperar-la-momia-guanche-de-madrid_712616536526.html)>. [Consulta: 25 de marzo de 2012].

SPINDLER, Konrad (ed.) (1994): *The Man in the Ice. The Preserved Body of a Neolithic Man Reveals the Secrets of the Stone Age*. London: Weindenfeld & Nicolson.

STEAD, I. M.; BOURKE, J. B.; y BROTHWELL, D. (1986): *Lindow Man. The Body in the Bog*. London: Trustees of the British Museum.

STEINER, A. M. (1998): «El Secreto de las momias», *La aventura de la Historia*, n.º 2, pp. 54-59.

VEIGA, Paula (2010): «Looking after mummy: The ethics of preserving human remains» [en línea], *Heritage key*. Disponible en: <<http://heritage-key.com/egypt/looking-after-mummy-ethics-preserving-human-remains>>. [Consulta: 29 de marzo de 2012].

YÁNIZ, Juan Pedro (2002): «Vitrina de la polémica» [en línea], *ABC*. Hemeroteca, 6 de enero de 2002. Disponible en: <[http://www.abc.es/hemeroteca/historico-06-01-2002/abc/Catalunya/vitrina-de-la-polemica\\_70155.html](http://www.abc.es/hemeroteca/historico-06-01-2002/abc/Catalunya/vitrina-de-la-polemica_70155.html)>. [Consulta: 25 de marzo de 2012].

WAYLAND BARBER, Elizabeth (2001): *Las momias de Ürümchi*, Madrid: Debate.

# 1.2. Cuestiones éticas y legales.

## Siempre sujetos, pero aunque fueran objetos tendrían sentido

Isabel Herráez

Instituto del Patrimonio Cultural de España  
isabel.herraez@mecd.es

«Los restos humanos son los cuerpos de personas que vivieron hace cientos de años, y los de aquellos que fallecieron dentro de la memoria reciente o viva. El museo usa el término “restos humanos” para referirse a los cuerpos, o partes de cuerpos, de gente que vivió. Los restos humanos también incluyen uniones con otros materiales, no humanos, para formar objetos compuestos de varios materiales» (Basado en DCMS, 2005).

### Introducción

La conservación, investigación y exposición de restos antropológicos es, y será, objeto de un complejo y controvertido debate; aunque la actitud del hombre frente a estos restos se haya modificado con el paso del tiempo, cambiando al mismo ritmo que su capacidad de experimentar respeto, empatía y solidaridad con el prójimo.

A pesar de ello, desde los años ochenta, los restos antropológicos en museos y colecciones plantean múltiples problemas morales o éticos, junto con diversidad de opiniones y distintos niveles de

enfrentamiento entre las partes implicadas (Kauffmann; y Rühli, 2010; McGowan; y Laroche, 1996).

31

### Algunos apuntes sobre normativa

Es práctica común la existencia de un código ético o de conducta en cualquier rama de la investigación científica ya sea biomedicina, química, antropología, arqueología, etc.; más especialmente si la praxis de ésta implica la manipulación, conservación y experimentación sobre seres humanos o partes de estos. Aunque la legislación específica sobre restos humanos antiguos es escasa, existen múltiples códigos deontológicos y guías de conducta (Endere, 2000; 2002; 2012).

Los primeros en desarrollar protocolos o guías de manejo y exhibición son los países que tienen tradición en momificación, frecuentes hallazgos de restos humanos antiguos, numerosos especímenes en colecciones, fuertes grupos de presencia indígena o defensores de los derechos humanos.

Desde que las campañas de Napoleón en Egipto popularizaran el coleccionismo de arte y antigüedades en Europa, llevando a grandes pérdidas de

patrimonio en numerosos países, hay que esperar hasta la década de los cincuenta para encontrarnos con las primeras recomendaciones generales de nivel internacional, sobre protección de patrimonio, redactadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). También de esta época (1948) es la *Declaración Universal de Derechos Humanos*, revisada y modificada varias veces, entre ellas en la *Conferencia Mundial de Derechos Humanos* de Viena (1993), donde se reconocen los derechos de los pueblos nativos del mundo

y entre las más recientes, la de 2005, la *Declaración Universal de Bioética y Derechos Humanos*.

Con posterioridad vendrían la *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural* (1972); la *Recomendación sobre Protección de los Bienes Culturales* (1978) cuya Definición Punto 1.II recoge «Los objetos antiguos, tales como (...) en especial las momias»; la *Declaración universal sobre la diversidad cultural* (2001); la *Convención para la salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial* (2003)



**Figura 1.** Sala de Egipto. Museo Hermitage, San Petersburgo, Rusia. Numerosos visitantes acuden diariamente a observar las momias. Fotografía: Jesús Herrero. IPCE.

y la *Convención sobre la protección y promoción de la diversidad de las expresiones culturales* (2005).

También internacionales, encontramos documentos en la Organización de Naciones Unidas (ONU), como la Declaración 61/295 de 2007 sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas o el *Convenio 169 sobre pueblos indígenas y tribales*, de la Organización Internacional de Trabajo (OIT).

A nivel local, aparece en el año 1983, la *Ley 117 de Protección de Patrimonio en Egipto*, modificada por la Ley 3/2010; y entre las primeras normas, que hacen mención expresa a restos humanos, se encuentran la del estado de Victoria (Australia), *Aboriginal and Torres Strait Islander Heritage Protection Act*, de 1984, cuya redacción vino forzada por las movilizaciones de grupos reclamando los restos aborígenes existentes en museos, y la del estado de Manitoba, en 1986. Reforzada a nivel estatal por *Previous Possessions, New Obligations:*

*policies for museums on Australia an Aboriginal and Torres Strait Islander People* (1993), revisada en 1996 y en el 2000, y sustituida en 2003 por *Continous Cultures, Ongoing Responsibilities*. Canadá dictó *The Heritage Resource Act* (1986) y *Policy Respecting the reporting, exhumation and reburial of found human remains* (1987). Con posterioridad, los tres consejos nacionales de fomento científico (Medical Research Council, Natural Sciences and Engineering Research Council y Social Sciences and Humanities Research Council) difundieron unos criterios generales en 2011, bajo el título de *Integrity in Research and Scholarship: a Tri Council Policy Statement*, que reemplaza a los de 1994, 1996 y 2010.

En 1989, los delegados asistentes al Congreso Mundial sobre Arqueología (WAC), redactaron el llamado *Acuerdo de Vermillion, USA* (1990), sobre Ética en Arqueología y el tratamiento de la Muerte, llegando a un consenso entre los arqueólogos y los pueblos



Figura 2. Exhibición de momia y sarcófago. Museo Arqueológico de Atenas, Grecia. Fotografía: Jesús Herrero. IPCE.

indígenas sobre los criterios éticos aplicables a los restos humanos indígenas. El acuerdo se revisó en el «II Congreso Mundial de Arqueología», celebrado en Barquisimeto (Venezuela), en 1990. Años después, en 2005, se redactó *The Tamaki Makau-rua Accord on the display of human remains and sacred objects*, aprobado en el 2006 en WAC de Osaka.

El *Acuerdo de Vermillion* sirvió de antecedente al sistema legislativo más amplio sobre patrimonio indígena, la ley de los Estados Unidos: *Native American Graves Protection and Repatriation Act* (NAGPRA), de 1990, que protege los derechos de los pueblos indígenas sobre objetos ceremoniales, restos humanos, la utilización de lugares religiosos tradicionales y los derechos exclusivos de comercialización de obras de arte y artesanías. Modificada para incluir la protección de la población autóctona de Hawai y la *National Museum of the American Indian Act*, ambas de 1991.

La experiencia vivida en Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda dio lugar a la implementación de medidas similares en otros países, principalmente europeos. Así, Reino Unido, Escocia, Alemania, Suiza, Austria e Italia comenzaron la redacción de diversas guías o manuales para la conservación de restos humanos.

34

Entre los protocolos existentes podemos encontrar *Guidelines for the Care of Human Remains in Scottish Museum Collections* (1997), la guía profesional desarrollada por Museum Ethnographers's Group (MEG), adoptada en 1991, revisada en 1994 y con una nueva edición realizada en 2011 por el Museums Galleries Scotland, o las *Recomendaciones para el tratamiento de restos humanos en colecciones, museos y espacios públicos* del *Bundesärztekammer*, de 2003. La *Guidance for the care on Human Remains in Museums*, publicada por Department of Culture, Media and Sport (DCMS) de Reino Unido, en 2005, y por la que se guían varios museos, entre ellos el Museo Británico –es el resultado de un estudio llevado a cabo, en 2001, por el Working Group on Human Remains sobre la situación de los restos humanos y la necesidad de un cambio de legislación en museos y galerías de Reino Unido– y la *Human Tissue Act* (2004). The Church of England tiene un protocolo propio, redactado en colaboración con English Heritage: *Guidance for best practice for treatment of human remains excavated from Christian burial grounds in England* (2005).

En Latinoamérica, Chile ratificó el ya citado «Convenio 169» de la Organización Internacional de Trabajo (OIT) sobre pueblos indígenas y tribales en el año

2009 y Argentina en el 2001 con la *Ley 24.071/92*, que sanciona la *Ley 25.517 Decretos comunidades indígenas*. Y en Perú, el Museo Nacional de Arqueología, Antropología e Historia del Perú (MNAAHP) adoptó la política del Museo de Historia Natural de Londres (Tomasto, 2006).

En el continente africano encontramos la Carta Africana sobre los Derechos Humanos y de los Pueblos, de 1986, también conocida como la «Carta de Banjul», desarrollada por la Organización para la Unidad Africana (hoy Unión Africana), de ámbito internacional, y cuyo objetivo es promover y proteger los derechos humanos y libertades básicas.

También de ámbito internacional son los congresos de estudios sobre momias, que se celebran desde el año 1992 en Tenerife (España), en 1995 en Cartagena de Indias (Colombia), en Arica (Chile) en 1998, en el año 2001 en Nuuk (Groenlandia), en Turín (Italia) en 2004, Lanzarote (España) en 2007 y San Diego (EE. UU.) en 2011 o el celebrado en 2011, promovido por el ICOM, *First International Symposium for Ancient Cadaver Protection and Research*, en Changsha, China.

Al final de este capítulo se puede encontrar una síntesis de los principales puntos que desarrollan estas leyes y protocolos.

## ¿Y qué ocurre en el museo?

Los profesionales de museos también cuentan con su normativa específica promovida por el Consejo Internacional de Museos (ICOM) que considera, en su «Código de ética profesional» (1986), a los restos antropológicos y objetos sagrados como «materiales delicados», que merecen un trato respetuoso. En el encuentro del año 2006 se cambia el nombre por Código de Deontología del ICOM para los Museos y, hasta en el ICOM Dinamarca 2010, el debate seguía abierto.

### Materiales culturales delicados

«Las colecciones de restos humanos u objetos con carácter sagrado sólo se deben adquirir si se pueden conservar con seguridad y ser tratados con respeto.

Esto debe hacerse de conformidad con las normas profesionales y los intereses y creencias de las comunidades o grupos étnicos o religiosos de donde provienen, si es que se conocen» (ICOM, 2006).

El obligado cumplimiento de estas normas y códigos de conducta, junto con los movimientos

populares y las cada vez más numerosas reclamaciones, han provocado un fuerte debate y un cambio de actitud de los profesionales implicados, obligando a modificar la política de los museos e instituciones científicas que los custodian, ya que numerosos restos humanos mantenidos por los museos para la investigación, docencia, han tenido que ser devueltos a sus localizaciones originales.

Todavía hoy, existe una fuerte oposición y se alzan numerosas voces, sobre todo en EE. UU. y Reino Unido, que consideran las leyes actuales demasiado constrictivas, porque llevan a la pérdida de información fundamental en la investigación arqueológica y científica. Como ejemplo los restos humanos hallados en las excavaciones realizadas en Stonehenge que, según la normativa local actual, deben ser enterrados de nuevo en un plazo máximo de dos años, independientemente de su importancia o interés. Así, son numerosos los profesionales favorables al antiguo sistema: «Los restos están más seguros en un museo que en el terreno y excavarlos les da una cierta clase

de inmortalidad. ¿Quién pondría objeciones a eso?» (Alexander, 2004).

### ¿Cómo está la situación a nivel local?

En nuestro país no existe legislación específica para la conservación, manejo y exhibición de restos humanos, excepto desde el punto de vista sanitario; tal vez porque, con excepción de las momias guanches, no es una zona con tradición en procesos de momificación y la presión social es escasa. Sin embargo, las normas existentes en otros países difundidas entre los profesionales de este campo, dan un toque de atención a la necesidad de tener un marco legal y ético para nuestros especímenes.

La realidad es que se han producido ya las primeras controversias, que han trascendido del plano profesional a la opinión pública. Son los casos de la momia guanche conservada en el Museo Nacional de Antropología, en Madrid, y el «Bosquimano de Bañolas».



Figura 3. Exhibición de momias y sarcófagos de Deir el Bahari. Museo Británico, Londres. Fotografía: Jesús Herrero. IPCE.

La primera ha sido reclamada desde el año 1976 en varias ocasiones, por el Gobierno Canario y el Cabildo para el actual Museo del Hombre y la Naturaleza, de Tenerife. La última ocasión fue en el año 2011, coincidiendo con la recuperación de las tres momias conservadas en el Museo Reverte Coma, dependiente de la escuela de Medicina Legal de la Universidad Complutense de Madrid. Anteriormente, en 2003, se había conseguido el retorno, desde Argentina, de la momia guanche perteneciente a la colección Casilda de Tacoronte.

El «Bosquimano de Bañolas» fue un tema que, desde 1997, movilizó a las Naciones Unidas y a la Organización para la Unidad Africana, que realizaron consultas y una petición oficial al Ayuntamiento de Bañolas y Museo Darder para su retirada de la exposición pública y repatriación. Estuvo expuesto hasta

el año 2000, cuando Botsuana, a petición de la Unidad Africana (UA), acogió sus restos.

Si se consulta la Ley del Patrimonio Histórico Español (Ley 16/1985, de 25 de junio) en sus disposiciones generales, puede verse que se desarrolla de forma genérica, siendo la Ley de Patrimonio Histórico de Canarias (Ley 4/1999, de 15 de marzo) la que hace mención expresa a estos restos antropológicos:

«Artículo 62. Bienes arqueológicos de interés cultural.

Quedan declarados bienes de interés cultural: Con la categoría de Bien Mueble: Todas las momias, fardos y mortajas funerarias pertenecientes a las poblaciones prehistóricas de las islas Canarias, cualesquiera que sean su actual ubicación y estado de conservación; así como



Figura 4. Sarcófago y ajuares egipcios. Museo Arqueológico de Atenas, Grecia. Fotografía: Jesús Herrero. IPCE.

todas las colecciones de cerámicas, incluidos ídolos y pintaderas, existentes en Canarias, y los utensilios líticos, objetos de piel y madera o hueso, malacológicos, los pecios y aquellos otros fabricados en materia vegetal».

### Crterios generales para su conservación y exposición

No se discute que el estudio científico de los restos humanos, hallados o custodiados en los museos, es de interés para toda la humanidad, por lo que en su práctica han participado antropólogos, arqueólogos, médicos forenses, patólogos, historiadores, etnólogos, zoólogos, anatomistas, teólogos, sociólogos, farmacéuticos, químicos, etc. formando equipos

multidisciplinares pero, cada uno, con perspectivas concretas sobre los restos. Sobre todo, teniendo en cuenta que la investigación se realiza sobre especímenes únicos, irremplazables, y que la información que puedan aportar no puede encontrarse en otras fuentes.

En la definición de museo del ICOM encontramos:

«Los museos poseen testimonios esenciales para crear y profundizar conocimientos.

#### Principio

Los museos tienen contraídas obligaciones especiales para con la sociedad por lo que respecta a la protección, accesibilidad e interpretación de los testimonios esenciales que han acopiado y conservado en sus colecciones.



Figura 5. Exposición de momias y sarcófagos. Museo Británico, Londres. Fotografía: Jesús Herrero. IPCE.

### Testimonios esenciales

Restos humanos y objetos con carácter sagrado:

Las investigaciones sobre restos humanos y objetos con carácter sagrado se deben efectuar de conformidad con las normas profesionales, respetando los intereses y creencias de las comunidades y grupos étnicos o religiosos de los que proceden los objetos» (ICOM, 2006).

De igual modo que la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos de la UNESCO se observa:

«Artículo 2

#### Objetivos

Reconocer la importancia de la libertad de investigación científica y las repercusiones beneficiosas del desarrollo científico y tecnológico, destacando al mismo tiempo la necesidad de que esa investigación y los consiguientes adelantos se realicen en el marco de los principios éticos enunciados en esta Declaración y respeten la dignidad humana, los derechos humanos y las libertades fundamentales.

Fomentar un diálogo multidisciplinario y pluralista sobre las cuestiones de bioética entre todas las partes interesadas y dentro de la sociedad en su conjunto» (UNESCO, 2005).

Durante años, la exposición pública *in situ* de algún espécimen de carácter único, ha sido un motor para el desarrollo local de las comunidades en los lugares de hallazgo; con mejoras en infraestructuras, creación de museos, ingresos por turismo, artesanías, etc. pero también representa un posible acceso a más fondos, y una mayor repercusión pública y profesional para los investigadores involucrados.

Sin embargo, la exposición pública de dichos restos y, sobre todo, la manera de hacerlo, es objeto de fuertes controversias (Curtis, 2003; Alberti *et al.*, 2009; Andersen, 2010; Mertzani *et al.*, 2008; Wiltshke-Schrotta, 2000).

El Consejo Internacional de Museos no rechaza taxativamente la exposición de restos humanos, la matiza:

#### «Exposiciones

##### *Exposición de objetos delicados:*

Los restos humanos y los objetos de carácter sagrado deben exponerse de conformidad con

las normas profesionales y teniendo en cuenta, si se conocen, los intereses y creencias de las comunidades y grupos étnicos o religiosos de los que proceden.

Deben presentarse con sumo tacto y respetando los sentimientos de dignidad humana de todos los pueblos.

##### *Retirada de la exposición al público:*

El museo tendrá que responder con diligencia, respeto y sensibilidad a las peticiones formuladas por las comunidades de las que proceden los restos humanos u objetos de carácter sagrado con vistas a que se retiren de la exposición al público. Se responderá de la misma manera a las peticiones de devolución de esos restos y objetos. Las políticas de los museos deben establecer claramente el procedimiento para responder a esas peticiones» (ICOM, 2006).

Es ilustrativo el caso de Egipto, un país con tradición en momificación, con numerosos hallazgos y especímenes en museos, donde puede verse con claridad la evolución de los criterios en el último siglo, que van cambiando con el tiempo y la presión social.

Las momias reales descubiertas en Deir-el-Bahari en 1871 fueron expuestas, intactas, en el Museo de Boulaq; excepto Tutmosis III cuyo rostro se descubrió, resultando dañada. En 1882 se encargan las primeras doce vitrinas para protegerlas del aire, la luz y de la curiosidad de los visitantes, y a finales de 1886 todas las momias estaban ya protegidas. Sin embargo, entre 1883 y 1885 algunas empezaron a presentar problemas de putrefacción, decidiendo retirarlas de la exposición y enterrarlas. Ante la posibilidad de que hubiera más especímenes afectados, y puesto que los vendajes y ajuar, impedían una adecuada inspección, se decidió proceder a su desvendado. En el proceso, comenzado en junio de 1886, estuvieron presentes médicos, arqueólogos, artistas, diplomáticos y miembros del gobierno. Una vez que el *kbedive* autorizó el procedimiento y, en su presencia, se comenzó por el desvendado de la momia de Ramses II, después Ramses III, Seti I, etc., una vez concluidos los estudios se cubrieron con sudarios, a la manera de las dinastías XVIII-XIX o XX, para poder exponerlas de una manera adecuada en el museo Maspero, 1883; 1889).

Se trasladan, en el año 1902, a la nueva sede del museo en la ciudad de El Cairo y se retiraron de la exposición, en 1981, por orden del presidente Anwar

el-Sadat, argumentando razones religiosas y éticas. Sin embargo, en el año 1994 se realizaron obras para volver a exponer las momias reales, once en una primera fase y doce más en una segunda sala en el año 2006. Las obras no solo fueron motivadas por una necesaria adecuación de los espacios y vitrinas para la conservación de los restos, sino también por el necesario cambio en su forma de presentación, más respetuosa y con argumento histórico, dentro de un contexto.

También debemos recordar que, determinados grupos culturales como los kukukukus de Papua Nueva Guinea, los campeches de Mejico, Toraja en Indonesia o en la *famadibana* de los malgaches de Madagascar, exponen públicamente los restos de sus antepasados, o exponían según nos cuentan los antiguos cronistas sobre las momias o *mallquis* del Cusco, manteniéndolos en las mejores condiciones posibles, como objeto de reverencia o veneración de sus ancestros.

La exposición de restos humanos en museos y colecciones afecta a la ética y moral de los profesionales

de los museos y visitantes. El museo debe educar al público en el trato diferencial de los restos humanos frente a los objetos. El acceso a ellos debe ser voluntario, consciente y, como se hizo durante la exposición «The Lindow Man», en el Museo de Manchester, el visitante debe saber que «ver estos cuerpos es un privilegio excepcional» (Andersen, 2010).

### Síntesis de las recomendaciones desarrolladas en las leyes, guías y protocolos citados

Las recomendaciones generales, que se derivan de las guías y códigos éticos de conducta citados, pueden resumirse así:

- La identidad de una persona no está solo en su cuerpo físico, también la forman aspectos sociales, culturales y espirituales.



Figura 6. Exposición de momias. Museo Británico, Londres. Fotografía: Jesús Herrero. IPCE.

- Respeto de los deseos del individuo, cuando son conocidos o pueden ser razonablemente inferidos. La continuidad de la persona va más allá de la permanencia de su cuerpo, con él permanecen también su identidad y memoria –personal o como parte de la memoria colectiva–.
- Respetar la voluntad de la comunidad, descendientes o custodios, siempre que sea razonable y legal. Contar con el consentimiento informado de estos para cualquier acción.
- No causar daño al individuo, a la comunidad o al público en general, buscar siempre su beneficio.
- En el caso de identidad desconocida deberá hacerse referencia a ellos como especímenes. Se debe abandonar la práctica común de utilizar gentilicios o apodosos.
- Dignidad y respeto para los restos, independientemente de su origen, raza, nacionalidad o creencia (religiosa, espiritual, cultural).
- Diálogo y negociación, dentro de la legislación nacional, siempre que sea acorde con los derechos humanos individuales y colectivos de los pueblos.
- Tener en cuenta que cualquier decisión que se tome con respecto a los restos de un individuo puede tener repercusiones sobre él mismo, y sobre su grupo social o cultural.
- El resultado de los estudios físicos, presentados con respeto y deferencia, tendrá carácter confidencial, de manera similar a un historial médico, no divulgándose fuera de los ámbitos limitados del estudio.
- Respeto por el valor científico de los restos humanos y por los beneficios que su estudio puede deparar a la humanidad, siempre y cuando esté suficientemente demostrada su existencia.
- No se deben extraer o remover restos humanos de pueblos indígenas sin el expreso consentimiento de éstos.
- De acuerdo con su función (ICOM, 2006), los restos humanos en museos y colecciones se conservaran sólo por motivos de investigación, divulgación y enseñanza.
- Los museos sólo son custodios, nadie puede ser propietario de los restos de un ser humano.
- Si hay restos humanos en exposición deberá serlo de manera respetuosa y sensible; con información adecuada para su interpretación dentro de un contexto histórico y cultural,

haciendo especial mención a los motivos por los cuales está en exposición pública.

- Estas recomendaciones afectarían a todas las momias y restos antropológicos conservados en museos y colecciones, ya sean museos arqueológicos, de historia o ciencia natural, medicina, etc.

## Conclusiones

De todo lo expuesto anteriormente se extrae como conclusión la necesidad de promover una discusión rigurosa sobre ética y ciencia, con debate público, sobre restos humanos en museos y colecciones. El resultado de este debate debería materializarse en la redacción de un código ético o de conducta para la conservación, investigación y exposición de restos humanos.

## Bibliografía

ALBERTI, S. J.; BIENKOWSKI, P.; y CHAPMAN, M. J. (2009): «Should we display the dead?», en *Museum and Society*, vol. 7, pp. 133-149.

ALEXANDER, M. (2004): «Talking pagan» [en línea], *British Archaeology*, n.º 79. Disponible en: [www.britarch.ac.uk](http://www.britarch.ac.uk). [Consulta: 11 de abril de 2012].

ANDERSEN, L. (2010): «Exhibiting human remains in the museum. A discussion of ethics and museum practice», en *Columbian College of Arts & Sciences*. The George Washington University. MSTD 270: Final research paper.

CURTIS, N. G. (2003): «Human remains», en *The sacred, museums and archaeology. Public Archaeology*, vol. 3, pp. 21-32.

ENDERE, M. L. (2000): «Patrimonios en disputa: acervos nacionales, investigación arqueológica y reclamos étnicos sobre restos humanos», en *CSIC. Trabajos de Prehistoria*, vol. 57, pp. 5-17.

— (2002): «Nuevas tendencias en materia de legislación provincial del patrimonio arqueológico en la Argentina», en *Revista Anclajes*, vol. 6, pp. 295-327.

— (2012): «Normativa legal, recaudos éticos y práctica arqueológica. Un estudio comparativo de Argentina y Chile», en *Chungará, Revista de Antropología Chilena*, vol. 44, pp. 39-57.

GILES, M. (2006): *Bog bodies representing the dead* [en línea], Conference Respect for ancient British human remains philosophy and practice at The Manchester Museum. Disponible en: [http://www.museum.manchester.ac.uk/medialibrary/documents/respect/bog\\_bodies\\_representing\\_the\\_dead.pdf](http://www.museum.manchester.ac.uk/medialibrary/documents/respect/bog_bodies_representing_the_dead.pdf). [Consulta: 1 de marzo de 2012].

KAUFMANN, I; y RÜHLI, F. (2010): «Without informed consent. Ethics and ancient mummy research», en *Journal of Medical Ethics*, vol. 36, pp. 608-613.

McGOWAN, G.; y LAROCHE, C. J. (1996): «The ethical dilemma facing conservation: care and treatment of human skeletal remains and mortuary objects», en *Journal of the American Institute for Conservation*, vol. 35, n.º 2, pp. 109-121.

MASPERO, G. (1883): *Guide du visiteur au musée de Boulaq. Chapitre cinquième: la salle funéraire et la salle des Momies royales*. Viena, pp. 314-351. — (1889): «Les Momies royales de D'eir-El-Bahari», en *Mision Archéologique française au Caire*. París, pp. 511-788.

MERTZANI, M.; MALEA, E.; MANIATIS, N.; y PANAGIARIS, G. (2008): «Towards a binding code of ethics for the conservation and display of human remains», en *15<sup>th</sup> Triennial Conference ICOM-CC*. New Delhi, pp. 364-369.

TOMASTO, E. (2006): «Momias: conservación, investigación, exhibición y ética», en *Revista Diario el Peruano*, año 98, n.º 9, Julio-Agosto.

WEISINGER, G.; y MAZA, M. C. (2011): «Human remains in museum collections and their restitution to the communities: Museum of La Plata-Argentina», en *UMAC Journal University Museums and Collections*, n.º 4. Disponible en: [http://edoc.hu-berlin.de/umacj/2011/weisinger-cordero47/XML/WeisingerCar-men\\_xdiml.xml](http://edoc.hu-berlin.de/umacj/2011/weisinger-cordero47/XML/WeisingerCar-men_xdiml.xml). [Consulta: 1 de marzo de 2012].

WILTSCHKE-SCHROTTA, K. (2000): «Human remains on display. Curatorial and cultural concerns», en *Final report, Fellowships in Museum Practice*. Disponible en: <http://museumstudies.si.edu/Fellowships/>

[FMPFinalReport.Schrotta.htm](http://www.museumstudies.si.edu/Fellowships/FMPFinalReportSchrotta.htm). (Consulta: 11 de abril de 2012).

## Otras referencias

British Museum. *The British Museum Policy on Human Remains*. 2006. Disponible en: <http://www.britishmuseum.org/PDF/Human%20Remains%206%20Oct%202006.pdf> [Consulta: 12 de abril de 2012].

Código ético de Museos. Consejo Internacional de Museos. ICOM 2006.

Department of Culture, Media, and Sport. *Guidance for the Care of Human Remains in Museums* (2005). Disponible en: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.culture.gov.uk/images/publications/GuidanceHumanRemains11Oct.pdf>. [Consulta: 25 de marzo de 2012].

Guidance for the Care of Human Remains in Museums. (DCMS) Department for Culture, Media and Sport. London 2005.

Guidelines for the Care of Human Remains in Scottish Museum Collections. Museum and Galleries Scotland 2011. [www.museumsgalleriesscotland.org.uk](http://www.museumsgalleriesscotland.org.uk). Disponible en: <http://museumstudies.si.edu/Fellowships/FMPFinalReportSchrotta.htm> [Consulta: 16 de abril de 2012].

Native American Graves Protection and Repatriation Act (NAGPRA), 1990.

The British Museum policy on human remains. British Museum, 2005.

UNESCO: Universal Declaration on Bioethics and Human Rights 2005.

World Archaeological Congress 1989: The Vermillion Accord, Archaeological Ethics and the Treatment of the Dead, A statement of principles agreed by Archaeologists and Indigenous peoples at the World Archaeological Congress.



## Capítulo 2

### Las momias en el yacimiento



# 2.1. Conservación *in situ* para restos bioarqueológicos, óseos y momificados. Preservar desde el principio

Soledad Díaz Martínez

Instituto del Patrimonio Cultural de España  
soledad.diaz@mecc.es

## Introducción

Este trabajo no pretende ser una revisión exhaustiva de los agentes de degradación, sino un análisis esquemático del origen y causas de alteración del material orgánico de origen antropológico hallado en un yacimiento arqueológico, así como la descripción de los elementos básicos para su conservación en los diferentes contextos y durante el proceso de extracción.

Conceptualmente la teoría y metodología arqueológica se desarrolla actualmente en los enunciados teóricos de la arqueología *postprocesual*; defienden que una ciencia que estudia al ser humano inevitablemente es una ciencia humana, con todas sus variantes epistemológicas. Los restos humanos y elementos asociados a rituales funerarios aparecen en todas las épocas y culturas.

La teoría arqueológica se ajusta a los dilemas morales y éticos que se producen cuando hablamos de la extracción de restos antrópicos, puesto que resulta habitual descontextualizarlos tras su excavación. Actualmente se respeta la postura de muchas comunidades indígenas en relación a la ubicación de sus ancestros momificados, así como la normativa legal

y deontológica sobre conservación y exposición aparecida en los últimos años, y que son objeto de otro capítulo de este manual.

El proceso de una excavación arqueológica se basa en la recuperación sistemática de restos materiales y datos a través del vaciado del lugar. Resulta una tarea complicada debido a la diversidad de estructuras que contiene y es básicamente destructora de los complejos originales, aunque los datos obtenidos y registrados con metodologías precisas permitan, teóricamente, la reconstrucción empírica del yacimiento una vez excavado.

La excavación de un depósito arqueológico permite:

- Documentar previamente el área a excavar por medio de prospecciones, técnicas geofísicas, documentales y analíticas.
- Identificar las unidades estratigráficas y su posterior levantamiento.
- Registrar y recoger los materiales tras determinar su ubicación exacta.
- En ocasiones, la conservación de las estructuras arqueológicas y su posible musealización (Cronyn, 1990).

Si nos referimos a los sitios arqueológicos, debemos contar con que los contextos deposicionales donde se ubican los restos humanos son muy variados, habiéndose encontrado restos antrópicos en yacimientos arqueológicos enterrados –como las momias más antiguas de Chinchorro–; en sarcófagos –las momias egipcias–; expuestos al aire en cuevas, nichos o abrigos –como las guanches, o el hombre de Galera la momia más antigua de la península–; restos ahumados –como las de la tribu de los kukukukus–; criogenizadas –como las momias andinas y algunas del pueblo inuit–; congeladas, como el conocido hombre de hielo; curtidas –como las de los pantanos de centro Europa e Inglaterra– y, parcialmente sumergidas en agua salada: Lady Dai y otras momias en China.

Los cuerpos pueden estar anatómicamente completos, aunque es habitual la evisceración total o parcial de los mismos. La influencia del medio ambiente está íntimamente asociada a la conservación de los restos momificados y cualquier variación entre éstos y su entorno, desencadena procesos irreversibles de descomposición en los sustratos orgánicos. Los

huesos que generalmente se conservan en diferentes grados de semi-fosilización por su alto contenido mineral, también sufren alteraciones, al igual que los materiales asociados, como textiles y otros.

Los hallazgos humanos aparecen en diferentes estados de conservación en función del contexto y, esencialmente, si recibieron o no algún tratamiento de preservación. A menudo se confunden los términos momificación y embalsamamiento, refiriéndose el primero a un proceso de conservación de restos bioarqueológicos de tipo natural. En realidad, si no hay deshidratación no hay momificación. En los procesos de embalsamamiento se consigue una deshidratación inducida con la aplicación sobre la matriz orgánica de elementos desecadores y biocidas, algunas sales como natrón, extractos vegetales de plantas aromáticas con elevado poder desinfectante, resinas de pez o de alquitrán, ceras, etc.

Por otro lado, la organización sólida de los materiales orgánicos, tienen un comportamiento físico-químico que se adapta constantemente a las características del medio. Su estructura molecular



Figura 1. Excavación en Deir el Bahari. Luxor, Tebas Oeste. Tumba de Djehuty. Fotografía: Leandro de la Vega. IPCE.

la componen largas cadenas de proteínas, y estos biopolímeros forman fibras con características acentuadas de higroscopicidad y anisotropía, que interactúan con el entorno.

### Importante:

Debe considerarse una práctica fundamental, analizar el estudio medioambiental del entorno y de los suelos en los contextos arqueológicos antes de la excavación, puesto que proporcionará datos relevantes indicativos del estado de conservación de los diferentes materiales momificados, ayudándonos a tomar las medidas necesarias para acometer la intervención con las máximas garantías.



## Los contextos deposicionales del material momificado

### Los suelos

El suelo es un medio heterogéneo mutable debido a que sus elementos presentan un alto grado de sales producidas por los compuestos minerales; varía en función de un complejo equilibrio de macro y microelementos, minerales esenciales y de otros factores.

Las formas que presentan todos los suelos, bien sean estratificaciones geológicas o arqueológicas, son el resultado de un largo proceso temporal. La erosión, los movimientos del terreno, la presión, la acumulación de materias e incluso la destrucción del propio suelo, componen los distintos estratos.

Es importante reseñar la capacidad de almacenamiento de agua que tienen la mayoría de los suelos (índice hídrico), el grado de compactación para evaluar su resistencia y propiedades físicas –por ejemplo, durante los procesos metabólicos de los hongos y las bacterias de algunos suelos, se originan cambios en el pH de los sustratos orgánicos, pudiendo resultar muy dañinos para la conservación del material momificado–. También se ha de tener en cuenta la granulometría, el índice de pH, la conductividad eléctrica, el contenido en materia orgánica, la actividad biológica producida por insectos, raíces de las plantas, etc. que compongan cada horizonte edáfico y que varían en los estratos más profundos.

Por consiguiente, el estudio de los suelos deberá planificarse previamente al proceso de excavación y realizarse, al menos, en cada periodo anual, constatándose los cambios a los que esté sometido durante las diferentes estaciones.

El suelo es uno de los medios más corrosivos para la conservación de los materiales orgánicos, aunque por regla general los suelos no compactados con granulometría gruesa permiten la aireación y tienen un alto contenido en sal, favoreciendo la desecación del material orgánico. Los aglutinados con arcillas conservan la humedad y altas concentraciones salinas y ácidas, y no suelen conservar los restos orgánicos. Los suelos silíceos, ricos en aluminio y óxidos de hierro, son bastante ácidos; en general podemos decir que se trata de suelos con mucho humus, de color oscuro, con bastante vegetación. En los suelos ácidos suele haber bastante movilidad de iones metálicos, que se combinan con facilidad con otros elementos generando compuestos poco estables. Se trata de suelos en los que los materiales orgánicos se suelen conservar mal.

Los suelos pantanosos protegen los materiales orgánicos proteínicos (cabello, piel, uñas), pero son muy agresivos con los demás: textiles, madera, óseos. Los suelos salinos se caracterizan por su elevada concentración de sal, que en ocasiones aparecen a modo de veladura o capa blanquecina; si la concentración de sal es elevada, puede terminar por desintegrar la totalidad de los materiales. En los suelos ácidos

la actividad biológica es menor y en ocasiones esto favorece la conservación de los materiales orgánicos.

Pero, por regla general los suelos alcalinos, más propios de climas secos, con bajo índice de humedad relativa (HR), ricos en calcio, sodio y magnesio, mantienen estables los elementos orgánicos. En realidad, es el contenido de agua de los suelos lo que resulta determinante para la conservación.

Cualquier objeto enterrado sufre un proceso acelerado de deterioro hasta que se estabiliza con el nuevo medio. Si las condiciones durante el periodo de inhumación son constantes, acaba adaptándose y la degradación se ralentiza. El momento de la excavación es crítico, puesto que las estructuras orgánicas reaccionan rápidamente con los factores ambientales. En este sentido, la rapidez en la aplicación de tratamiento, o proporcionar un embalaje estable y adecuado, es la premisa fundamental para la conservación del material (tabla 1).

### Procesos de conservación

Las momificaciones pueden producirse por diferentes procesos que interactúan con el medio en el que se encuentran, resultando de esta sinergia la conservación. Los procesos más habituales de momificación son:

- Por disminución hídrica: secado al aire y deshidratación por desecación salina.
- Procesos térmicos: ahumado, crioconservación y congelación.
- Procesos de curtido: momificación en zonas pantanosas.

### Conservación por desecación

El cuerpo humano contiene aproximadamente un 60-70% de agua, por lo que su eliminación reduce considerablemente el volumen original y endurece todos los tejidos blandos. Cuando hablamos de momificación, la eficacia del procedimiento reside en la estabilidad microbiológica debido a la reducción del contenido hídrico del material orgánico. Durante el proceso de secado se modifica la estructura celular por pérdida de humedad, por la reducción de volumen y peso debido a la contracción que sufren los tejidos por deshidratación. También se producen cambios de color.

Muchos suelos desérticos contienen una bajísima tasa de humedad, una elevada granulometría que permite la circulación del aire y alta concentración salina que favorece el proceso de momificación de los restos orgánicos. Los restos que aparecen en estas zonas se conservan en buenas condiciones, debido a la desecación natural provocada en algunas zonas

**Tabla 1. Efectos de deterioro que produce el cambio de ambiente en los materiales arqueológicos (Leigh, 1978)**

Ambiente subterráneo	Ambiente postexcavación	Deterioro de materiales
<b>HR (Humedad relativa) estable</b>	<b>HR variable</b>	Los altos niveles de HR favorece los ataques de microorganismos
		Niveles altos y medios de HR favorece la corrosión de los elementos metálicos
		Niveles medios-bajos causa contracciones y alteraciones físicas
		Niveles muy bajos causa daños irreversibles en los orgánicos
<b>T° (temperatura) Estable</b>	<b>T° alta y fluctuante</b>	El aumento de la T° acelera las reacciones químicas y favorece la aparición de microorganismos
<b>Entrada limitada de aire</b>	<b>Aire que contiene oxígeno (además de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y otros gases ácidos)</b>	Incrementa todas las formas de deterioro, incluyendo las biológicas y químicas
<b>Ausencia de luz</b>	<b>Presencia de luz</b>	Favorece la acción de los microorganismos, de la flora y de los insectos, puede activar procesos de fotooxidación
<b>Contenido en sales</b>	<b>Sales más HR fluctuante</b>	Las sales solubles penetran en todos los sustratos porosos. Si desciende la HR cristalizan aumentando de volumen, rompiendo los objetos. Las sales insolubles forman costras sobre ellos
<b>Presencia de organismos</b>	<b>Presencia de organismos+T°+Luz</b>	Se acelera la actividad provocando ataques sobre los restos orgánicos

desérticas como el Sahara, Egipto, Atacama, Paracas en las costas del Perú y Chile, los desiertos de Estados Unidos y México, Australia, Gobi, Taklamakán en China, etc.

### Conservación por aporte de sal

La sal en el proceso de momificación se produce bien por inmersión en una disolución saturada, directamente sobre la superficie o el interior del material proteínico. Este proceso bloquea en parte el crecimiento microbiano e inhibe la producción enzimática. La acción de nitratos y nitritos en ausencia de oxígeno, tiene efecto sobre los microorganismos anaerobios. Las reacciones hidrofílicas básicas que se producen, poseen características fisicoquímicas en las que influyen varios factores, entre otros el índice del pH en función de que se utilicen, nitritos, nitratos, cloruro sódico, cloruro cálcico o dicromato de sodio. Pero resulta fundamental para el proceso que la sal utilizada fuera de buena calidad, es decir no presentase altas proporciones de magnesio, hierro u otros contaminantes y materias añadidas.

### Ahumados

El ahumado de elementos orgánicos se basa en la lenta combustión de plantas que produzcan humo de manera que incida sobre el elemento a conservar, este proceso está unido siempre a procesos combinados de deshidratación previa.

Las maderas o el serrín que se utilizan como combustible tienen que cumplir algunas condiciones, como tener una baja composición de alquitranes o resina y que además sean ricas en esteres para que el proceso antibiótico detenga los procesos de descomposición. Este tratamiento biocidas a base de humo, resulta eficaz por sus compuestos fenólicos, hidrocarburos y formaldehído que contiene, además de antioxidantes y óxidos de nitrógeno. Obviamente, las condiciones térmicas del proceso deben estar controladas para evitar la cremación. Normalmente el cadáver se coloca a una distancia prudencial del foco de calor para que la temperatura del ahumado sea baja (oscile entre 30° C y 60° C), con esta temperatura constante se destruyen los microorganismos que producen la descomposición de los tejidos.

### Las cuevas y abrigos

Las oquedades naturales se generan en las masas rocosas, bien sean de formación primaria o secundaria. Su composición determinará las características morfológicas de cada una.

Por regla general el régimen microclimático de una cueva es el resultado de una estrecha combinación de todos sus elementos. Suelen presentar un grado bajo de iluminación, un equilibrio de humedad, temperatura, contenido en aire y flujo termodinámico constante. Y una colonización biológica en niveles aceptables si no se modifican las condiciones medioambientales. El régimen hídrico de las cuevas puede resultar variable, pero tiende a estar seco en las zonas donde se depositan los restos para que se momifiquen. Generalmente los suelos suelen ser ácidos, ricos en sedimentos producidos por detritus y sales originadas por las deyecciones de la fauna que habita en ellas.

El estudio previo del microclima del interior de la cueva y del exterior de la misma mediante



Figura 2. Cueva con sarcófagos de momias. Fotografía: Nieves Valentín, IPCE.



50

**Figura 3.** Sarcófagos de diferente tamaño conteniendo una o varias momias. Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.

monitorización, resulta fundamental para conocer las variables climáticas e higrométricas y ajustar así los parámetros necesarios para la conservación de los restos, aunque generalmente cuando se producen hallazgos en cuevas, las momias se descontextualizan y se trasladan a museos para asegurar su conservación.

Los abrigos rocosos se forman por el desgaste de las rocas menos resistentes a la erosión. Suelen ser áreas protegidas por cornisas pétreas y la diferencia con las cuevas es su escasa profundidad. Por consiguiente y de manera generalizada, se trata de recintos aireados, con índices de luz variable y protegidos del agua. El patrón de uso de estos espacios abarca varias fases culturales, con prolongadas ocupaciones desde la prehistoria en muchas zonas del planeta. En abrigos y cuevas suelen encontrarse momificaciones producidas por desecación (natural o inducida) o ahumado. Los restos pueden encontrarse envueltos en pieles animales, textiles o estar recubiertos de

arcilla. Otro tipo de momificaciones suelen ser las que han recibido tratamiento parcial de desecación, ahumado, etc. para evitar la descarnación por la fauna necrófaga, o encontrarse protegidos en sarcófagos o en nichos sellados, realizados previamente en el abrigo.

La metodología de conservación de los abrigos debe incluir, además de estudios climáticos, el mapeo de áreas de actividad, con registros horizontales y verticales de la zona de asentamiento y/o enterramiento.

### **Las zonas pantanosas**

Algunas zonas pantanosas resultaron favorecedoras para la conservación de restos humanos, presentan temperaturas bajas (entre 5° C y 8° C) con un bajo contenido en oxígeno y la lenta pero constante pudrición de los vegetales asociados a estos suelos, especialmente el musgo *sphagnum moss*, que proporciona

acidez. El proceso de descomposición transforman lentamente los materiales vegetales en turba y ácido tánico, un producto excelente para curtir pieles muy utilizado desde la antigüedad. El ácido tánico acidifica el agua, con un pH del 3,5 a 6 y actúa también como antibiótico de las bacterias que atacan las estructuras de origen proteínico, por tanto el medio no presenta apenas agentes patógenos. Los taninos producidos son los responsables del oscurecimiento de los cuerpos y materiales proteínicos. Las momias así conservadas presentan un elevado contenido de humedad, con los órganos internos que han perdido parte de su estructura; la acidez origina que los huesos se reblandezcan; si añadimos el peso de los estratos de turba, nos encontramos con los resultados actuales, cuerpos momificados muy oscurecidos y con un aplastamiento en su estructura. Este medio conserva los restos proteínicos, pero no los vegetales, por eso estos cuerpos aparecen semidesnudos por la pérdida de los textiles de origen vegetal.

### **Glaciares y nieves perpetuas (liofilización y congelación)**

De todos los sistemas de momificación, la crioconservación es el que mejor preserva las huellas y patologías de los perfiles biológicos del muerto.

Resultan muy abundantes los hallazgos de restos conservados en los hielos del Ártico, la Antártida, o los páramos colombianos, al igual que en zonas altas con nieves perpetuas como los Andes o los Alpes. Y en el *permafrost* de Alaska, Siberia y el Himalaya. En Siberia aparecen ocasionalmente mamuts.

#### ***Liofilización***

La crioconservación consiste en la conservación de los tejidos orgánicos con una presión determinada y a una temperatura inferior a cero grados centígrados. El proceso de desecación por acción del frío se llama sublimación o liofilización, el agua en fase sólida, hielo, se transforma en vapor sin pasar por la fase de líquida. La conservación se produce debido a la paralización del metabolismo celular por la disminución del agua de constitución disponible. Los pueblos andinos utilizaban este procedimiento para conservar sus alimentos, dejaban que éstos se congelasen por la acción del frío seco en la noche de los Andes. Con la subida de temperatura por la mañana y la baja

presión atmosférica de las altas tierras se producía la sublimación del agua que se había congelado. Se trata de un proceso de liofilización natural; el mismo que ocurrió con algunas momias de Chile y Perú —cuerpos ofrecidos en sacrificio a los dioses y depositados en grutas de montañas con nieves perpetuas—.

#### ***Congelación***

En los procesos de congelación en el que el agua pasa del estado líquido al sólido se produce la ruptura celular por la formación de cristales de hielo (el hielo aumenta hasta en un 9% el volumen del agua líquida). El proceso no destruye todos los microorganismos que originan la pudrición, en realidad retrasan las reacciones químicas por el frío, este inhibe la acción enzimática. La aceleración de la descomposición en el material descongelado se produce por el desgarre de las paredes celulares, porque estas rupturas disminuyen la resistencia de los tejidos a la contaminación. Por tanto resulta fundamental no romper la cadena de frío en los restos momificados congelados. Los ciclos de congelación/descongelación resultan catastróficos para los materiales orgánicos, no solo por las tensiones estructurales que conllevan, la descohesión y el debilitamiento que se produce, sino porque con temperaturas bajo 0° C se ralentizan los procesos de contaminación microbiológica, y estos se intensifican rápidamente en presencia de humedad y aumento de temperatura.

#### **Exposición a sustancias químicas**

Algunos restos antropológicos expuestos al mercurio, arsénico, cobre, plomo y otros metales pesados en cantidades elevadas pueden detener la actividad enzimática y los procesos de descomposición.

#### **Factores de alteración**

Los materiales orgánicos poseen características químicas similares. Su degradación se produce por modificaciones estructurales originadas por cambios mecánicos o físico-químicos que afectan a su resistencia, volumetría y aspecto. Las causas de alteración son múltiples, pero en general para los hallazgos arqueológicos, se trata de procesos sinérgicos en los que confluye el medioambiente, el peso y

**Tabla 2. Causas de alteración en los restos orgánicos**

<b>Físicas</b>	Modifican los restos produciendo tensiones mecánicas de dilatación, y contracción y peso que produce aplastamiento	Higroscopicidad Anisotropía
<b>Químicas</b>	Alteran su configuración estructural, que es susceptible de sufrir transformaciones por sustracción o aporte de elementos químicos	Hidrólisis Fosilización
<b>Biológicas</b>	Contaminación por macro y microorganismos: parásitos, plagas necrófilas, artrópodos, vertebrados y también la actividad microbiana de hongos y bacterias	

movimientos del terreno, la contaminación biológica y otros.

Básicamente, todas las causas de alteración se reducen a tres tipos: físicas, químicas y biológicas. Las primeras modifican los restos a través de las tensiones mecánicas producidas por higroscopicidad y anisotropía. Las transformaciones vinculadas a la química orgánica son causas de alteración que se manifiestan en los procesos de fosilización, hidrólisis, foto oxidación, etc. Las biológicas se originan por macro y microorganismos (Alonso López, 1996; Berdoucou, 1990) (tabla 2).

52

### Agua

El índice hídrico que presenta cada material y la humedad relativa (HR) de su entorno es uno de los factores fundamentales que originan las alteraciones en los restos momificados. Los cambios de HR están íntimamente asociados a las alteraciones mecánicas de los materiales producidas por los movimientos de los sustratos orgánicos al absorber o ceder humedad. Cuando los cambios son rápidos y, sobre todo, cuando son constantes provocan fisuras, grietas y rupturas si el material se seca, o el hinchamiento por rehidratación y disolución por hidrólisis, en el caso de que el índice de humedad resulte elevado.

La composición química del agua en el suelo da lugar a eflorescencias salinas y otros depósitos.

### Cambios térmicos

Los materiales orgánicos son sensibles sobre todo al aumento de temperatura; si resulta moderado origina deformaciones, fragilidad; pero si la temperatura supera los 300° C experimentan cambios morfológicos e incluso su total combustión.

Debido a las propiedades anisotrópicas de las fibras orgánicas pueden producirse deformaciones en diferentes direcciones, agrietamientos, torsiones, etc. En el material óseo, cuando los restos están secos por efectos del calor moderado, aparecen fisuras longitudinales. Si han sufrido temperaturas elevadas, sin llegar a combustionar, aparecen fisuras y fracturas transversales, y pérdidas de material.

### Modificaciones cromáticas

Los restos pueden presentar decoloraciones cromáticas debidas al envejecimiento de los materiales, por suciedad producida por depósitos de polvo, o por contacto con otros materiales. También resultan características las tinciones por contaminación microbiana, o decoloraciones por exposición prolongada a los rayos UV del sol.

### Colonización biológica

El carbono, oxígeno, sales y demás elementos que tienen en su composición los restos momificados, suelen resultar una fuente de alimento para los microorganismos que degradan las macromoléculas orgánicas por procesos de hidrólisis enzimática. Aportan nutrientes a algunos tipos de colonias de líquenes, algas, insectos y roedores.

Entre los microorganismos *postmortem*, algunas levaduras producen destrucciones progresivas. Los efectos de las bacterias son la pudrición y algunas tunelaciones paralelas. Los hongos, con el rápido crecimiento de sus micelos, destruyen paulatinamente los tejidos orgánicos al ir penetrando hacia el interior de los mismos.

Respecto a los insectos existe una fauna entomológica que pudo afectar a los restos antropológicos, en cuanto a individuos, previo, *postmortem* o durante

su momificación; otras especies han podido deteriorar los restos antropológicos en el yacimiento, generalmente se describen en el ámbito médico-forense (Rufino, capítulo 3.2). En resumen se citan:

- Necrófagos: se alimentan del cuerpo. Son comunes las especies de las familias *Calliphoridae* y *Sarcophagidae*, *Silphidae* y *Dermestidae*.
- Predadores y parásitos de necrófagos: incluye *Staphylinidae* e *Histeridae*, especies de dípteros (*Calliphoridae* y *Stratiomyidae*) e himenópteros parásitos de las larvas y pupas de dípteros.
- Omnívoros: se incluyen grupos como las avispas, hormigas y otros coleópteros, se alimentan tanto del cuerpo como de los artrópodos asociados y de hongos.
- Comunes del suelo: *Collembola*, arácnidos, ciempiés, ácaros.

Las momias en los yacimientos han estado expuestas a condiciones estables y de anoxia lo cual favorece una escasa proliferación de insectos y microorganismos. Por el contrario, las momias recién extraídas y aquellas que se ubican en museos poseen una notable susceptibilidad al biodeterioro (Valentín, capítulo 3.3).

## Cómo actuar en el yacimiento arqueológico

La planificación previa resulta fundamental. El equipo interdisciplinar deberá funcionar en base a las directrices impartidas por un responsable, que será el encargado de fijar las fases secuenciales de la intervención, de limitar la responsabilidad de cada área técnica y ocuparse de la coordinación de los diferentes grupos de expertos y auxiliares. También será el responsable de concentrar e interpretar toda la información producida.

Una vez encontrado el hallazgo, habrá que tener en cuenta que nos encontramos ante un resto orgánico que resulta altamente contaminante y puede ser contaminado, por lo que debemos tomar una serie de medidas básicas referentes a los aspectos de seguridad e higiene en la manipulación, así como seguir un estricto protocolo que exponemos a continuación.

Por regla general los restos, enterrados o no, sufren un proceso de diagénesis entre el cuerpo y el entorno que originan transformaciones físico-químicas,

pero estas no operan con uniformidad y regularidad en la totalidad del sustrato. En la misma pieza nos encontraremos con zonas más o menos alteradas dependiendo de cómo hayan interactuado con el medio. Si hay agua y presencia de ácidos la alteración del material orgánico será muy elevada. Si en el proceso de extracción la temperatura es elevada las reacciones químicas aumentarán la velocidad de degradación (ecuación de Van't Hoff).

Se tendrán en cuenta además, las variantes climáticas e hídricas entre las diferentes estaciones, la fluctuación en la temperatura incluido los ciclos día/noche, el índice de radiación solar, la latitud geográfica, la cercanía a la costa, la altura sobre el nivel del mar y la contaminación ambiental.

## El registro

Normalmente el proceso de excavación que se sigue es el de estratos geoarqueológicos, entendiendo estos como: depósitos, estructuras, unidades o grupos. La documentación para registrar las unidades estratigráficas, su denominación, descripción, interpretación o datación es tan variada como los sitios arqueológicos.

### *Mapas con coordenadas*

La ubicación geográfica debe ser exacta, con la realización de una planimetría a través de los datos proporcionados por coordenadas geológicas y georreferenciadas. El uso de instrumentos como los sistemas de posicionamientos global (GPS), georradar (GPR), los sistemas de información geográfica (SIG) y otras técnicas geofísicas de detección y examen están muy extendidas en la actualidad.

### *Fase documental*

Hay que registrar todos los materiales que aparecen en el contexto con coordenadas UTM, a ser posible por medio de una estación total topográfica, realizando además planimetrías, alzados, secciones, gráficos a escala y fotografías generales y de los diferentes elementos. La metodología arqueológica implica llevar un diario dónde aparezcan descritos todos los aspectos del proceso. Actualmente el sistema de registro se agiliza con fichas y bases de datos normalizadas para la descripción de los estratos, estructuras, restos momificados o esqueletos, materiales, pautas

de caracterización, etc. que se realizan tanto en papel como en soporte informático.

Las fotografías se tomarán con escala. También deberán reflejarse fotográficamente las fases del proceso de levantamiento de los restos y materiales asociados. Obviamente cuanto mejor sea la calidad y resolución de las fotografías los datos aportados serán mayores. Para que resulte lo más ajustado a la realidad, es aconsejable utilizar fotografías de alta resolución de 50 *megapíxeles*, calibrándose la resolución de la cámara impresora y demás equipos, incluido el papel de imprimir, para evitar modificaciones en las coordenadas cromáticas. También es recomendable el registro en vídeo.

#### *Se anotará asimismo*

- Cualquier alteración del paisaje que nos indique lugares de enterramiento.
- Cambios en la vegetación y coloración de la tierra.
- La tipología de enterramiento, fosas, sarcófagos, etc.
- La orientación general del contexto.
- La orientación del cuerpo (en relación con la cabeza).
- La colocación del cuerpo.
- Los análisis bioantropométricos.
- El tipo de resto y morfología del mismo.
- Si presenta conexión anatómica.
- Si aparece completo o incompleto.
- Si es un hallazgo aislado o aparecen restos de varios cuerpos.
- El estado de conservación.

#### **El depósito, los materiales y rituales asociados**

El depósito o la zona dónde se encuentren los restos debe ser estudiada contemplando los parámetros medioambientales generales (seguimiento anual). Normalmente, el depósito es un lugar estanco, por ello resultará imprescindible extraer muestras que nos permitan estudiar la composición edafológica del terreno, recoger todos los restos materiales asociados y restos zooarqueológicos y botánicos incluidos los necesarios para realizar estudios polinológicos y otros.

Determinar por el contexto donde aparecen si se trata de un hallazgo casual, enterramiento unitario o un cementerio común. Hay que estudiar todos los

materiales asociados, como los materiales proteínicos o textiles que los envuelve; si estos están tratados (curtidos o tintados) y establecer las propiedades antibacterianas de los mismos. Hay que establecer los procesos culturales y sus rituales funerarios asociados.

#### **La recogida de muestras *in situ***

La recogida de muestras debe respetar dos premisas fundamentales: asepsia a la hora de la recogida y la mínima intervención en la extracción del material. Resulta prioritario recoger el material sin contaminar por factores diferentes a los del objeto del estudio. Para esto debemos proceder con una planificación previa, secuenciada en fases concretas y consecutivas.

Los resultados analíticos dependen de la calidad de la muestra, y no podemos obviar a este respecto que la mayoría de los descubrimientos se realizan en el laboratorio:

- Se recomienda que el número de personas que manipulen los restos sea limitado y con experiencia previa.
- Se recogerá previamente muestras de ADN del personal relacionado con los trabajos de extracción, embalaje y transporte, para verificar posteriormente ausencia de contaminación en los análisis de la secuencia genética.
- El técnico estará convenientemente protegido, a fin de no contaminar las muestras, con ropa, gorros, mascarillas, gafas y guantes desechables.
- Se evitarán las limpiezas de los restos de tipo acuoso y ácido.
- Se respetarán las alteraciones y fenómenos tafonómicos de los materiales. No se tratarán de enderezar y no se realizarán limpiezas agresivas.
- Para la extracción de muestras el material que vayamos a utilizar para la disección y extracción, al igual que los recipientes para la contención de la muestra, conviene que se encuentren esterilizados y, a ser posible, que sean de uso único (hisopos, hojas de bisturí, etc.).
- La cantidad de muestra debe ser suficiente para realizar el análisis, pero extraerse aplicando los criterios de mínima intervención.
- Cada recipiente con muestra, irá debidamente clasificado, etiquetado y/o rotulado claramente de manera permanente. Se anejará un protocolo a la muestra explicando todos los pormenores que se consideren necesarios, la ubicación

exacta de la extracción, su morfología (si se conoce), nombre del investigador o/y centro al que pertenece, fecha y hora de la toma, sistema de extracción y conservación empleados, fotografías del proceso. Nunca se rotularán ni marcarán directamente los restos.

- Una vez extraídas las muestras, su conservación resulta fundamental. Los recipientes sellados con las materias a analizar, deben almacenarse a su vez en contenedores herméticos, minimizando los cambios de temperatura, HR y luz. Procurar, así mismo, el aislamiento de los cultivos celulares (placa de Petri/cultivo primario) con el control adecuado.
- Las muestras para analíticas de datación cronológica se extraerán, a ser posible, rebajando la primera capa que aparezca en la superficie de la zona que queramos analizar, se extrae la muestra que se introducirá en recipientes esterilizados de vidrio con tapa de rosca. Se sellarán inmediatamente con *film* de laboratorio para asegurar su hermeticidad.
- Los estudios geotécnicos y análisis geofísicos del terreno se realizarán por especialistas. Asimismo, se deben extraer muestras edafológicas cercanas al resto momificado, para analizarlas.
- El transporte y la analítica de las muestras recogidas *in situ* hasta el laboratorio deben realizarse a la mayor brevedad. Para algunas muestras el tiempo transcurrido desde la extracción a su análisis resulta crítico, al igual que el control de temperatura; se recomienda para el transporte introducir las bolsas, frascos, etc. en contenedores plásticos (reducen el peso) tipo neveras portátiles, espumas de polietileno, etc.
- Durante el transporte, no se permitirá que las muestras sean irradiadas, puesto que algunas radiaciones (rayos X) de los controles de seguridad aeroportuaria y otros, modifican algunos resultados (como las dataciones cronológicas por carbono 14).

### Tratamientos básicos *in situ*

El tratamiento del material orgánico es una tarea compleja que debe llevarse a cabo por especialistas altamente cualificados. Los restos momificados son extremadamente frágiles, por ello la aplicación de

tratamiento en el lugar del hallazgo debe realizarse bajo el criterio de mínima intervención.

Se procurará la extracción y el transporte de la momia en las mejores condiciones. El estado de conservación de los restos será determinante a la hora de elegir el tratamiento más apropiado. Seguir el protocolo del proceso resulta fundamental; tras la localización de los restos se procederá a realizar la excavación para su recuperación, aplicando parámetros de antropología física.

Todos los materiales que durante mucho tiempo permanecen en el mismo lugar acaban estabilizándose en mayor o menor medida con el medio que les rodea, siempre que este no resulta muy agresivo o se modifique lentamente. Para cualquier soporte material los cambios bruscos resultan extremadamente dañinos. Por eso, cuando nos referimos a restos momificados arqueológicos, debemos de tener en cuenta que en el proceso de excavación, transporte y/o traslado se les somete a un fuerte estrés por cambios medioambientales, y los materiales sometidos a estas alteraciones se degradan. Minimizar los cambios que se producen durante estos procesos, resulta por tanto prioritario para su conservación.

La planificación previa del trabajo debe resultar una premisa fundamental. Está claro que una intervención programada en el yacimiento asegura la conservación de los materiales en las mejores condiciones.

Debe contarse, al menos, con un especialista en conservación-restauración que haya realizado estudios previos del entorno, y que cuente con los conocimientos y materiales necesarios para todas las operaciones requeridas en cada proceso.

### Planificación previa

- Se necesita cerca del yacimiento un lugar cubierto, aireado, limpio y con una mínima estructura material, que permita su uso como laboratorio de campo.
- Habrá que evaluar el tipo y porcentaje de daño que presentan las piezas, y proceder con técnicas y tratamientos reversibles.
- Los materiales momificados deben mantenerse alejados de la luz del sol y del aumento de temperatura que provocan los rayos infrarrojos, preservarlos de la lluvia y favorecer su desecación natural en zonas aireadas.

- Si el material presenta hinchamiento por exceso de agua, lo más apropiado es comenzar con una desecación paulatina y suave, con aire o con agentes desecadores como alcohol, acetona o absorbentes como gel de sílice (Artsorb®). Esta

desecación nunca será menor que la medioambiental. Por regla general se recomienda conservar los materiales rodeados por los sedimentos y envueltos en plástico microperforado que permita un secado paulatino, sin condensaciones.

<b>Tratamientos <i>in situ</i></b>		
<b>Trabajos preliminares</b>	Documentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realización y recopilación de la información previa, mapas de ubicación, mapas de alteraciones, recogida de muestras y análisis preliminares edafológicos y otros</li> <li>- Determinar la normativa legal de protección</li> </ul>
	Re-enterramiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se trata de volver a ocultar los hallazgos cubriéndolos con materiales inertes que garanticen su conservación en un medio estable, creando condiciones semejantes a las del entorno previo a la exhumación</li> <li>- Realización de drenajes, cubiertas temporales...</li> <li>- Programar revisiones y mantenimiento a corto, medio y largo plazo</li> </ul>
<b>Actuaciones <i>in situ</i></b>	Fijaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las actuaciones <i>in situ</i> deben ser las mínimas imprescindibles para la estabilidad de los materiales (aplicación de criterios de mínima intervención)</li> <li>- Los materiales empleados deben ser químicamente compatibles y de fácil reversibilidad</li> <li>- Los soportes serán estables y proporcionarán a los objetos la seguridad requerida para su conservación</li> <li>- Las limpiezas serán mínimas, en seco por medio de brochas, etc. Los instrumentos utilizados en contacto con los orgánicos, no serán cortantes</li> <li>- Si hay que desecar el objeto es mejor realizar el proceso en un laboratorio, <i>in situ</i> se extraerá sin eliminar la tierra de su entorno. Si resultase imprescindible, puede añadirse por goteo o aspersión una mezcla 1:1 hidroalcohólica, controlando la evolución de los materiales, nunca desecar completamente, que debe ser un proceso lento y controlado en un laboratorio</li> <li>- Si tenemos que reforzar el objeto (fijaciones o consolidaciones previas) utilizaremos un consolidante conocido, reversible, empleando la mínima cantidad, asegurándonos que actúa solo en superficie</li> <li>- Se puede consolidar con: brocha, pincel, goteo, inyección o pulverizador</li> <li>- Podemos añadir fungicidas en baja concentración a la solución consolidante para evitar el desarrollo de microorganismos</li> </ul>
	Estructuras de refuerzo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los materiales frágiles se reforzarán con gasas limpias de algodón sin apresto, siempre que el material orgánico no esté húmedo y pueda quedar marcado con la huella de la gasa</li> <li>- Los adhesivos utilizados irán en la menor concentración posible, diluidos en disolventes muy volátiles para que la adhesión se realice en superficie</li> <li>- Se recomienda colocar una gasa de trama abierta en contacto y cuando esté seca, otra de refuerzo sobre la anterior, con la trama más tupida a fin de reforzar</li> <li>- Se adaptarán al tamaño de la pieza para evitar que esta se mueva</li> <li>- Se realizarán en materiales estables y que no aporten peso, las planchas realizadas en espumados plásticos resultan fáciles y baratas de adquirir y dan buenos resultados</li> <li>- Se desaconseja la utilización de espumas tipo poliuretano expandido, estos materiales alcanzan temperaturas muy altas en el proceso de catalización y además pueden causar presión y tensiones</li> <li>- Se desaconseja el uso de morteros, escayolas y cualquier otro material que aporte humedad</li> <li>- Hay que calcular el peso para evaluar la necesidad de refuerzos con materiales rígidos</li> <li>- Los restos orgánicos son extremadamente frágiles y sensibles, los soportes rígidos deberán ofrecer garantías de estabilidad química y estructural, se desaconsejan las maderas sin tratamiento previo (extremadamente higroscópicas), así como las planchas metálicas sin protección anti corrosiva</li> <li>- Los soportes en contacto con los restos conviene forrarlos o protegerlos con láminas sintéticas, los plásticos espumados pueden dar buenos resultados. Los materiales orgánicos no deben estar en contacto con superficies duras o espumados rígidos, para evitar abrasiones; si están secos se envolverán previamente con papel tisú o japonés</li> </ul>
<b>Intervenciones tras la excavación</b>	Embalaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los objetos pequeños se embalan en cajas plásticas con membrana o individualizados en bolsas de polietileno adaptadas a su tamaño</li> <li>- Para evitar condensaciones, las bolsas se microperforarán con una aguja antes de introducir el material</li> <li>- Las bolsas aparecerán rotuladas o etiquetadas con los datos oportunos</li> <li>- Las bolsas con los materiales que pertenezcan a un conjunto (p.e. los huesos de una mano) se introducirán a su vez en una bolsa mayor también microperforada</li> <li>- Todas las bolsas irán en una caja rígida, con agentes desecadores si el material está muy húmedo. Los desecadores nunca pueden estar en contacto con los materiales, como tampoco los biocidas</li> <li>- Los objetos más grandes irán en cajas individualizadas con contra moldes realizados en las láminas de espumado, evitando roces y vibraciones</li> <li>- Los objetos orgánicos deben recibir tratamiento de inmediato una vez extraídos</li> </ul>

- Los restos orgánicos que han sufrido procesos de calentamiento, o cremación parcial, presentan alteraciones prácticamente irreversibles y fragilidad en los sustratos, por lo que su manipulación deberá ser muy cuidadosa.
- Para los materiales congelados resulta imprescindible que no se rompa la cadena de frío; la temperatura de los contenedores será siempre bajo cero.
- Los materiales que presenten fuerte contaminación biológica se embalarán por separado y se trasladarán rápidamente al laboratorio para recibir el tratamiento adecuado, en función del tipo y estado del material. Previamente se habrá comunicado al centro el traslado del material contaminado, para su posible cuarentena.
- El instrumental y los materiales que se utilicen deben ser nuevos, estar limpios, y ser compatibles químicamente con el material que vayamos a tratar.

### Procesos de exhumación

El transcurso de una excavación es un proceso sistemático. Sin embargo, debemos calcular muy bien las

tareas y los tiempos de extracción de los restos, pues es conveniente extraer cada unidad de una misma vez.

La tierra que va extrayéndose en el proceso debe amontonarse, a ser posible, por niveles y fuera del contexto de la excavación para evitar la contaminación de estratos. Toda la tierra removida debe ser pasada por una criba y varios tamices a fin de recuperar las evidencias mínimas de los restos (dientes, epífisis no fusionadas, etc.).

Al toparnos con el resto humano se realizará un trabajo más minucioso hasta liberar otros restos y materiales asociados. Se recomienda utilizar instrumental de precisión, a ser posible cerca del material momificado u óseo, usar instrumentos de madera o plástico para evitar marcar superficialmente los objetos o huesos encontrados, puesto que las incisiones y demás marcas pueden interferir con los análisis traceológicos.

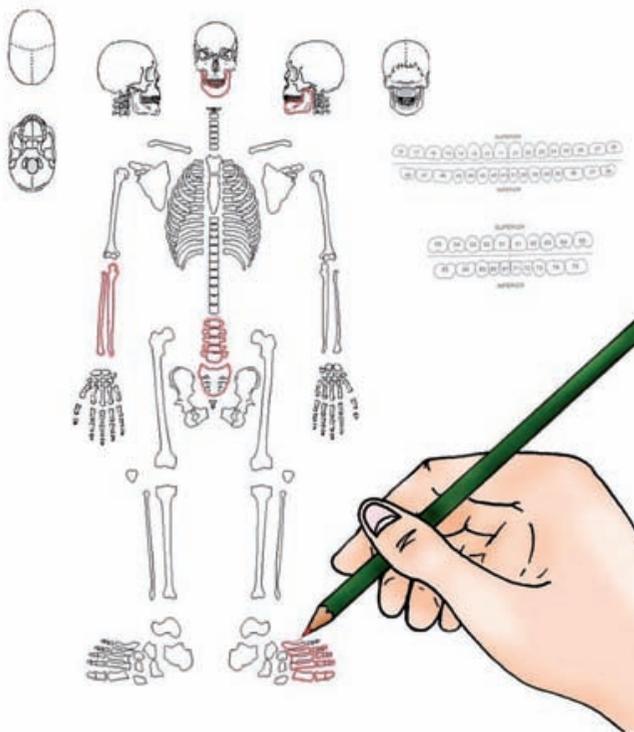
Después de recopilar toda la información disponible *in situ*, se levantarán los restos. Es muy importante que las limpiezas de los materiales *in situ* no resulten excesivas. Si estos materiales se encuentran muy debilitados se procederá a cortar la tierra de alrededor y extraerlo en bloque o consolidándolo. Si su estado de conservación lo permite se levantarán los restos con ayuda de un plano de soporte, sin forzar ningún elemento. Es importante reseñar que los materiales que vayan a recibir cualquier tipo de análisis no serán sometidos a procesos de consolidación, radiación u otros.

### Traslados

Obviamente algunos restos humanos, como los andinos, se encuentran en terrenos abruptos a gran altura; disponer de un laboratorio de campo en esos lugares, casi inaccesibles, es tan complicado como poseer las condiciones físicas necesarias para realizar una escalada de entre tres mil a seis mil metros.

Para los conservadores resulta frustrante el recuerdo de las fotografías antiguas referentes a los traslados de algunos de estos restos –sin duda ligados a la necesidad por recuperarlos–. Los restos que no se protegen adecuadamente originan factores de deterioro y pérdidas de información irreversibles.

Los materiales para depositar o envolver los hallazgos son muy variados, habitualmente se utilizan láminas o espumados plásticos que resultan inertes, fáciles de adquirir y transportar, además de aligerar peso. Hay que utilizar siempre materiales nuevos,



**Figura 4.** Ubicación, durante la excavación, de los huesos en contexto anatómico (las manos y pies están a mayor escala para identificar todos los huesos). Dibujo: Jesús Herrero. IPCE

sin reciclar. Asimismo, se debe tener en cuenta que algunas espumas pueden resultar muy abrasivas en contacto directo con huesos y otros elementos biológicos.

Si se utilizan textiles de algodón o lino no deben estar tintados ni con apresto. Los materiales embalados, deben revisarse con asiduidad, para evitar contaminaciones.

#### **Importante:**

Lo más apropiado una vez realizado el hallazgo y antes de la extracción, es organizar los materiales para realizar los embalajes, y trazar una ruta con los medios necesarios para mover los restos.

No debe de pasar mucho tiempo desde el hallazgo y/o la extracción del resto a su traslado al laboratorio de restauración, ni tampoco de su intervención.

En el yacimiento no hay que abrir los fardos ni los envoltorios originales que protejan al cuerpo.

#### *Materiales de embalaje y estabilizadores en la recogida de muestras*

58

Siempre que resulte posible, los restos de muestreo deberán guardarse en cápsulas, recipientes o bolsas individuales adecuadas a su tamaño. Las muestras encapsuladas, a su vez, deben introducirse en un contenedor hermético.

Cuando se extraen restos enterrados, estos mantienen el índice de humedad relativa del suelo; por ello debemos tener en cuenta que durante el almacenamiento pueden producirse condensaciones en el interior de las bolsas o recipientes. Para evitarlo es suficiente con realizar el microperforado de la bolsa (perforación con la punta de un alfiler), o no cerrar los contenedores hasta que haya pasado un tiempo razonable para que se evapore el exceso de humedad. El control visual de las muestras encapsuladas o embolsadas debe realizarse con cierta asiduidad.

En casos muy puntuales, por causa mayor y/o imposibilidad de enviar la muestra de inmediato al laboratorio se pueden tomar una serie de medidas provisionales que están desaconsejadas como rutina estandarizada:

- Si las muestras están secas o deshidratadas se añadirán agentes desecadores y absorbentes de

oxígeno. Si hay muestras metálicas asociadas, agentes anticorrosivos en fase vapor.

- Si las muestras están muy húmedas, el secado sin control puede resultar peligroso, entonces añadiremos al contenedor una esponja natural ligeramente humedecida (presionada al máximo hasta quitarle la mayor parte de humedad). Si no deseamos que se desarrollen alteraciones biológicas, en el contenedor se incluirán agentes biocidas. Estos restos deben revisarse, transportarse y analizarse lo antes posible, pues resulta peligroso almacenarlos de este modo.
- Si aparecen infectadas por insectos se sellará la muestra y se colocará una bolsa con absorbentes de oxígeno.

#### **Importante:**

Ninguno de los agentes estabilizadores mencionados debe estar en contacto directo con las muestras, es necesario aislarlos en bolsas separadas microperforadas o colocarlas en otro compartimento del contenedor. Deberá especificarse claramente al laboratorio la composición y la marca comercial de los agentes estabilizadores que acompañe cada muestra.

#### *Recipientes contenedores de muestras*

- Bolsas plásticas de polietileno con cierre tipo *zip*: el tamaño debe ser adecuado a la muestra para que esta no se mueva demasiado. Algunas marcas las proveen ya esterilizadas por radiación y presentan un tipo de cierre hermético.
- Recipientes con tapón: tubos de ensayo, micro tubos, recipientes con tapón de rosca, algunos con hisopo incluido se fabrican en vidrio y plástico de polietileno, poliestireno y polipropileno. Para las pruebas de ADN se utilizarán criovirales con sellado de junta, se comercializan con certificados libres de DNAsa, RNAsa y pirógenos.
- Contenedores para muestras: cajas con membrana, cajas plásticas de poliestireno, neveras portátiles transportables. Los tubos de vidrio se utilizarán para muestras que vayan a ser analizadas por cromatografía de gases, infrarrojos, y en general técnicas de alta precisión. Los tubos u otros recipientes de plástico pueden dejar

trazas en las muestras que serán detectables en los análisis.

- Rotulado y etiquetado: en una zona visible, con marcadores indelebles y etiquetas autoadhesivas colocadas en el exterior. Actualmente algunos laboratorios utilizan sistemas de etiquetado asociado a un *software* sencillo que facilita la recogida y almacenamiento de los datos informatizados. Estos se encriptan con códigos de barras de una o dos dimensiones. El sistema con todos los datos asociados que queramos adjuntar (fichas, fotos, enlaces...) facilita enormemente el trabajo de campo y el proceso de almacenamiento y búsqueda. Puede leerse desde un teléfono móvil.
- Sellado, sujeción: cintas adhesivas con indicación de material estéril, (algunas marcas de cintas de sellado tienen indicadores que varían de color en función de que el interior se contamine o no).
- Absorbentes de oxígeno: de composición a base de sales de hierro, comercializados bajo varias marcas: RP, Ageless®.
- Desecadores: gel de sílice tipo Art-sorb® sin sales de cromo añadido. En caso de no poder conseguir este tipo de elementos puede añadirse un textil de algodón sin tinte ni apresto, o papel de celulosa.

- Inhibidores de la corrosión en fase vapor: Actúan a nivel molecular inhibiendo y ralentizando el movimiento de la nube de electrones de los átomos metálicos. Un ejemplo es la marca Corpac®, entre otras. Se comercializan en forma de lámina plástica, kits y cápsulas.
- Toallitas o gel desinfectante para lavarse las manos una vez manipulado el material momificado.

El estudio de los forenses se basa, entre otras cosas, en caracterizar los vestigios entomológicos de insectos, artrópodos, pólenes etc. que resultan determinantes para verificar con precisión la época del año en que se produjo la muerte.

Los parásitos comunes, sobre todo intestinales, y contaminaciones fúngicas suelen encontrarse como patologías de muchas poblaciones antiguas.

Tipos de muestras:

- Faunísticas: plástico microperforado, vidrio, en cajas plásticas.
- Material momificado: recipientes de vidrio estériles con cierre de rosca.
- Restos óseos humanos: bolsas microperforadas, con soportes y en cajas plásticas.
- Otras: carbón, polen, restos orgánicos para análisis de datación carbono 14 y otros, recipientes de vidrio estériles con cierre de rosca.



Figura 5. Absorbentes de oxígeno y de humedad. Fotografía: Jesús Herrero. IPCE.



Figura 6. Toma de muestras biológicas *in situ*. Fotografía: Jesús Herrero. IPCE.

## Conclusiones

Debido a la fragilidad del material orgánico durante el largo periodo de enterramiento o ubicación en otro medio, su conservación depende de su interacción con los procesos físicoquímicos y biológicos que se producen en el entorno, puesto que estas fuerzas actúan de manera sinérgica y resultan determinantes para la pervivencia del bien.

La conservación de restos humanos es una fuente de estudio única sobre las prácticas funerarias en la antigüedad y nos proporciona datos relevantes de las características genéticas y las patologías de las antiguas poblaciones. La cantidad de información a extraer es proporcional a la recogida de muestras y a los análisis que se les realicen. Esto implica la coordinación de múltiples trabajos y técnicas a cargo de un equipo interdisciplinar.

La extracción *in situ* de restos bioantropológicos, debe realizarse por personal cualificado, resulta incuestionable que el tratamiento que se aplique estará proporcionalmente relacionado con la obtención de información.

## Bibliografía

ALONSO LOPEZ, M.<sup>a</sup> J. (1996): *Conservación preventiva en excavaciones arqueológicas: el futuro del pasado*. Cursos sobre el Patrimonio Histórico, 1. Reinosa.

AUFDERHEIDE, A. C. (2003): *The Scientific Study of Mummies*. Cambridge: Cambridge University Press.

BANNING, E. B. (2000): *The Archaeologist's Laboratory. The Analysis of Archaeological Data*. Nueva York: Kluwer/Plenum Press.

BERDUCOU, M. Cl. (coord.) (1990): *La conservation en archéologie*. París: Masson.

BIER, B. (1998): «The Encyclopedia of mummies», en *Facts on File*. Nueva York.

CANEVA, G.; NUGARI, M. P.; y SALVADORI, O. (2000): «Arte y restauración», en *La biología en la restauración*. Sevilla: Nerea y Junta de Andalucía.

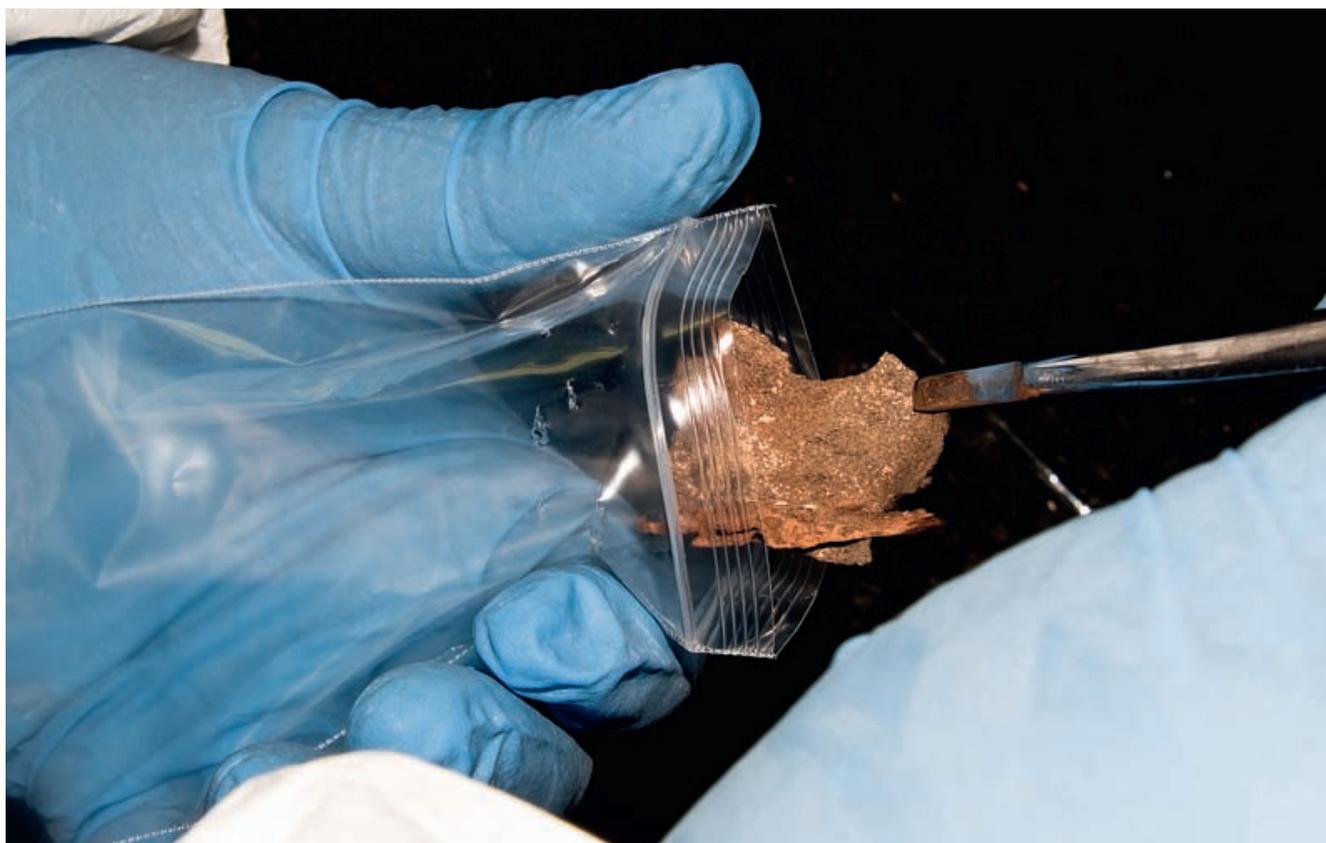


Figura 7. Selección de restos antropológicos fragmentados para análisis en laboratorio. Fotografía: Jesús Herrero. IPCE.

CRONYN, J. M. (1990): *The elements of archaeological conservation*. Nueva York: Routledge.

LEIGH, D. (1978): *First Aid for Finds: Practical Guide for Archaeologists*, 2d ed., Hertford, Eng.: RESCUE; Southampton, Eng.: The University, Department of Archaeology.

POLLARD, M.; y HERON, C. (2008): *Archaeological Chemistry*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.

SIMMONS, C. J. E.; y MUÑOZ-SABA, Y. (2005): *Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.



## Capítulo 3

### Las momias en el museo



# 3.1. Métodos de evaluación para el diagnóstico de alteraciones

Ruth Rufino

Organismo Autónomo de Museos y Centros, Área de Conservación

Cabildo Insular de Tenerife

rrufino@museosdetenerife.org

## Preparación

Antes de proceder a la evaluación del estado de conservación de un cuerpo momificado se hace necesario tener en cuenta una serie de condiciones que nos permitan realizar esta tarea lo más cómodamente posible evitando cualquier tipo de riesgo innecesario. Es preciso establecer un protocolo de actuación donde se recojan estas medidas que se tendrán en cuenta en la elaboración del estudio. En este punto se debe atender a: el estudio histórico-biográfico previo del cuerpo, la salvaguarda de la integridad del cuerpo momificado en el proceso, condiciones del entorno y seguridad y salud, tanto del cuerpo como del técnico que realiza la investigación.

El estudio de cualquier objeto lleva consigo otro estudio previo relacionado con la información que se haya creado sobre el cuerpo momificado, donde da cabida todo tipo de documentación que facilite su biografía, ya que esto nos puede guiar en la propia observación y dar lectura a una interpretación más real del deterioro que se detecte.

Recabar y hacer acopio de toda la información disponible no siempre se puede efectuar, máxime teniendo en cuenta la celeridad con que normalmente

se exige que se realicen este tipo de pruebas (se debería planificar cualquier entrada/movimiento/préstamo con la antelación suficiente que garantice un completo estudio de los especímenes). La realidad es que en muchos museos este tipo de actuaciones suele responder a una falta de coordinación de las Áreas implicadas, lo que conlleva el no disponer de todo el tiempo necesario para realizar un análisis metódico. En caso contrario, la información verbal que se reciba del arqueólogo-conservador responsable de esa colección es también material de apoyo muy valioso para estos estudios.

Los cuerpos momificados, como colección y por el propio valor patrimonial que poseen, deben ser tratados con mucho mimo y cuidado. Normalmente, salvo nueva entrada al museo, éstos se encuentran expuestos al público o almacenados en el depósito de la institución. Esto significa que se necesita una manipulación previa y trasladarlos a un lugar idóneo para realizar el estado de conservación (García, capítulo 3.5). Muchos almacenes disponen de mesas de estudio para las colecciones que allí se almacenan pero lo cierto es que rara vez se puede trabajar adecuadamente, puesto que son zonas que no disponen de las herramientas ni de las condiciones necesarias.

Muchas veces no habrá más remedio que desplazarse a un lugar apropiado por lo que se atenderá minuciosamente a las normas y condiciones de manipulación de un cuerpo momificado (García, capítulo 3.5).

La preparación del lugar donde se va a llevar a cabo la inspección debe reunir una serie de requisitos mínimos:

- Disponer de una sala amplia, luminosa (iluminación artificial controlada, nunca se debe dejar incidir directamente la luz natural) y bien ventilada.
- Se debe, en la medida de lo posible, evitar situaciones de estrés ambiental por lo que se deberían mantener las condiciones ambientales que se hayan establecido como idóneas o, en su defecto, seguir las recomendaciones de los estándares medioambientales. Es probable que se tengan que agenciar, si el local no dispone de climatización, aparatos que faciliten el mantenimiento de los parámetros, ayudándonos de aparatos portátiles como deshumidificadores, humidificadores o consolas de climatización. Estos aparatos suelen ser objetos muy utilizados en los museos y almacenes.
- La zona de trabajo debe ser cómoda y disponer de mesas de trabajo adaptadas al material objeto de estudio.
- Disponer del equipo necesario y del instrumental de apoyo para facilitar la observación (lámparas, lupa binocular, etc.).

El técnico que vaya a realizar la inspección debe contemplar las normas de manipulación generales, además de las peculiaridades de este tipo de colecciones. En este contexto, indicamos unos sencillos consejos:

- Utilizar batas o guardapolvos apropiados que eviten cualquier enganche de las prendas de vestir con el material que se está manipulando. Del mismo modo se aconseja desprovolvernos de abalorios.
- Usar guantes limpios, pudiendo ser de algodón, látex, nitrilo, etc.
- Uso de mascarillas protectoras ante la posible concentración de agentes patógenos y otros cúmulos de polvo y microorganismos.
- Se debe manipular mínimo entre dos personas, teniendo en cuenta las dimensiones y el peso del cuerpo.

- Antes de cualquier movilización de la momia de su soporte (por ejemplo dar la vuelta al cuerpo) deben ser estudiados y planteados los pasos a seguir, sobre todo para coordinar los movimientos de quienes lo manipulen.
- El cuerpo debe estar depositado sobre una superficie firme pero lo suficientemente acolchada que evite situaciones de estrés en su estructura (por ejemplo, apoyar adecuadamente el cuerpo y hacer descansar el peso en las zonas más resistentes). En todo caso, el cuerpo a estudiar no se mantendrá fuera de su lugar original más del tiempo necesario para la realización de los estudios pertinentes.

### **Medidas de protección**

Mucho se ha escrito sobre las consecuencias de entrar en contacto con cuerpos momificados. Es este un apartado un poco ambiguo y mitificado, perseguido por leyendas surgidas a raíz de aquellas excavaciones de los arqueólogos en Egipto. Es, sin embargo, un punto que no debe ser descuidado ya que realmente un cuerpo momificado puede haber tenido una biografía cargada de vicisitudes que se nos escapa a nuestro control.

Desde el punto de vista de la «seguridad y salud» en el puesto de trabajo existen normas para evitar riesgos en la salud innecesarios (Valentín, capítulo 3.3).

El sentido común también nos puede servir de indicador pero, sin dejar la salud en manos de un despiste, mostramos una serie de indicaciones para evitar perjuicios para la salud.

Valorar los posibles riesgos es importante. Nuestra salud no debe perjudicarse a causa de estar en contacto con este tipo de colecciones, especialmente si existe riesgo de microorganismos que pueden ser patógenos. En principio no olvidaremos usar EPIS (equipos de protección individual) adecuados.

Como guía, podemos sugerir:

#### ***Protección ocular y facial***

Es más que improbable que exista riesgo de contacto con estas partes del cuerpo durante la inspección de una momia, puesto que no se está expuesto a salpicaduras. Es probable que nos resulten incómodos y dificulten nuestro trabajo. En todo caso, si por

accidente alguna partícula nos entrara en los ojos es recomendable su lavado con abundante agua fría y, para más tranquilidad, acudir a una revisión con el oftalmólogo.

Es recomendable usar gafas de laboratorio, cuando la momia está contaminada por microorganismos, para evitar infecciones oculares.

### *Protección de la piel*

Con el uso de un guardapolvo, que sea cómodo y nos permita la movilidad necesaria para realizar nuestro trabajo, y guantes adecuados basta para protegernos la piel de los posibles agentes patógenos. Con respecto a los guantes se hace hincapié en el uso de aquellos que nos resulten cómodos pero que, a la vez, sean seguros. Los guantes de latex o vinilo, por ejemplo, funcionan como barrera impermeable, que evita cualquier tipo de contacto con los objetos que manipulamos. Sin embargo, en los de algodón, al ser un tejido poroso, los microorganismos pueden entrar en contacto con nuestra piel. En el caso de restos antropológicos con desarrollo de hongos y/o bacterias debe utilizarse doble guante, de algodón y sobre él nos pondremos el de látex o vinilo (Valentín, 3.3).

Con el uso de estos elementos podremos prevenir problemas en la piel como dermatitis y otras afecciones.

### *Protección de las vías respiratorias*

El uso de una simple mascarilla buconasal es suficiente, si existe buena ventilación en la habitación, para evitar que los microorganismos presentes en la momia puedan acceder al organismo por las vías respiratorias.

### *Otras consideraciones*

Con unas sencillas medidas de higiene previas, como lavarse bien las manos antes y después de manipular un cuerpo momificado, estamos realizando acciones preventivas. Mientras realizamos el estudio del estado de conservación de la momia evitaremos tocarnos la cara o el pelo, ante el posible riesgo de infecciones por los microorganismos del material antropológico.

En caso de contacto accidental se aconseja lavarse la zona afectada con abundante agua y un jabón desinfectante.

## Inspección visual

El estudio comienza, antes de cualquier manipulación, con una inspección organoléptica (inspección visual) que es la que nos orientará sobre los paulatinos pasos a seguir.

Ya hemos comentado que la iluminación es fundamental para la apreciación del deterioro, y en caso de que la iluminación general de la estancia sea insuficiente se utilizarán lámparas que nos aporten una iluminación lo más parecida a la luz del día (bombillas con una temperatura de color cercana a los 5.500° K).

Las herramientas que nos van a ayudar son en primer lugar las lupas. Las más usuales tienen entre 5 y 25 aumentos, pero si queremos más aumentos tenemos que utilizar binoculares. En este caso tendremos que hacer uso de fuentes de luz dirigida por reflexión hasta la zona a examinar. Para poder acceder a la visualización de todas las partes del cuerpo es necesario que el microscopio tenga brazos articulados.

Con la visión microscópica podremos detectar la presencia de sales, microorganismos –como hongos y líquenes–, microgrietas, texturas, abrasiones, etc.

Es importante también el uso de micro y macrofotografía porque, muchas veces, la visualización de una imagen nos permite ampliar la zona de estudio e identificar más elementos que, a simple vista, se nos pueden escapar.

El uso de una fuente de iluminación como apoyo para el estudio también es útil si, bien dirigida, puede ayudarnos a detectar irregularidades, texturas, rugosidades, abrasiones, grietas que son observables dependiendo del ángulo de incidencia que se les aplique. La luz cenital, tangencial (la fuente de luz a 0° con respecto al objeto de estudio), rasante (a 25°) y transmitida son variantes con las que podemos jugar.

La utilización de fuentes de luz como la UV, la lámpara de Wood, se debe realizar con la ausencia de cualquier otro tipo de iluminación. El fenómeno que es visible a través de esta exposición es la fluorescencia, pudiendo delatar la presencia de hongos y otros restos de concreciones en superficie.

## Métodos de evaluación

Los métodos de análisis son aquellos procedimientos de evaluación que se apoyan en métodos científicos para identificar los daños o deterioro que sufre un

cuerpo momificado, pudiendo diagnosticar más vezrazmente su estado.

Las técnicas de análisis deben utilizarse en su justa medida teniendo en cuenta que lo idóneo es el estudio conjunto de varias de ellas dado que la información que aportan no son definitorias para un diagnóstico definitivo y, normalmente, suelen ser complementarias unas de otras. Estas técnicas también sirven de apoyo para otros estudios (históricos, bioantropológicos, arqueológicos, biográficos, de conservación, estilísticos, etc.).

Los tipos de examen son varios y van desde métodos instrumentales mecánicos sencillos hasta la utilización de modernos equipamientos informatizados.

Es elección del restaurador/conservador que evalúe la momia qué pruebas o análisis de laboratorio son necesarias para apoyar el estudio, lo cual no significa que no sean compartidas para la realización de otros estudios desde el punto de vista de otras disciplinas (por ejemplo, las radiografías, además de aportarnos información sobre el estado de conservación pueden revelar distintos tipos de patologías en el campo de la bioantropología, arqueología, etc.).

Haciendo una síntesis de las diferentes técnicas que se han ido describiendo en los principales congresos sobre material momificado, en este capítulo mostramos las principales técnicas que se suelen emplear para el diagnóstico del estado de conservación de cuerpos momificados, haciendo un estudio de cada una de ellas donde se valora su utilidad para este fin. Solo mostramos aquellas que se utilizan, o se pueden utilizar, para el apoyo de la determinación del grado de preservación, por lo que hemos descartado las que no están directamente relacionadas con este fin, como por ejemplo, aquellas que se realizan en un proceso de restauración, que formará parte de los protocolos desarrollados en otros capítulos (Herráez, capítulo 3.8).

### **Métodos físicos**

Estos exámenes son clasificados como no destructivos. Son técnicas instrumentales físicas que van dirigidas al análisis directo de la obra, evitando alterarla o modificarla.

#### *Técnicas de imagen*

Los métodos de examen por imágenes se basan en el estudio y diagnóstico del cuerpo momificado a través

de la captación de imágenes científicas del mismo. El uso que se ha desarrollado en el campo de la medicina ha facilitado su introducción en el campo de la bioantropología, arqueología y la conservación.

#### **a) Sistema modular de análisis multiespectral**

##### **Fundamento físico**

Es una técnica que se basa en el uso de la obtención de imágenes espectrales del rango del espectro electromagnético capturando imágenes desde largas longitudes de onda, como las infrarrojas (IR, 1000 nanómetros), hasta las ultravioletas (UV, 400 nanómetros), más cortas.

##### **Funcionamiento**

Una vez el objeto es expuesto a una fuente de luz las imágenes son adquiridas a través de una cámara dotada de los filtros correspondientes a las distintas longitudes de ondas (rango IR-UV). A través de un ordenador es posible registrar los espectros y obtener imágenes con información espectral y espacial en alta resolución.

Dependiendo del sistema multiespectral podemos obtener imágenes de luz ultravioleta lejana, fluorescencia de la parte visible, imágenes a color en el visible, falso color infrarrojo, infrarrojo en dos bandas dentro del rango espectral 750-1150 nanómetros (nm).

##### **Utilidades**

Con los ultravioletas las imágenes adquiridas son capaces de aportarnos información sobre la superficie del objeto, como puede ser detectar la presencia de microorganismos en superficie (hongos), concreciones, etc.

Los infrarrojos nos pueden revelar la presencia de marcas y modificaciones en la estructura superficial no apreciables a simple vista.

##### **Ventajas**

- Es un método rápido de diagnóstico puesto que la visión de imágenes es instantánea.
- Permite registrar la información en un formato fácil.
- Las imágenes obtenidas pueden utilizarse en programas de edición de imágenes.

##### **Desventajas**

- Es necesario un operario que realice la captación de imágenes e interprete los resultados.

- La adquisición de imágenes es de forma parcial, por lo que para un cuerpo momificado se deberán realizar varias tomas de imágenes para completar su lectura.

#### b) Paleoradiología

Al conjunto de técnicas que utilizan las cualidades de los rayos X como métodos físicos de análisis dirigido al estudio de los materiales primitivos o antiguos se le da el nombre de paleoradiología. Estas técnicas están encuadradas dentro de los métodos de evaluación por imagen que no son invasivos ni destructivos.

#### c) Rayos X. La radiografía

##### Fundamento físico

Se trata del uso de los rayos X, ondas electromagnéticas de corta longitud de onda (del orden de 10-0,1

nm) que son invisibles y tienen la capacidad de atravesar los cuerpos opacos (especímenes) para obtener una imagen en la que se aprecia las distintas densidades del material atravesado, expresadas en tonalidades blanco, negro y escala de grises.

##### Funcionamiento

El haz de rayos X se genera en un tubo de rayos X, dirigidos al espécimen objeto de estudio y registrados por detectores específicos. Estos detectores pueden ser una película especial (film fotográfico) o tener un formato digital en un ordenador, donde se registran las imágenes que se crean.

Las materiales atravesadas por los rayos X mostrarán en el receptor una imagen tanto más blanca cuando más densa sean éstos, de tal manera que los huesos, por ejemplo, se apreciarán más blancos que los órganos blandos u otros tejidos, menos densos, que se mostrarán más grises.

##### Utilidades

- Apoyo para el estudio del estado de conservación.
- Visualización y registro del contenido del interior de las envolturas funerarias sin necesidad de abrir el envoltorio para examinar su interior.
- Permite reconocer cuándo un cuerpo ha sido reconstruido y cuando hay una falsa momia.
- Examen del estado de la estructura interna y su calidad.
- Indica los puntos internos más debilitados o deteriorados.
- Puede delatar la presencia de ajuar en el interior, como joyas y accesorios.
- Puede presentar evidencias de ataques de insectos comedores de materia orgánica, esto es, a través de perforaciones, surcos, etc.

##### Ventajas

- No destructiva.
- Aporta mucha información sobre el estado estructural del cuerpo.

##### Desventajas

- Se necesita una gran inversión de tiempo puesto que, después de tomar las radiografías, el film debe ser procesado, secado e interpretado. Realmente al conservador le afectará si es urgente el diagnóstico de los resultados.
- Cuando no se dispone de una maquina portátil es necesario el traslado del cuerpo a un



Figura 1. Unidad de rayos X portátil. Radiología modelo TX-70/100, n.º 6774. Tensión red 220-240 v. Potencia 6 Kva. Frecuencia 50-60 Hz. Fotografía: Archivo OAMC.

laboratorio de rayos X lo que conlleva problemas de manipulación y los riesgos de incidencias propios de este tipo de actuaciones.

- La visión sólo es en blanco/negro y escala de grises, no aporta imágenes a color.
- Necesidad de interpretación de los resultados por un especialista.
- Algunas discontinuidades superficiales pueden ser difíciles de detectar.
- Es un método caro.

Cuando se utiliza un monitor para visualizar la imagen irradiada hablamos de una radioscopia. La principal ventaja es que permite visualizar la imagen en una pantalla fluorescente, pero como contraprestación es necesario una emisión más elevada de energía.

#### d) Xeroradiología

##### Funcionamiento

Esta técnica consiste en un aparato que carga electrostáticamente los chasis radiográficos (casetes) que contienen en su interior láminas cargadas de aleación de selenio uniformemente recubiertas (fotoreceptor) protegidas de la luz. Después de expuestas a una fuente de rayos X, estos casetes capturan la información produciéndose una imagen latente que se revela y transfiere a una hoja de papel fotográfico por medio de un fotoprocador. La imagen resultante es un registro de alta resolución y detalle en color azul.

##### Utilidades

- Permiten obtener una imagen positiva.
- Técnica de diagnóstico con utilidades semejante a las radiografías.

##### Ventajas

- Es una técnica electroestática que produce imágenes muy precisas.
- Reduce los niveles de radiación acortando el tiempo de trabajo.
- Es un proceso limpio y sencillo de usar.
- Consigue un registro permanente del cuerpo momificado.
- Las imágenes son positivas, consiguiendo mayor detalle y clarificación en los bordes.

##### Desventajas

- Técnica poco utilizada en este campo.

#### e) Radiología digital

La radiografía digital se consigue al capturar digitalmente la imagen transformando los rayos X en señales electrónicas.

Es una técnica que produce imágenes instantáneas y de alta calidad.

El avance de las nuevas tecnologías en el campo de la informática hace que las radiologías digitales hayan desplazado el uso de las radiografías convencionales, que se ven relegadas por la facilidad de los nuevos soportes informáticos que facilitan inmensamente su manejo y transmisión.

##### Funcionamiento

La captura de la imagen radiológica digital se hace a través de unos sensores electrónicos que son sensibles a los rayos X y que están colocados de forma similar a la película común radiográfica. Los sensores electrónicos envían la información al ordenador donde se crea la imagen radiográfica y puede ser visualizada inmediatamente a través de un monitor.

##### Utilidades

Las mismas que la radiografía común.

##### Ventajas

- Se consiguen imágenes de alta calidad.
- No es necesario realizar un proceso de revelado como en las radiografías convencionales. No necesita equipos procesadores ni de revelado.
- Permite la observación instantánea del objeto radiografiado ya que las imágenes se obtienen en fracciones de segundo.
- El resultado puede ser inmediatamente analizado, editado, ampliado y tratado digitalmente.
- Es posible almacenar la imagen de manera digital o impresa.
- Facilita la creación de archivos digitales.
- El alto contraste de las imágenes facilita el diagnóstico.
- Gran facilidad para la transmisión de la información digital así como la interconsulta interdisciplinaria a través de las redes digitales de comunicación.
- La imagen puede ser utilizada con cualquier procesador de imágenes para facilitar el diagnóstico.

##### Desventajas

- Es necesario trasladar el cuerpo momificado al centro donde dispongan de este medio de análisis.

- Necesidad de interpretar los resultados por un especialista.

#### f) Radiografía de emisión electrónica

##### Funcionamiento

«Se registra la imagen formada por los electrones emitidos por un material cuando es incidido por rayos X de elevada energía (potencial de 100 Kv). Esta emisión depende del número atómico de los elementos alcanzados por los rayos X, y es mayor para los elementos con número atómico alto» (Matteini; y Moles, 2001: 197).

##### Utilidades

- Semejante a las radiografías convencionales.
- Detección de materiales de alto peso atómico en el estudio del cuerpo momificado.

##### Desventajas

- Técnica muy compleja y peligrosa.
- Técnica muy costosa.

#### g) Tomografía axial computarizada

Es una técnica de imagen no destructiva que utiliza los rayos X para obtener cortes o secciones del objeto anatómico con fines de diagnóstico.

Las posibilidades actuales de poder realizar tomografías en planos no transversales hacen que la técnica se denomine tomografía computarizada o escáner.

##### Funcionamiento

La imagen se obtiene al exponer el objeto a una fuente de rayos X mientras que los detectores de la

radiación van registrando la información a medida que se van realizando movimientos rotatorios alrededor del cuerpo.

En realidad la información que se obtiene es el resultado de múltiples imágenes capturadas por los detectores y su posterior proceso en el ordenador por medio de algoritmos de reconstrucción.

En todo caso, se obtienen secciones del objeto como cortes donde se expresa su estructura interna y se pueden obtener tantos planos como nos permita, pudiendo utilizar unidades de medida incluso inferiores al milímetro.

El resultado son imágenes de alta calidad que reproduce secciones transversales del cuerpo. Pueden plasmarse en imágenes bidimensionales o reconstrucciones tridimensionales.

##### Utilidades

- Estudio de la imagen del interior de un cuerpo momificado, mejorada con la visión tridimensional.
- Apoyo al estudio del estado de conservación.
- Expresión de la estructura y localización de las partes internas del cuerpo momificado.

##### Ventajas

- Visión espacial (tridimensional) del cuerpo, incluida su estructura interna.

##### Desventajas

- Es necesario la toma de secciones en distintos ángulos para poder apreciar órganos internos.
- Es conveniente estudiar una a una cada imagen consecutiva de una secuencia de corte para un estudio más fidedigno puesto que la reconstrucción volumétrica puede llevar confusión y falta de información.
- Obliga el traslado del cuerpo al centro donde se realice la prueba.

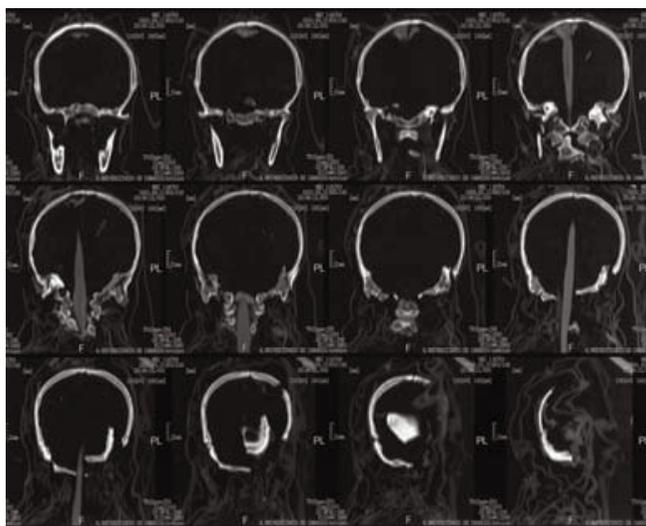


Figura 2. Imagen de corte adquirida por TAC.

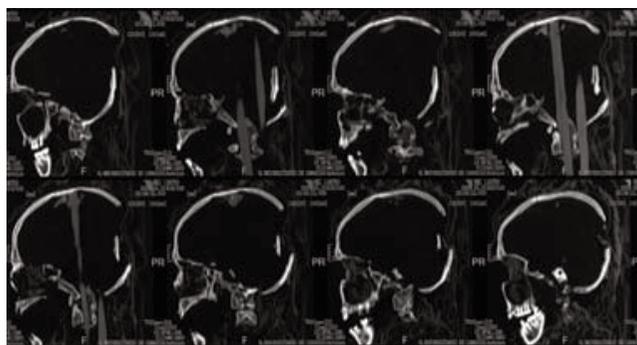


Figura 3. Imagen de corte adquirida por TAC.



reconstrucciones 3D, 4D e incluso 5D, así como fusión de imágenes y análisis de regiones de interés (ROI), MPR (*Multiplanar Reconstruction*), MIP (*Maximum Intensity Projection*).

- Determinación de morfología y densidades en 2D y 3D.
- Elaboración de informes de análisis en formato .txt o .htm.

#### Ventajas

- Posibilidad de crear un video.
- Reconstrucciones 3D tridimensionales.
- Permite el movimiento y rotación de distintos modelos.
- Capacidad para controlar la textura, color, luminosidad y transparencia del objeto.
- Permite reconstrucciones animadas.

#### Desventajas

- Los nombres de los ficheros no pueden tener más de ocho caracteres.

#### h) Reconstrucción virtual (DICOM)

72

El «Digital Imaging and communication in Medicine» (DICOM) es un estándar utilizado para la gestión de imágenes en el ámbito médico.

Se trata de un complejo sistema que engloba no sólo un formato de fichero (DICOM) y un protocolo de comunicación en red, sino que abarca todas las partes de la gestión de la imagen: edición, almacenamiento, impresión y transmisión.

Además este sistema permite la incorporación de periféricos como escáner, servidores, impresoras, *hardware* de red y de servicios en la red.

Dentro de sus aplicaciones disponen de un servicio en el cual puede incluirse información del objeto de estudio, informe y demás información complementaria: exámenes que se han realizado, detalles, imágenes, etc.

#### Utilidades

- El sistema está implantado y diseñado para el campo de la medicina, pero podría ser una útil herramienta de uso en el campo de la bioantropología, arqueología, etc.
- El procesado de imágenes DICOM permite examinar imágenes DICOM de distintas modalidades (TAC, resonancia magnética, etc.) y realizar postproceso de imagen mediante

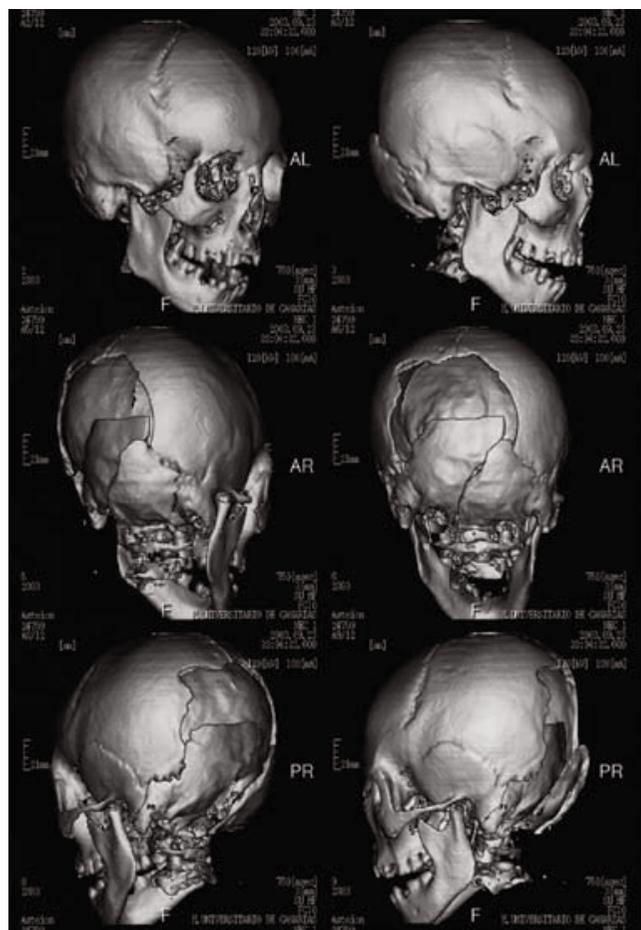


Figura 4. Imagen 3D por Tomografía Axial Computerizada (TAC).

- Es necesario el uso de un directorio de contenido, el fichero DICOMDIR, que facilita un índice o esquema de contenidos de cada fichero DICOM.

#### i) Microtomografía computerizada

Esta técnica de imagen facilita la observación de pequeños detalles sobre la estructura interna y externa de los objetos en alta definición proporcionando imágenes en 2D y 3D. Puede detectar detalles de hasta 2 micras.

##### Utilidades

- Análisis morfológico, geométrico y textural de pequeñas zonas seleccionadas inaccesibles con otras técnicas de análisis.
- Permite evaluar cuantitativa y cualitativamente la morfología interna del cuerpo.
- Visualización de cambios volumétricos internos y superficiales.
- Observación de microestructuras.

#### j) Tomografía computerizada multicorte (Multislice Computed Tomography -MSCT-)

Supone un desarrollo imagenológico en la generación de tomógrafos y derivan o, más bien, corresponden a versiones más desarrolladas de los tomógrafos helicoidales.

El gran avance se basa en la adquisición volumétrica, a través de un barrido con un haz de rayos X, y captada, por filas de detectores (hasta 16), que pueden llegar a registrar hasta 16 multisecciones o cortes por vuelta.

La imagen puede ser tratada en estaciones de trabajo que permiten su representación 2D, planos y curvas reformateo multiplanar (MPR y CPR) proyección de máxima intensidad (MIP) y la representación de volúmenes en 3D.

##### Aplicaciones

- Hace posible la visión desde distintos ángulos del objeto radiado.

##### Ventajas

- Aumento significativo en la rapidez de los exámenes.
- Realiza cortes de mayor resolución, aumentando la capacidad de detectar indicios de pequeñas lesiones.

- Se obtienen muchísimas más imágenes (pueden superar las 1000).
- Posibilidad de realizar reconstrucciones multiplanares y volumétricas, lo cual facilita la comprensión espacial de la patología/deterioro. Existen varios métodos (por ejemplo MIP o proyecciones de máxima y mínima intensidad, representación de volumen «volumerendering» y representación de «surfacerendering»).
- Es posible la reconstrucción 3D utilizando *software* adecuados.
- El espesor submilimétrico de los cortes, muy finos, ayudan a eliminar el artefacto habitual que provocan los metales.
- La técnica ofrece un aumento de la resolución de bajo contraste que permite una mejor visualización de los tejidos blandos.

##### Desventajas

- Limitado su uso a la existencia en laboratorios y hospitales.
- Técnica de coste elevado.

#### k) Resonancia magnética

##### Fundamento físico

Es una técnica que busca la obtención de imágenes a través de energía no ionizante, utilizando un campo electromagnético (un imán).

##### Funcionamiento

El sistema lo conforma un imán (campo electromagnético), un emisor/receptor de ondas de radio y un ordenador.

El aparato genera un campo electromagnético a través de un gran imán y la emisión de ondas de radio por un escáner. Estas ondas de radio y el electromagnetismo creado hacen que los protones de los átomos de hidrógeno (que contienen el agua de los tejidos) se exciten, alineándose unos con otros. Al cesar la fuente de excitación los protones vuelven a su posición original liberando el exceso de energía en forma de ondas de radio, detectables por el escáner/receptor. Esta información es detectada por un ordenador y transformada en imágenes por resonancia magnética.

Las imágenes que se obtienen dan información sobre el interior del cuerpo, esto es, su estructura y composición.

### Utilidades

- Permite observar la estructura interna del cuerpo y su composición.
- Observar alteraciones en los tejidos y patologías.
- Analizar la estructura interna de materiales orgánicos e inorgánicos.
- Estudio de moléculas, macromoléculas, así como tejidos y organismos completos.

### D) Holografía de imágenes de superficie

La holografía es una técnica de elaboración de imágenes tridimensionales a través del rayo láser. Esto se consigue mediante la aplicación del láser que produce una grabación microscópica en una película fotosensible. Al iluminar la película desde una perspectiva adecuada ésta proyectará una imagen en tres dimensiones.

### Utilidades

- Aporta una visión tridimensional de la estructura ósea así como el método exacto para la detección de tejidos blandos.
- Permite la localización de fisuras, adiciones y defectos ocultos. Nos muestra las zonas de deterioro físico activo.
- Una posible aplicación es la generación de imágenes tridimensionales de material momificado.

### Ventajas

- Proporciona una gran resolución óptica de reproducción.
- Con los avances de los sistemas de holografía móvil se puede captar imagen tridimensional en cualquier ambiente lumínico y fuera del laboratorio.

### Métodos físico-químicos

Los exámenes puntuales son análisis mínimamente invasivos pero que requieren la extracción de muestra del espécimen para el análisis de sus componentes. Normalmente el tamaño/peso de la muestra es mínimo, requiriéndose unos pocos miligramos.

#### a) Microscopía electrónica

Los microscopios electrónicos son instrumentos que nos posibilitan ver la superficie del objeto, aumentan considerablemente su visión.

### Fundamento físico

Los microscopios electrónicos utilizan electrones en vez de ondas lumínicas para formar la imagen puesto que la longitud de onda de los electrones es bastante menor que la de los fotones.

### Funcionamiento

El aparato genera un haz de electrones que son focalizados por medio de lentes magnéticas hacia la muestra. Los electrones la atraviesan y la imagen se forma cuando las lentes magnéticas amplifican la emisión de electrones hasta que se registra en una placa fotográfica o en la pantalla de un ordenador.

### Ventajas

- Las muestras que se necesitan son minúsculas, por lo que se puede considerar casi una técnica no destructiva.

### Desventajas

- La imagen se obtiene en blanco y negro, monocromática, puesto que no se utiliza la luz para generarla.
- Posee resolución limitada por el diámetro de la apertura, que no permite la información detallada.
- Las muestras orgánicas necesitan ser preparadas para su observación.

#### b) Microscopía electrónica de transmisión (TEM)

La microscopía electrónica de transmisión tiene como fuente de energía un haz de electrones, que son conducidos a través de la muestra, y por medio de lentes magnéticas se consigue una imagen por transmisión aumentada, visible en una pantalla fluorescente. Se obtiene una gran capacidad de aumento de las imágenes y del detalle (aumentos del orden de 2-5  $\text{\AA}$ ström ( $\text{\AA}$ )).

### Utilidades

- Aumento visual del tamaño de estructuras no observables a simple vista.
- Con el TEM podemos observar la estructura interna y detalles ultraestructurales.
- Podemos estudiar la ultraestructura de un material orgánico o inorgánico.

### Desventajas:

- La muestra debe tener una superficie plana y de sección fina, ya que se pierde profundidad de campo. Tiempos de observación muy

reducidos por el posible daño que se le inflige a la muestra.

### c) Microscopía electrónica de barrido (SEM)

El mecanismo de funcionamiento de este tipo de microscopio consiste en la exposición de la muestra a un finísimo haz de electrones, formándose la imagen a partir de los electrones secundarios que desprende la misma y/o por la emisión de RX, recogidos por un detector.

Más detalladamente, funciona cuando «un finísimo haz focalizado de electrones explora sistemáticamente la muestra a baja velocidad, es decir, realiza un barrido. Los electrones secundarios que emergen en secuencia temporal de cada punto explorado (aunque no estén en el mismo plano), son concentrados por un colector, que emite una señal que es luego ampliada y enviada a un tubo de rayos catódicos, a través del cual (de manera similar a lo que ocurre en televisión) se origina sobre una pantalla fluorescente una imagen aumentada del objeto, que puede ser registrada fotográficamente» (Matteini, 2001:78).

#### Utilidad

Análisis de elementos y observación de la muestra de hasta 100.000 aumentos. También permite la apreciación de la degradación de los materiales y la identificación de daño microbiológico en la muestra. El SEM provee información sobre morfología y características de la superficie.

#### Ventajas

- No hace falta que la muestra sea plana.
- Se obtienen imágenes topográficas de gran resolución.

#### Desventajas

- Es una técnica donde la muestra necesita ser tratada, normalmente recubriendo su superficie por un material conductor.
- Las imágenes que se obtienen aparecen en escala de grises.

### d) Microsonda electrónica

Su funcionamiento se basa en la combinación de la microscopía electrónica de barrido con las características de los RX. Una vez la muestra es bombardeada por un fino haz de electrones ésta emite electrones

secundarios y rayos X que son recogidos y analizados. Las muestras necesarias son del orden de micras (milésimas de milímetros), con lo que puede considerarse una técnica no destructiva.

#### Utilidades

- Con este instrumento pueden ser identificados los elementos químicos.
- Para microanálisis: permiten realizar análisis cualitativos (identificación de elementos) y cuantitativos (concentración) en análisis elemental de los materiales.
- Para determinar el espesor y composición de capas con grosor de micras hasta milímetros.
- Localización topográfica de resultados.

#### Ventajas

- Se puede seleccionar pequenísimas áreas para ser analizadas.
- De igual forma se puede analizar cualquier plano del objeto.
- Microanálisis y visión topográfica de la muestra.

#### Desventajas

- Las muestras necesitan ser tratadas, ser planas y estar perfectamente pulidas, y suelen recubrirse con sustancias conductoras.
- Análisis muy costosos.

### e) Microsonda láser

Es una técnica espectroscópica de emisión que se basa en la utilización, como fuente de excitación, de una «fuente de chispa» creada por el bombardeo de electrones producidos por un delgado rayo láser. En este caso la excitación viene provocada por dos electrodos. El láser se utiliza para vaporizar una pequeña parte de la muestra, provocando un haz luminoso que, puede analizarse espectroscópicamente e identificar elementos.

#### Utilidades

Análisis e identificación de elementos (no conductores) en zonas del orden de 10-50 micras.

### f) Cromatografía de gases

La cromatografía es una técnica física de separación de una mezcla en la que los componentes que se quieren separar han de transitar por dos fases, una móvil y otra estacionaria. En la cromatografía de gases

la fase móvil es un gas inerte, que no interactúa con el analito (que se ha volatilizado), sino que hace las veces de transportarlo por la fase estacionaria. Ésta puede ser un sólido o una película de líquido que recubre un sólido inerte. Si está formada por un sólido se tratará de una cromatografía gas-sólido y si es un líquido, cromatografía gas-líquido. Es esta última la más utilizada.

Con esta técnica se puede realizar la separación de mezclas orgánicas, complejos compuestos organometálicos y sistemas bioquímicos.

Se utiliza tanto para determinar cuantitativamente obteniendo las concentraciones o cantidad de analito mediante la integración de las áreas de cada compuesto, como cualitativamente, según el volumen de retención de los compuestos de la muestra, puesto que el tipo de retención es único y característico para cada compuesto.

#### Utilidades

- Permite la identificación «inequívoca» de materiales orgánicos.

#### Ventajas

- Se necesitan pequeñas cantidades de muestra.
- Es bastante rápida.
- Proporciona información cualitativa y cuantitativa.

#### g) Espectrometría fluorescente de rayos X sin toma de muestras

##### Fundamento físico

Se basa en el uso de los rayos X como fuente de excitación de una muestra. Como resultado, ésta emitirá rayos X secundarios o fluorescencia de rayos X que son característicos de cada material. Éstos son detectados por un detector y enviados a un ordenador para el procesamiento de los datos a través de un *software* analítico que controla el espectrómetro, almacena y procesa los resultados obtenidos.

#### Utilidades

- Análisis químico cualitativo y cuantitativo de elementos y compuestos de la muestra.

#### Ventajas

- Método no destructivo, en el sentido de que la muestra no es destruida al realizar la espectrometría. Incluso pueden analizarse repetidas veces sin que sufran daños.

- Las muestras pueden ser e incluso gaseosas y encontrarse en distintas formas desde polvo, lámina fina, etc.

#### Desventajas

- Necesidad de contar con patrones.
- El coste es bastante elevado.

#### h) Espectrometría de masas con acelerador de partículas (AMS)

##### Fundamento físico

La espectrometría de masas utilizando aceleradores de partículas (AMS) es una técnica ultrasensible que permite medir concentraciones pequeñas de iones derivados de moléculas.

El espectrómetro de masas mide razones carga/masa de iones, calentando un haz de material del compuesto a analizar hasta vaporizarlo e ionizar los diferentes átomos haz de iones. Produce un patrón específico en el detector, que permite analizar el compuesto.

#### Ventajas

- Se necesitan cantidades de muestra muy pequeñas, del orden de miligramos.
- Puede medir concentraciones extremadamente bajas.

#### Utilidades

- Determinación de la estructura e identidad de compuestos orgánicos.
- Determina el contenido isotópico de diferentes elementos en un mismo compuesto.

#### Otras tipologías de análisis

##### a) Entomológicos

Basados en la extracción de insectos del cuerpo momificado y su análisis bajo binocular para la identificación del espécimen. Los entomólogos se encargan de esta tarea. Una vez determinados los insectos podremos obtener información acerca de:

- Tipología de insectos que han afectado al cadáver.
- Diferenciar los insectos propios del proceso de descomposición del cuerpo de aquellos otros ataques acaecidos con posterioridad.
- Determinar si existe ataque activo.

- Valorar la calidad de los tratamientos de momificación en función de si los métodos empleados han sido efectivos o no para la conservación del cuerpo.

#### b) Microbiológicos

Consisten en la determinación cualitativa y cuantitativa de microorganismos presentes en el cuerpo (Valentín, capítulo 3.3).

#### c) Microanálisis a la gota

Permiten realizar, con simples reactivos de laboratorio, ensayos básicos con pequeña cantidad de materia. Esto nos supone una primera aproximación para determinar cualitativamente la materia. Se realizan por medio de la observación a simple vista o al microscopio estereoscópico.

#### d) Autopsia no destructiva

Se basa en la extracción de toda la información posible del cuerpo momificado de forma no invasiva ni destructiva, utilizando medios visuales y organolépticos para definir su estado, esto es, a través de su observación directa. La información que se registra es del tipo: peso, dimensiones, daños e hipótesis causa/efecto, descripción del cuerpo, etc.

### Bibliografía

DAVID, R. (2008): *Egyptian Mummies and Modern Science*. Cambridge: Cambridge University Press.

MATTEINI, M.; y MOLES, A. (2001): *Ciencia y restauración. Método de investigación*. Sevilla: Ed. Nerea, Junta de Andalucía-Consejería de Cultura, IAPH.



Figura 5. Toma de muestras para análisis. Fotografía: Archivo OAMC.



## 3.2. Valoración del estado de conservación. La importancia de un buen chequeo

Ruth Rufino

Organismo Autónomo de Museos y Centros, Área de Conservación

Cabildo Insular de Tenerife

rrufino@museosdetenerife.org

### Informe de conservación versus ficha de estado

Las momias pertenecen al patrimonio<sup>1</sup> histórico de cada nación y, como tal, requieren un nivel de protección que está tutelado por la legislación vigente en cada país, ya sea a nivel provincial o nacional<sup>2</sup>, o incluso por la legislación internacional.

Una de las primeras acciones de esta tarea de protección es la valoración, examen y diagnóstico<sup>3</sup> de los especímenes. Con la inspección del estado de conservación de un cuerpo momificado pretendemos realizar una descripción de todo lo que puede observarse o descubrirse en el mismo, que defina la condición en la que se encuentra mediante observación,

mediciones o análisis. Dentro de los distintos formatos de evaluación del estado encontramos los informes y las fichas o formularios, siendo cualquiera de ellos válidos para expresar el grado de conservación.

Son los informes del estado de conservación los documentos que recogen una valoración física de la momia, normalmente realizada en el momento en el que el bien patrimonial es depositado en el museo –ya sea en hallazgo arqueológico, depósito, restitución, etc.– o como motivo de algún evento que implique su traslado –exposición, préstamo, etc.–.

En todo caso estos documentos irán mostrando la evolución o el cambio que manifiesten los cuerpos momificados que se evalúen, de tal forma que conformarán su biografía.

79

### El informe de conservación

Un informe es una descripción escrita y exhaustiva del objeto que debiera estar apoyada por documentación fotográfica.

La información fotográfica debe respetar cuatro cualidades básicas: que sea clara, nítida, bien

---

<sup>1</sup> La Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, en su 20.ª reunión, celebrada en París, del 24 de octubre al 28 de noviembre de 1978, en su artículo 1. a) II) considera las momias como bienes culturales muebles y explica en su artículo (b) que se entiende por «protección» de los bienes culturales muebles la prevención y cobertura de los riesgos (...).

<sup>2</sup> Como ejemplo tenemos la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.

<sup>3</sup> Documento de Copenhague, European Confederation of Conservator-Restorer's Organizations.

encuadrada y bien iluminada de forma que se observe la información que queremos reflejar en ella.

Para sacar una fotografía es conveniente tener en cuenta que no es necesario realizarla de carácter profesional, dado que en la mayoría de estos casos se elige la calidad de archivo RAW porque es como un negativo de la imagen que almacena muchísima información sobre el objeto fotografiado. Cualquier otro archivo pierde información en el procesado, pero, para otros usos no profesionales como el que nos ocupa, es correcto emplear archivos TIFF o JPEG. El archivo TIFF es un compromiso medio entre el RAW y el JPEG, pero a nivel visual esta información no es apreciable o sea, que hasta cierto punto, es prescindible. El archivo JPEG es un archivo gráfico comprimido. Elimina información pero si la imagen resultante consigue reflejar lo que queremos, será suficiente para nosotros.

Para imprimir una imagen el archivo es recomendado, también el JPEG siempre utilizado con la máxima calidad, esto es, la mínima compresión, al 100% de su tamaño y con 300 puntos por pulgada (ppp).

El informe del estado de conservación debe expresar el resultado final del proceso de evaluación a que se ha sometido la momia. La información extraída por esta vía es la denominada documentación primaria (Calvo, 2002). A esta información primaria podremos adjuntarle la secundaria, que es la que podemos extraer de otras fuentes de documentación –informes, bibliografía, etc.–.

La «Carta de Copenhague» de 1984, en su punto 3.5, establece que «a pesar de todo, todas las investigaciones deberán ir precedidas de un examen metódico y científico, orientado hacia la identificación del objeto en todos sus aspectos y las consecuencias de cada manipulación deben ser enteramente tomadas en consideración». De esta manera es conveniente que, toda la información derivada de este examen se recoja en los informes de conservación.

La articulación estructural de un informe constituye el modo de cómo se ordenan, clasifican y presentan los datos. Básicamente todo informe de investigación está compuesto por: portada, índice, introducción, resumen, cuerpo del trabajo, conclusiones, recomendaciones, anexos y bibliografía. Si extrapolamos este esquema básico al campo de la conservación añadiremos que no debe faltar la documentación fotográfica, pues debe proporcionar apoyo visual de lo descrito. Sin embargo, dependerá del uso que se le vaya a dar al informe el que conlleve todos los apartados

enunciados o no –por ejemplo, si es un informe complementario a la ficha de catalogación se prescindirá de los cuatro primeros puntos y se irá directamente al cuerpo del trabajo–. Del mismo modo, se tendrá en cuenta la autoría del informe, esto es, si se trata de un conservador de museo se prescindirán de determinados epígrafes como la portada y el resumen, sin embargo, para un conservador externo a la institución depositaria del bien son partes a incluir en el mismo.

El informe debe ser claro, conciso, sintético y debe exponer de forma ordenada una visión general del estado de conservación del objeto evaluado. La descripción del deterioro debe ser objetiva, utilizando una terminología común que exprese claramente el daño observado, y siendo ésta lo más internacional posible, de forma que cualquier lector entienda sin dificultad lo expuesto en el documento. Hay que tener en cuenta que este tipo de informes van dirigidos a personas que no necesariamente están familiarizadas con la terminología propia del gremio.

Existe un documento<sup>4</sup>, la «Normalización Documental en Museos», que aporta una idea del contenido recomendable de este tipo de informes. En todo caso, el esquema básico o contenido mínimo que aconsejamos refleje un informe de conservación de restos momificados es el siguiente:

- Institución o técnico externo que realiza el informe: dado que cualquier material momificado es propiedad del patrimonio histórico, se deberá informar sobre la personalidad jurídica de quien realiza el informe, si es la propia institución pública donde están depositados los restos, otro museo o una empresa privada o persona física.
- Datos técnicos: son datos referentes a la momia o resto momificado. Representan la huella digital del objeto, su DNI, como mínimo se debe indicar lo siguiente:
  - N.º de registro: se corresponderá con el número de inventario o catalogación de la institución/museo en el que esté depositado.
  - Museo/centro: el museo encargado de su custodia.
  - Objeto: nombre del objeto (momia, resto momificado, etc.).

<sup>4</sup>Realizado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Estado español.

- Colección: nombre de la colección a la que pertenece.
  - Procedencia: este tipo de objetos suelen tener una procedencia conocida, si no es el lugar del hallazgo del cadáver (yacimientos, etc.), el donante, colección, etc.
  - Localización: museo en el que se encuentre depositado, a ser posible su ubicación exacta: almacén, exposición, etc.
  - Dimensiones: largo por ancho por alto.
  - Peso.
  - Descripción: breve descripción de la momia que muestra lo que la caracteriza y la diferencia de otra. Esta descripción suele coincidir con la que se refleja en la ficha de catalogación de la momia.
- Datos históricos: este apartado se considera muy importante para la comprensión holística del informe puesto que puede dar respuesta a las posibles causas de problemas de conservación que se observen en el espécimen.
- Descubrimiento.
  - Fecha de entrada al museo/institución.
  - Tipo de adquisición: trabajo de campo y campañas, compra, donación de instituciones públicas o privadas y de particulares, legados de instituciones públicas o privadas y de particulares, depósitos de instituciones públicas o privadas y de particulares e intercambio con otras instituciones públicas o privadas.
  - Situación jurídica del bien. En el caso español tendríamos que reseñar si está declarado como BIC<sup>5</sup>, o etapa del proceso –incauto, etc.–.
  - Biografía: este apartado es muy importante y suele ser olvidado en la mayoría de los informes. Se debe reflejar toda la trayectoria del objeto, entendiendo ésta desde su origen –descubrimiento– y recogiendo cualquier período expositivo, préstamo, almacenaje, cambio de ubicación, etc., incluyendo fechas y períodos.
- Datos conservación:
- Estado de conservación: se debe detallar en qué condiciones se encuentra. Primeramente

se expresarán los daños<sup>6</sup> que se consideren más graves y, por orden de importancia, todo lo demás: los más leves, marcas, datos a resaltar o tener en cuenta, etc.

- Valoración del estado: resume la apreciación global del estado y se recomienda que se realice utilizando calificativos –malo, regular, etc.– o niveles a través de dígitos del 1 al 5, donde uno sea muy malo y 5 excelente (García Morales, 1992: 12).
- Documentación fotográfica: se recogerá a modo de anexo, relacionando directamente el daño expresado con su documento gráfico.
- Mapeo de daños: es importante bocetar el cuerpo momificado o parte de éste, dependiendo de lo que se quiera resaltar, y localizar sobre el mismo los daños que se aprecien indicándolos con símbolos que se deberán interpretar en la leyenda. Existen muchas propuestas sobre la simbología<sup>7</sup> a utilizar para normalizarla y hacerla reconocible por el gremio de conservadores-restauradores. No obstante, existen varias dificultades como que a día de hoy no existe un acuerdo expreso sobre el uso de la simbología, con lo que deja a libertad del técnico la elección de los signos que crea más convenientes, y la especificidad de cada tipología de material/disciplina –arqueología, pictórica, metales, etc.–.
- Análisis: apartado donde se debe dar cabida a todos los estudios analíticos que se le han realizado. –dentales, óseos, carbono 14, RX, entomológicos, microbiológicos, SEM, etc.–.
- Observaciones: puntualizaciones que pueden ayudar al entendimiento del diagnóstico, como por ejemplo si se detectan cristalizaciones blanquecinas sobre la superficie podemos anotar, como observación en este apartado, que pudiera tratarse de cristalizaciones salinas porque entendemos que en el proceso de momificación<sup>8</sup> se utilizó este componente para la desecación del cadáver.

<sup>5</sup>Bienes de Interés Cultural. Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.

<sup>6</sup>Este punto se desarrolla más ampliamente en el apartado «Definiendo los niveles de deterioro».

<sup>7</sup>Baglioni, R., González López, M.J. y López Román, A. 1997. Boletín n.º 19 y 20. Catálogo de simbología de apoyo a la representación gráfica del informe técnico de bienes muebles.

<sup>8</sup>Según las fuentes bibliográficas en el caso de las momias guanches.

- Recomendaciones: relacionadas con la mejora del estado de preservación, esto es, si se aconseja realizar un determinado tratamiento, mantenerlas en unas determinadas condiciones ambientales, etc.
- Motivo del informe: si es a causa de un préstamo, nueva entrada, etc.
- Lugar, fecha y firma del técnico/especialista que realiza la evaluación.

Otra información a introducir, que podemos denominar secundaria, aunque suele ir reflejada en la ficha de inventario/catalogación, pero que ayudará a la interpretación del estado de conservación es: tipo momificación, materiales asociados, cultura a la que pertenece y antigüedad. Estos datos pueden incluirse como un anexo o en el apartado de datos técnicos.

Es normal que este tipo de documento sea presentado conjuntamente para complementar otra tipología de informes –por ejemplo, la valoración de la aceptación de donación de un objeto a un museo, informes históricos, etc.–. En estos casos se incluirá, eliminando los apartados que ya vengán recogidos en los anteriores.

La presentación del estado de conservación en este tipo de formato se recomienda en los casos en los que se deba desarrollar un primer estudio de valoración del estado, donde se correspondería con el informe inicial de partida –por ejemplo, la entrada de la momia al museo– al que se le irán incluyendo sucesivas valoraciones, ya sea en forma de rutinas, informes de movimiento, etc. También es aconsejable para las colecciones más importantes dentro de la institución museística, como el caso del material momificado, pues facilita el nivel de protección del bien. Si existiera un gran número de cuerpos momificados quizás se deba hacer el esfuerzo, o seleccionar aquellos que presenten mayor relevancia para la colección. En último término corresponderá al juicio del conservador realizar esta elección.

Una de las ventajas de la utilización de este formato de documento en la evaluación del estado de conservación de un espécimen momificado es que resulta muy completo, ya que aporta extensamente –más que cualquier ficha de estado– numerosa información sobre el objeto.

Por el contrario nos encontramos una serie de inconvenientes:

- No se aprecia de forma rápida el estado del objeto.

- Hay que realizar una amplia lectura para informarse de su estado.
- Da pie a interpretaciones.
- Conlleva la redacción con terminología muy subjetiva que no está normalizada, etc.

### La ficha de estado de conservación

Una ficha se diferencia de un informe de conservación en el modo en que se presenta. Básicamente, ambos contienen los mismos datos pero en la ficha éstos se suelen representar de forma más esquematizada, tipo casilla-tabla o formulario, de forma que únicamente se marcan las casillas correspondientes para seleccionarlas determinando así el estado. La redacción se limita a lo mínimo indispensable. De esta manera la ficha de estado sintetiza, de forma normalizada y de manera esquemática, la apreciación del estado de conservación del objeto.

Normalmente este tipo de fichas suelen diseñarse *ad hoc*, es decir, específicamente para la tipología de objeto que queremos evaluar. Es normal, por tanto, que existan distintas fichas dependiendo de si el objeto es un lienzo, una momia o un documento, por poner algún ejemplo.

Los diseños de este tipo de documentos son muchos y variopintos, y dependen de la creatividad y capacidad de síntesis y diseño de los conservadores pero, a título de ejemplo, mostramos uno de los utilizados por el Área de Conservación del OAMC, Cabillo de Tenerife (ver tabla 1).

Este formato se recomienda para la elaboración de rutinas de inspección, exposiciones donde exista un número importante de momias a evaluar, o que se realice con escaso tiempo para desarrollar un informe escrito, para el movimiento o préstamo, etc.

Podemos valorar como ventajas de la elección de este formato en la evaluación del estado de conservación de restos momificados la síntesis inmediata y clara que se obtiene con una simple observación, una comparativa más rápida, mayor facilidad para introducirla en una base de datos, la cumplimentación más rápida –especialmente indicadas para situaciones en las que se dispone de escaso tiempo para evaluar al objeto–.

Por el contrario, como inconvenientes, podemos apuntar que aunque esta forma de expresar el estado de conservación es más objetiva, la valoración sigue siendo subjetiva, dependiendo, como se ha apuntado, del técnico especialista que la realice.

### INFORME ESTADO DE CONSERVACIÓN MATERIAL MOMIFICADO

**Datos técnicos**

N.º Registro		IMAGEN OBJETO
Objeto		
Museo		
Colección		
Procedencia		
Dimensiones		
Localización		
Peso		
Descripción		

**Datos históricos**

Descubrimiento			
Fecha entrada museo		Tipo adquisición	
Situación jurídica			
Biografía			

**Estado conservación**

Daños estructurales graves		Daños estructurales leves		Daños superficiales	
Agujero/perforación/orificio		Agujero/perforación/orificio		Concreciones	
Deformación		Deformación		Depósitos superficiales	
Desgarros/cortes		Desgarros/cortes		Polvo	
Abrasión		Abrasión		Suciedad	
Grietas		Grietas			
Mancha		Mancha			
Micro desintegración		Micro desintegración			
Partes separadas/sueltas		Partes separadas/sueltas			
Pérdidas/lagunas		Pérdidas/lagunas			
<b>Prácticas antiguas</b>		<b>Daño químico</b>		<b>Biodeterioro</b>	
Restauración		Desecación		Activo insecto	
Reparación		Frágil		Sospechoso insecto	
Otros		Otros		Activo	

**Valoración estado**

Bueno	Acceptable	Malo	Inaceptable
Observaciones			
Recomendaciones Ambientales	HR		Lux
	Tª		µW/Lumen
Recomendaciones manipulación			

**Mapeo daños**

<b>Leyenda</b>					
Daños estructurales graves	Daños estructurales leves	Daños superficiales	Prácticas antiguas	Daño químico	Biodeterioro

En ..... , a ..... de ..... de 2012  
 Conservador

Fdo.:

**Daños más comunes**

84

No existe una definición aclaratoria sobre el alcance de un determinado deterioro dado que el concepto del término es muy subjetivo. Según el diccionario de la Real Academia Española es el efecto de dañar –causar detrimento, perjuicio, menoscabo, dolor o molestia–. En este sentido, el daño se considerará como un cambio que causa merma o mutilación observado en el objeto con respecto a su estado original. Existen manuales (García Morales, 1992: 12) que insisten en la idoneidad de que la apreciación-valoración del daño sea realizado por personal especializado, con experiencia y conocimiento en el tipo de materiales que sea necesario evaluar (un restaurador especializado en pictórica que sea el que evalúe el estado de conservación de un lienzo policromado).

Se basan en inspecciones visuales, apoyadas con los medios habituales de evaluación, dado que los análisis físico-químicos sólo se realizan cuando es necesario un estudio más profundo de los restos momificados.

**Definiendo los niveles de deterioro**

Es necesario establecer unos niveles de deterioro para definir el daño presente en un objeto –momia–. Al

respecto existe un estudio (Keene, 1996: 141), donde se han recogido alrededor de 77 términos diferentes, muchos de ellos sinónimos. Pero lo más importante de éstos no es tanto su significado como su alcance. Para ello, es necesario determinar el valor del descriptor, niveles que se corresponden con grados de alcance del deterioro. Keene, 1996, agrupa en ocho bloques los tipos de daños que definen el problema de conservación, sin embargo, la experiencia en este tipo de materiales nos hace recomendar englobarlos en seis; esto es, si es grave, leve, superficial, químico, ataque biológico o prácticas antiguas.

- Graves: lo importante es la consideración de cuándo un daño es grave. Se podría considerar de esta manera aquel daño que imposibilita la forma o función del objeto, esto es, que afecta a más del 50% de su estructura, que dificulta su legibilidad o que se encuentra muy extendido.

Un daño grave también puede considerarse la suma de muchos daños menores –leves, superficiales– que, en conjunto, afectan más severamente al objeto.

La consecuencia, si no se pone freno a ese tipo de deterioro, es un aumento de la fragilidad, el peligro de pérdida irreversible y la amenaza para la integridad del objeto, pudiendo verse mermada su durabilidad.

- Leves: como su nombre indica un deterioro leve será aquel que afecta a la forma –estructura– y/o función original pero nos permite seguir entendiéndolo. Su alcance no supone una pérdida de la legibilidad o funcionalidad del objeto.

La existencia de este tipo de deterioro advierte de problemas en la conservación que han de ser atendidos para evitar que el daño desemboque en uno más grave.

- Superficiales: suelen corresponder a daños mínimos relacionados con la falta de rutinas de mantenimiento del cuerpo momificado –pequeñas limpiezas, eliminar el polvo, control ambiental, etc.–.

Están mucho más referidas a las envolturas salvo en aquellos casos en los que el cuerpo momificado ha quedado visible o se les ha desprovisto de sus vestimentas o fardos.

Normalmente este tipo de deterioro sólo afecta visualmente al cuerpo momificado, no afecta a su estructura ni a su legibilidad.

### **Biodeterioro. Evidencias visuales**

Se debe al origen orgánico del cuerpo momificado y a su susceptibilidad para ser atacado por organismos biológicos. Se engloba en este apartado todo aquel deterioro producido por organismos vivos en el cuerpo momificado.

Los efectos perniciosos de la actividad biológica (Valentín, capítulo 3.3) se deben básicamente a roedores, insectos y microorganismos: hongos y bacterias. Nuestro interés en la observación del cuerpo momificado es la detección de esta actividad biológica. Cada grupo biológico lo hará de una forma característica. Desde el punto de vista del estado de conservación debemos identificar las marcas visuales que son producidas por los agentes biológicos, e intentar diferenciarlas de otros tipos de deterioro. De esta manera se simplifica la elección del tratamiento que se desee aconsejar.

Se deben observar las alteraciones producidas por:

- Roedores: el problema que pueden plantear es por la acción de sus excrementos y orín –daño químico– y por las marcas que pueden dejar al roer para construir sus nidos.
- Insectos: podemos distinguir entre los necrófagos, denominados coloquialmente en medicina forense como «escuadrones de la muerte»,

relacionados con los procesos de descomposición de un cadáver, y los oportunistas, correspondientes a insectos carnívoros que pueden atacar al cadáver en su etapa de descomposición. Las evidencias que dejan estos individuos, nos ayuda a plantear si existe o ha existido infestación y/o reinfestación. Normalmente los indicios de ataque existente en el cuerpo momificado son antiguos y se corresponden con insectos necrófagos presentes en el momento de su descomposición. Las evidencias que podemos encontrar en estos casos son pupas y orificios de salida en la piel momificada del espécimen. Claros ejemplos aparecen en los restos de momias guanches.

Pero también pueden corresponderse con ataques anteriores ya inactivos, donde aparecen insectos adultos muertos o restos de ellos, élitros, abrasiones minúsculas en la superficie del material momificado, distintos tipos de orificio (generalmente de diámetro inferior a los necrófilos), deyecciones en forma de gránulos o polvillo.

La existencia de ataque activo es claramente identificable por la presencia de adultos vivos, élitros, deyecciones recientes y orificios no observados anteriormente. Un conservador al cuidado de este tipo de colecciones podrá detectar un ataque de insectos, pues dentro de sus funciones estará la inspección periódica de las mismas, lo que posibilita la pronta actuación necesaria para erradicarlo una vez se identifique el ataque activo.

- Microorganismos: es quizás, de los daños biológicos, el más importante y frecuente (Valentín, capítulo 3.3). La acción sobre el cuerpo momificado puede ir desde manchas, decoloración, acidificación hasta degradación de los componentes de los tejidos. Su identificación pasa por la detección de las manchas características, muchas veces apreciables a simple vista y que podemos diferenciar a través de un microscopio estereoscópico, y de la presencia de hifas y de micelios en el caso de hongos.

### **Prácticas antiguas**

No se les puede calificar de «restauración» puesto que fueron concebidas como reconstrucción o como montaje –unidos por alambres, con falsas envolturas, parches, etc.–. Existen ejemplos a lo largo de la historia

que ya advierten de estas prácticas tan extendidas en función al uso y costumbre del pasado (García, capítulo 1.1). Dentro de las prácticas más comunes están la introducción de añadidos o reestructuración.

En la cultura egipcia encontramos varias tipologías de intervenciones: desvendados –intervenciones de moda en el siglo XIX–, las «momias falsas» –aquellas que aparecen vendadas pero que los análisis por RX desvelan que se trata de momias sin cuerpo momificado en su interior–, así como las reconstrucciones –aquellas en las que se introducían partes de otras momias para completar pérdidas de elementos, normalmente huesos–. Este tipo de reconstrucciones fueron también ejecutadas por los propios embalsamadores ante la falta de partes del cuerpo a momificar. Otras reconstrucciones las encontramos en las momias de la cultura guanche, igualmente observadas tras los RX y por los indicios externos de añadidos –parches, costuras y materiales más modernos, etc.–.

La pregunta es ¿se pueden catalogar como daño?, ¿se pueden eliminar? En este punto se deberían aplicar aquellos criterios más respetuosos con los restos momificados, teniendo en cuenta las ideologías culturales de los grupos sociales a los que pertenecen; el respeto a las conductas éticas internacionales vigentes y la valoración del conservador que realice la evaluación sobre el impacto que esto supone sobre la conservación del cuerpo (Herráez, capítulo 3.8).

Lo que sí está claro es la importancia de documentarlo en el informe de conservación de la momia para dejar constancia de su existencia.

### Daño químico

Es el más problemático por su invisibilidad y porque son inherentes a la propia naturaleza del objeto. Nos referimos a los cambios primarios que conllevan ruptura de los enlaces a nivel molecular, y a los secundarios derivados de aquellos, que se expresan en la modificación de las propiedades de los materiales, más visibles macroscópicamente. Existen también daños químicos de origen biológico, producido por los ácidos orgánicos e inorgánicos excretados por determinadas especies de bacterias y de hongos.

En este sentido es importante el conocimiento de las técnicas de momificación puesto que introducen modificaciones en la dinámica de la degradación natural de los elementos constitutivos del material orgánico (uso de aditivos, desecantes, astringentes, etc.).

No existen pistas claras si no se aprecia a través de un examen organoléptico<sup>9</sup>, por medio de los sentidos: olor inusual del espécimen, apreciación a simple vista, tacto acartonado, etc. Su detección puede apoyarse mediante el uso de medios de análisis sencillos, lupa, binocular, luz transmitida, etc.

### Descriptores. Definición y características

Una vez detectado el deterioro y situado en su nivel de gravedad o incidencia correspondiente, es necesario establecer una terminología específica que defina cada tipología de daño. Para ello utilizaremos descriptores, términos que revelan la modalidad del daño dependiendo del material en el que se presentan.

En este sentido existen numerosos vocablos más o menos apropiados para el material a evaluar, inclusive se han presentado propuestas de normalización para la evaluación de algunas especialidades (Baglioni; González; y López, 1997). En cualquier caso la terminología utilizada por las distintas instituciones suele ser similar, en la que a condiciones se refiere, y estandarizada (Keene, 1996: 142-143). Sin embargo, para la tipología de colección que nos concierne, debería ser suficiente con los que exponemos más adelante.

Somos conscientes de la problemática del cadáver: suele ir vestido, envuelto, en ataúd, etc., pero también existen muchos que están desvendados, como los egipcios o los guanches.

Todos los descriptores que planteamos van dirigidos al cuerpo momificado específicamente. En todo caso tendremos en cuenta las momias que se presentan cubiertas –ya sea por cartonajes como en las egipcias, por vendajes y argamasas en las chinchorro, por pieles en las guanches, vestidas con ropajes en las chinas, etc.– y que estos envoltorios deberían tener descriptores específicos de cada material que las recubre. Existen para todos ellos manuales especializados a los que nos podremos remitir para hacer más certera la descripción<sup>10</sup>. Por ello la propuesta es la evaluación por separado del cuerpo y del envoltorio, cada una con sus fichas correspondientes donde se vean expresados los descriptores más idóneos, toda vez que con ello se consigue una visión más

<sup>9</sup> El examen organoléptico es aquel que se realiza a simple vista o con ayuda de lupas de pequeños aumentos.

<sup>10</sup> Se recomienda distintos manuales para su consulta según los diferentes materiales: para lienzos policromados Calvo (2002); para tabla policromada Vivancos (2007) y para textiles Landi (1985).

completa y especializada del estado de conservación de cada material.

Como hemos comentado, estos descriptores seleccionados son válidos sólo para momias no cubiertas o para aquellas partes que estén a la vista. Para los daños ocultos recurriremos a medios de análisis específicos: RX –para descubrir grietas, intervenciones antiguas–, etc.

Los descriptores utilizados para textiles podrían aplicarse para momias con fardos funerarios y vendas; para los que tienen cartonajes aquellos específicos de obra de arte sobre papel o papel policromado, para los ataúdes aplicaremos los de maderas policromadas, etc.

A continuación se enumeran los distintos descriptores que creemos se ajustan a los daños que aparecen en un cuerpo momificado. Se ha intentado aunar aquellos que tienen una similitud razonable o guardan cierta relación para evitar que exista una lista interminable y así resulten realmente útiles y prácticos.

- Agujero/perforación/orificio: abertura normalmente redondeada que conlleva pérdida de material y que traspasa la superficie del cuerpo

dejando a la vista el interior. Pueden aparecer aislados o formando agrupaciones semejantes a colmenas o alveolos invertidos –este es el caso de los orificios ocasionados por insectos relacionados con los estadios de descomposición del cadáver–.

*Posibles causas:* En la mayoría de las ocasiones estos desperfectos están producidos por ataque de insectos, normalmente asociados a los primeros estadios de descomposición del cadáver<sup>11</sup>. Éstos suelen corresponderse con perforaciones de unos 4 milímetros de diámetro. Sin embargo, otros agujeros pueden corresponder a ataques de insectos carnívoros, que han sido producidos tras el período en que el cadáver ya ha sido momificado. También pueden estar asociados a descuidos e incluso roedores (fig. 1).

- Concreciones/depósitos superficiales/suciedad: «Restos de materias o formaciones, incorporadas sobre el objeto, que pueden producir alteraciones» (Calvo, 1997: 62).

<sup>11</sup> Ver escuadrones de la muerte. Entomología forense.



Figura 1. Agujeros. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.



88

Figura 2. Concreciones. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.

Son frecuentes los cúmulos o depósitos de producto blanquecino sobre la piel de las momias (guanches). Puede corresponderse con depósitos de sales de diferente naturaleza (cloruros, sulfatos). Distinguiremos entre concreciones, cuando se trate de sedimentos adheridos firmemente a la superficie del cuerpo, y depósitos superficiales, cuando tales cúmulos estén sueltos, no fijados, sino que pueden ser fácilmente removidos. Provocan agrisamiento de la superficie, atraen el polvo y el biodeterioro.

*Posibles causas:* Podemos encontrar los orígenes en el contacto con el subsuelo, zonas de almacenaje, ambientes salinos, descuidos y malas condiciones de conservación, falta de rutinas de mantenimiento y limpieza, etc. (fig. 2).

- Deformación: pérdida de la forma regular o natural del cuerpo, una vez ha sufrido el proceso de momificación.

*Posibles causas:* Evidentemente, pueden deberse a golpes, presiones excesivas y accidentes, pero está también relacionado con procesos de deshidratación, inadecuada colocación en el almacenaje, malas condiciones de conservación y a la propia biografía de la momia.

- Desgarro/abrasión/corte: Según el diccionario el desgarro se trata de una «rotura o rompimiento»; «romper o hacer pedazos, a viva fuerza y sin el auxilio de ningún instrumento, cosas de poca consistencia, como tejidos, pieles, papel, etc.». La abrasión está relacionada con una erosión en la superficie del cuerpo. Los cortes pueden ser definidos como roturas efectuadas con utensilios afilados, intencionadamente o por descuido. A priori no conlleva grandes faltas de material, pero sí va unido a deformación y desfibramiento que, a la larga, y si no se aplica un talante curioso a la hora del cuidado, puede ocasionar pérdidas de microfragmentos proteicos.



Figura 3. Abrasión. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.



Figura 4. Corte. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.

*Posibles causas:* normalmente se debe a problemas relacionados con una manipulación descuidada o incorrecta, aunque puede también ser debido a un accidente, incluso a actos vandálicos (figs. 3 y 4).

- Desecación: es importante distinguirlo de la deshidratación que sufre el cuerpo durante el proceso de momificación. Partimos de la base de que todos los cuerpos momificados están ya deshidratados, que es lo que, en gran parte, permite su conservación.

Para entenderlo hemos de familiarizarnos con el concepto de «actividad de agua» (Valentín, capítulo 3.3). En este caso vemos que todo material orgánico contiene una humedad en su composición (aunque sea mínima) y otra que se encuentra libre, sin estar ligado a su estructura interna. Es este componente libre de humedad la que juega un papel muy importante en la conservación de los cuerpos momificados ya que, aunque deshidratados, mantienen un cierto grado de humedad (agua libre) que se encuentra en continua relación con las condiciones de humedad del entorno. De tal forma que si la humedad relativa del entorno sube, el

porcentaje de agua libre en el espécimen aumentará y viceversa. Cuando la humedad (agua libre) en el cuerpo es mínima conlleva una serie de pérdidas de las propiedades físicas del material que se expresa en pérdida de elasticidad, rigidez y fragilidad. Nos referiremos a este fenómeno como desecación y puede ser detectado por un cambio de apariencia física del espécimen. En estos casos presentará un aspecto acartonado, seco y con pérdida de brillo.

*Posibles causas:* el no mantener estables los parámetros de conservación preventiva y dentro del rango adecuado, es una de las causas que provoca este estado de debilidad, normalmente causado por una humedad relativa excesivamente baja en el entorno. El fenómeno de absorción-desorción de agua trae consigo efectos de dilatación y contracción de las fibras de los tejidos provocando las consecuentes micro-roturas que, a la larga, debilitan la estructura del tejido, exponiéndolo a un estado de fragilidad no deseable para su conservación.

- Fragilidad: manifiesto estado de debilidad estructural, provocado por la suma de varios de los daños expuestos.



Figura 5. Grieta. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.

*Posibles causas:* exposición a factores de deterioro, inadecuadas condiciones de conservación y/o manipulación, etc.

- Grietas: denominamos grieta<sup>12</sup> a una «hendidura alargada y poco profunda» que se forma en la piel de diversas partes del cuerpo o en las membranas mucosas próximas a ella. Ana Calvo la define como «abertura que se produce en los materiales sólidos por efecto de movimientos (...) y golpes (...), o por reacción de los materiales orgánicos ante los cambios de humedad». En el caso de un cuerpo momificado haremos referencia a la hendidura alargada, más o menos profunda, que aparece en la superficie del cuerpo.

Dependiendo de la dimensión de la misma podemos clasificarla de microgrieta cuando, siendo casi invisibles a simple vista, para su observación se necesite el uso de una lupa de aumento o microscopio binocular.

*Posibles causas:* normalmente se relacionan con una manipulación y almacenaje descuidados.

No es de extrañar, por otro lado, su presencia dadas las vicisitudes a las que se han visto sometidas la mayoría de las momias que conocemos. También pueden ser debidas a tensiones provocadas por cambios bruscos de temperatura (fig. 5).

- Mancha: «Señal que una cosa hace en un cuerpo, ensuciándolo o echándolo a perder». «Suciedad adherida que impregna la superficie de un objeto y además ha penetrado hacia el interior» (Calvo, 1997: 139). Normalmente las manchas presentes en el material momificado han penetrado en el tejido, traspasando el nivel superficial y arraigándose en la estructura subcutánea. Existen varias tipologías: manchas de agua-fluidos, grasa, barniz o laca, pintura, té o café, oxidación, microorganismos (hongos y bacterias), tinta, cintas adhesivas, etc.

Posibles causas: algunas de las manchas provienen de la propia momia, como la de fluidos, y se corresponden con procesos de descomposición, pudiendo responder a ciclos de hidratación-deshidratación con la consecuente pérdida de líquidos y su correspondiente mancha en forma de cerco. Casi todas las demás

<sup>12</sup> Según el diccionario de la Real Academia Española.



Figura 6. Mancha. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.



Figura 7. Microdesintegración. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.

92



Figura 8. Partes separadas. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.



Figura 9. Pérdidas. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.

se producen por causas externas, como consecuencia de descuidos y/o accidentes, actos vandálicos, inadecuadas condiciones de conservación, etc. (fig. 6).

- Micro-desintegración: a diferencia de los rotos y desgarros existe una especie de desfibramiento que se produce en las zonas frágiles como bordes de lagunas, orificios, desgarros, etc. En estas áreas se puede producir una disgregación del tejido –pulverulencia, desprendimiento, etc.– Éste se va desprendiendo debido a la fragilidad, vibraciones, manipulación, procesos de desecación que reducen la elasticidad de los tejidos, etc.

*Posibles causas:* normalmente asociado a un estado de fragilidad ligado a procesos de deshidratación y favorecido por la exposición a vibraciones, golpes, etc. (fig. 7).

- Partes separadas/partes sueltas: pueden aparecer cuerpos momificados que presentan desunión de alguna de sus partes (cabezas separadas, torsos desunidos, piernas sueltas, etc.). Esta separación está asociada con desgarros,

grietas, roturas, desfibramientos y/o pérdidas de material. El problema que conlleva, además del estado de fragilidad que le confiere este deterioro, es identificar que las partes existentes corresponden al mismo cuerpo y no son composiciones aleatorias de coleccionistas inexpertos. Son los bioantropólogos los que determinarán si existe o no conexión entre las partes, apoyados por los pertinentes medios de análisis.

*Posibles causas:* suelen darse a lo largo de la biografía de la pieza previa su acceso al museo, aunque también puede producirse durante su estancia en los mismos, más improbable, debido al cuidado que exige su conservación (condiciones de conservación inadecuadas, desafortunados accidentes, descuidos, manipulaciones incorrectas, etc.) (fig. 8).

- Pérdidas/lagunas: Una laguna es una «zona perdida del original en el conjunto de una obra» (Calvo, 1997: 130). Es más recomendable el uso de «pérdidas» o «elementos perdidos»



Figura 10. Laguna. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.

ya que la lectura del término «laguna» está más asociado a obras de arte.

*Posibles causas:* dependiendo del tipo y calidad de la momificación encontramos una determinada cantidad de pérdida de material, debido básicamente al cuidado que se le haya otorgado y a los mismos procesos de momificación –siendo unos más certeros y ortodoxos que otros–. Hacemos alusión, por ejemplo, a la historia de la evolución de las técnicas de momificación de las momias egipcias que se corresponden con procesos más o menos perfeccionados dependiendo del período en el que se ha realizado el proceso de embalsamamiento– (Parra, 2010). Es difícil, sin embargo, encontrarnos con un ejemplar de momia en perfecto estado de conservación que no conlleve pérdida de material que, por otro lado, es lo más corriente (figs. 9 y 10).

- Reconstrucciones: lo más común en la cultura guanche, y debido al expolio secular de sus momias y ajuar asociado, es encontrarnos con especímenes desmembrados, incompletos o

con algún tipo de intervención de reconstrucción dependiendo de los usos y costumbres de la época (Rodríguez *et al.*, 2010: 213-233). Las momias chinas de la llanura de Tarim –momias Cherchen<sup>13</sup>– aparecen, sin embargo, completas y vestidas con ropajes. En otras culturas como la egipcia hallamos más cuerpos enteros (también debido en parte a típicas reconstrucciones y a que el porcentaje de momias encontradas es mucho mayor que el de la cultura guanche). *Posibles causas:* este tipo de intervenciones se deben básicamente al devenir de las momias –su biografía–, al continuo movimiento al que se han visto sometidas a lo largo de su historia y a la consecuente falta de madurez de los criterios de conservación preventiva, tan conocidos y difundidos hoy día (fig. 11).

<sup>13</sup> Wayland Barber, E (2001) las momias de Urumchi. Debate. Madrid. El hombre de Cherchen es el nombre que se le dio al cuerpo momificado de un hombre de rasgos europeos hallado en China [...] datado en el 1000 a. C. [...] Forma parte de las 113 momias encontradas en la cuenca del Tarim [...] y conserva magníficamente sus ropajes, curiosamente de lana. Fuente wikipedia.



Figura 11. Reconstrucción. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.

**Tabla 1. Identificación descriptores**

<b>Tipo de daño</b>	<b>Deterioro</b>	<b>Posibles causas</b>	<b>Identificación</b>
<b>Agujeros/Orificios/Perforaciones</b>	-Pérdida de material -Cúmulos de suciedad polvo que atraen biodeterioro	-Insectos -Descuidos, manipulaciones (clavos, alfileres)	-Observar posibles actividades biológicas
<b>Concreciones/Depósitos superficiales/Suciedad</b>	-Reacciones químicas todas -Atracción de biodeterioro todas	-Tipo del subsuelo del enterramiento -Ambiental -Mala conservación -Descuidos	-Agrisamiento de la superficie, cambios en su morfología, etc.
<b>Deformaciones</b>	-Dobleces, arrugas que pueden desencadenar en grietas, fracturas, etc.	-Golpes -Presiones excesivas, inadecuado almacenaje/exposición	-Pérdida de forma originaria o cambios en su morfología
<b>Deseccación</b>	-Deshidratación severa -Fragilidad físico-química	-Exposición a ambientes excesivamente secos	-Apariencia acartonada, pérdida de brillo
<b>Desgarros/Abrasión/Cortes</b>	-Rotura -Desfibramiento -Pérdida de material	-Manipulación descuidada -Accidentes -Actos vandálicos	-Aperturas en la superficie del cuerpo
<b>Fragilidad</b>	-Peligro de fractura, desintegración, pérdidas	-Exposición a varios de los factores de deterioro, inadecuadas condiciones de conservación	-Debilitamiento de la estructura del cuerpo
<b>Grietas</b>	-Microgrietas, peligro de pérdida de material, acumulación de polvo y suciedad que atrae al biodeterioro	-Manipulación y almacenaje incorrectos -Malas condiciones de conservación -Cambios bruscos de las condiciones ambientales	-Aperturas irregulares y accidentales en la superficie
<b>Manchas</b>	-Deterioro químico, atracción biodeterioro -Estético	-Descuidos, actos vandálicos, condiciones de conservación inadecuadas	-Cambios en la apariencia externa, suciedad fuertemente adherida
<b>Microdesintegración</b>	-Desfibramiento, pérdida de material	-Excesiva desecación, exposición a fuentes de vibraciones, fragilidad	-Pequeños levantamiento en los bordes de lagunas y orificios que se va desprendiendo
<b>Partes separadas/Partes sueltas</b>	-Desgarros, microdesintegración, pérdidas, reconstrucciones erróneas	-Manipulación inadecuada reiterada, accidentes, actos vandálicos	-Desunión de parte/s de la estructura del cuerpo
<b>Pérdidas/Lagunas</b>	-Falta de material, peligro del aumento de la pérdida debido al desfibramiento de los bordes	-Momificaciones de mala calidad, inadecuadas manipulaciones, almacenaje y/o exposición, descuidos/ accidentes	-Falta de material en distintos porcentajes de la superficie del cuerpo
<b>Reconstrucciones</b>	-Introducción de elementos ajenos a la composición del cuerpo, reacción química, éticamente cuestionables	-Prácticas usuales dependiendo del «gusto» de la época, coleccionismo	-A veces se aprecian a simple vista, otras son identificables a través de medios de análisis (Rx, etc.)

## Bibliografía

BAGLIONI, R.; GONZÁLEZ LÓPEZ, M. J.; y LÓPEZ ROMÁN, A. (1997): «Catálogo de Simbología de Apoyo a la Representación Gráfica del Informe Técnico de Bienes Muebles», en *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, n.º 19, 20.

CALVO, A. (1997): *Conservación y restauración. Materiales, técnicas y procedimientos. De la A a la Z*. Barcelona: Ediciones del Serbal.

— (2002): *Conservación y restauración de pintura sobre lienzo*. Barcelona: Ediciones del Serbal.

GARCÍA MORALES, M. (1992): *La conservación preventiva en los museos. Teoría y práctica*. Santa Cruz de Tenerife: Organismo Autónomo de Museos y Centros.

KEENE, S. (1996): *Managing conservation in museums*. Oxford: Ed. Butterworth-Heinemann.

LANDI, S. (1985): *The Textile Conservator's Manual*. Londres: Ed. Butterworths.

PARRA ORTIZ, J. M. (2010): *Momias. La derrota de la muerte en el antiguo Egipto*. Barcelona: Editorial Crítica.

RODRÍGUEZ, M. *et al.* (2010): «Momias guanches en el exterior. El expolio secular», en *Canarias Arqueológica*, vol. 18, pp. 213-233.

VIVANCOS, V. (2007): *La conservación y restauración de pintura de caballete. Pintura sobre tabla*. Madrid: Ed. Tecnos.

WAYLAND BARBER, E. (2001): *Las momias de Ürümchi*. Madrid: Debate.



## 3.3. Análisis y control del biodeterioro. A las plagas les gustan las momias

Nieves Valentín

Instituto del Patrimonio Cultural de España

nieves.valentin@mecd.es

La composición de las momias incluye, entre otros elementos, proteínas (queratinas, colágenos) y grasas, todos ellos nutrientes adecuados para el desarrollo de agentes biológicos que se ven favorecidos por determinadas condiciones ambientales y por la falta de mantenimiento de las instalaciones en las que se ubican.

La combinación temperatura-humedad del soporte induce fenómenos de biodeterioro (descomposición-putrefacción), que constituye uno de los problemas más frecuentes y peligrosos para la conservación de los materiales antropológicos.

El primer indicio de biodegradación que se observa visualmente en una momia se relaciona con la presencia de manchas blanquecinas que posteriormente cambian de color (en general, verde, marrón, negro), y con el desarrollo de filamentos, hifas de hongos en la superficie de los tejidos epidérmicos y óseos. La actividad biológica de los contaminantes microbianos, es dependiente del contenido de agua del material sobre el que se asientan las especies. Una colonización significativa por hongos favorece, a su vez, el desarrollo de insectos, que encuentran también en las momias un hábitat adecuado para su proliferación. A todo ello se añade el impacto de tratamientos incorrectos de restauración que pueden estimular la actividad biológica.

El grado y tipo de biodeterioro dependen básicamente del tipo de momificación y del impacto ambiental. En la mayoría de los museos, los agentes más peligrosos para las colecciones antropológicas son los microorganismos y los insectos.

La biodegradación de las colecciones de momias no se debe estudiar de forma aislada. Es necesario centrar nuestra atención paralelamente en el edificio y en los bienes culturales que alberga.

### En el edificio, es imprescindible abordar

- Tipo de materiales constructivos. Características arquitectónicas, estructurales y medioambientales, principalmente, de las salas de exposición y almacenes donde se encuentran las momias.
- Impacto del clima. Área geográfica.
- El entorno.
- Agentes químicos y biológicos responsables de la calidad del aire.
- Microclimas adversos en el interior de salas y almacenes.

- Tipos de materiales que conforman el mobiliario y elementos expositivos.
- Mantenimiento.

### En las colecciones de momias, es preciso determinar

- Diagnóstico de alteraciones. Identificación de agentes biológicos y de su actividad. Establecer el grado de biodeterioro.
- Evolución (análisis de riesgos, relacionado con la actividad biológica).
- Tratamientos no tóxicos y no deteriorantes que pueden utilizarse para controlar y erradicar los agentes biológicos activos cuando sea necesario.
- Programas de prevención que eviten los riesgos de re-infección, re-infestación después de los tratamientos aplicados.

En ambos casos, edificio y momias, es imprescindible elaborar un correcto plan de mantenimiento que involucre a todos, técnicos y visitantes.

Entre los agentes biodegradantes nos centraremos en: microorganismos, hongos y bacterias, que proliferan tanto en la momia como en el ambiente, e insectos, los cuales, en general están asociados al edificio y afectan al cuerpo, sus textiles (vendajes, piezas de ajuares), pieles de animales que se usaron para cubrir las momias y otros. Tanto los hongos, como las bacterias (aerobias y anaerobias), excretan metabolitos –ácidos orgánicos, inorgánicos y enzimas–, que rompen las cadenas de polímeros celulósicos y proteicos causando las alteraciones. Además, excretan toxinas peligrosas para la salud de las personas. También producen pigmentos que modifican el aspecto estético de los soportes que colonizan.

Los insectos pueden afectar puntualmente a algún objeto antropológico, determinado, o puede tratarse de una plaga que afecte al edificio, materiales orgánicos de sus vitrinas, cajas de embalaje y bienes que se encuentren en ellas depositados; un ejemplo lo constituyen las termitas. En el primer caso, es suficiente el tratamiento de los objetos con infestación. En el segundo, cuando se trata de una plaga generalizada, además de los objetos, es necesario estudiar e intervenir en el edificio y su entorno.

Los roedores son un problema asociado a áreas de suciedad de los edificios y entornos. Prefieren materiales orgánicos ricos en proteínas, grasas y

almidones. En ocasiones utilizan los materiales históricos como nido o refugio. Su erradicación es muy específica, su descripción y tratamiento no se incluyen en este capítulo.

### Los microorganismos que infectan las momias. Cómo determinar si tienen o tuvieron

El agua es el mejor aliado de los microorganismos. Cada especie, precisa de una disponibilidad mínima de agua necesaria para su multiplicación, que está perfectamente descrita en la literatura. Este aspecto es fundamental para diseñar planes de control de microorganismos y evita, en muchos casos, la necesidad de recurrir a biocidas.

El desarrollo de los microorganismos viene determinado por el factor actividad de agua. Se indica como  $w_a$  (*water activity*). Este parámetro representa la fracción molar de las moléculas de agua totales, que no están ligadas químicamente en un sustrato, sino que se encuentran libres. Los microorganismos pueden disponer de «este agua libre» para multiplicarse y realizar sus procesos metabólicos.

La actividad de agua se define como: la relación que existe entre la presión de vapor del agua en un sustrato (P), en relación con la presión de vapor del agua pura ( $P_o$ ), a la misma temperatura. Es un parámetro que está estrechamente ligado a la humedad del soporte y determina su conservación, o de riesgo de desarrollo microbiano.

$$w_a = P / P_o$$

El valor de la actividad de agua, está relacionado con la humedad relativa ambiental. Se puede calcular multiplicando la actividad del agua,  $w_a$  por 100, obteniéndose la humedad relativa de la atmósfera en equilibrio con el sustrato. La  $w_a$  también está relacionada con la oxidación de las grasas.

El desarrollo de los microorganismos se detiene cuando la actividad de agua en un soporte es menor de la que necesita. Ello no implica la muerte del microorganismo, sino que éste se mantiene en una fase resistente durante un periodo de tiempo variable. Muchos de estos microorganismos si no se reproducen pueden acabar muriendo. En el caso de las esporas la fase de resistencia se puede prolongar durante años.

En general, la mayoría de los microorganismos requiere unos valores de actividad de agua muy altos.

Las bacterias necesitan una  $w_a$  superior a 0,90 para su adecuado desarrollo. Existen excepciones, algunas bacterias halófilas, crecen en sustratos ricos en sales, son muy tolerantes a las bajas HR y pueden desarrollarse igual que los hongos a partir de una actividad de agua ( $a_w$ ) de 0,60. Los hongos, requieren una  $w_a$  mayor de 0,80. Los hongos que producen micotoxinas, precisan un  $a_w$  en torno al 0,78, aunque ciertas especies de *Aspergillus* se desarrollan a partir de una  $w_a$  de 0,60. Por ello, los hongos serán los contaminantes más peligrosos en nuestras colecciones históricas, ya que a humedades más bajas pueden causar biodeterioro. Por debajo de una  $w_a$  de 0,50 no se produce desarrollo microbiano. La actividad de agua ( $a_w$ ) es un parámetro clave para determinar si los microbios presentes están activos. También permite estimar el riesgo potencial de biodeterioro.

La actividad de agua de un material se puede reducir aumentando la concentración de solutos, por ejemplo aportando sales (lo utilizaron los egipcios en los procesos de momificación con sales de sodio, bicarbonatos y cloruros, también los guanches, y americanos que utilizaron el agua de mar), mediante la eliminación del agua (liofilización, en el caso de momias andinas), o por deshidratación (momias enteradas en el desierto). La actividad de agua se puede medir con equipos portátiles, deben tener una adecuada precisión, requieren calibración y condiciones estables. Si no se dispone de estos equipos, se puede medir la humedad relativa (HR%) en el entorno de la momia.

### **Sintetizando:**

La actividad de agua ( $w_a$ ) de un sustrato, junto con la temperatura, el pH del soporte y la presencia o ausencia de oxígeno determina la multiplicación celular de hongos y bacterias. Este concepto ha permitido el uso de metodologías de control de microorganismos, que evitan en muchos casos el uso de biocidas.

Para determinar procesos de biodeterioro debido a hongos y/o bacterias en las colecciones, pueden realizarse diferentes tipos de análisis:

### **Análisis de microorganismos de superficie**

Incluye análisis cuantitativos y de identificación taxonómica (clasificación a nivel de género y especie, a

ser posible). Los resultados nos permiten conocer el número de contaminantes fúngicos y bacterianos por muestra, y las especies de los microorganismos aislados. La toma de muestras para análisis de microorganismos no debe ser deteriorante para los materiales históricos. Las técnicas principales se describen a continuación:

#### ***a) Análisis de microbiología convencional utilizando medios de cultivo en placa con base de agar***

Son los análisis más utilizados y menos costosos. Se efectúan utilizando un hisopo humedecido en solución salina (cloruro sódico al 0,9%). Todo el material debe estar estéril. El hisopo se desliza por la superficie que presente indicios de contaminación biológica. En el caso de una momia, el área que se muestrea debe corresponder a una superficie aproximada de 5 cm<sup>2</sup>.

A continuación, las muestras de microorganismos de superficie tomadas con hisopo, se siembran en placas de Petri con un medio de cultivo sólido, generalmente se usa agar-Sabouraud o agar de Czapek. Posteriormente, las placas se incuban a una temperatura de 28-30° C. El periodo de incubación suele ser de 10-15 días máximo. Periódicamente, se realizan recuentos de las colonias microbianas desarrolladas. Transcurrida la incubación, el resultado obtenido se expresa en CFU/muestra (unidades formadoras de colonias/muestra). Deben calcularse: los CFU de hongos/muestra, los CFU de bacterias/muestra y los CFU de microorganismos totales/muestra, según las normas de calidad de aire, UNE EN 100-012. Un desarrollo rápido de microorganismos en menos de 72 horas indica significativa actividad biológica.

Un número total de colonias superior a 25 (colonias fúngicas y bacterianas/muestra), indica un riesgo potencial de biodeterioro y debe actuarse para minimizar los efectos deteriorantes, especialmente si la actividad de agua (contenido de agua de la momia) es alta. Si la momia está en un ambiente seco y estable, 40-45% HR, un número elevado de microorganismos, puede indicar que en su superficie hay muchos contaminantes, pero que estos están en estado de latencia, no se interpreta como un estado alarmante. Cada colonia de hongos desarrollada, puede ser identificada por los procedimientos convencionales; observación con microscopio óptico y estereoscópico,

previa tinción (fig. 1). En el caso de bacterias son precisas pruebas bioquímicas.

Cuanto más rápido sea el desarrollo y mayor sea la diversidad de especies identificadas, mayor será el riesgo de biodeterioro.

**b) Análisis cuantitativo y cualitativo utilizando lamino-cultivos Millipore®**

Esta técnica utiliza lamino-cultivos deshidratados. Los lamino-cultivos, kit Millipore® poseen un hisopo con solución estéril, y diferentes tipos de soportes con nutrientes deshidratados (lamino-cultivos). Cada uno de ellos lleva una composición diferente para facilitar el desarrollo de microorganismos diversos. El resultado se puede expresar en CFU/ laminocultivo o muestra. La identificación es posible a partir de las colonias desarrolladas tras su posterior siembra en placa de agar (fig. 2).

**c) Análisis cuantitativo utilizando luminómetro**

102

Es una técnica que permite una estimación cuantitativa rápida de los microorganismos que hay en una superficie. No permite la identificación, lo que supone su mayor desventaja. Se basa en la estimación del ATP (trifosfato de adenosina) que puede haber en los microorganismos de superficie de un material. En este caso, un hisopo toma los microorganismos de superficie, los cuales se ponen en contacto con una



Figura 1. Desarrollo de microorganismos. Toma de muestras de superficie. Placa de Agar. Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.

enzima, luciferin-luciferasa, que convierte la energía química del ATP microbiano en luz, debido a una reacción de óxido-reducción. La cantidad de luz generada es proporcional a la cantidad de ATP presente en la muestra que se pretende evaluar y se mide con un equipo portátil, luminómetro, que puede formar parte de los aparatos de medida de agentes deteriorantes de un museo. El resultado se expresa en unidades relativas de luz (URL). El número de URL es proporcional a los CFU (unidades formadoras de colonias) de microorganismos presentes en una unidad



Figura 2. Contaminación fúngica de superficie con laminocultivos Millipore®. Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.

de superficie (5 cm<sup>2</sup>). Este procedimiento indica, entre otros, la eficacia de la limpieza en una superficie.

**d) Análisis de ADN para identificación microbiana. Técnicas de biología molecular**

Se utiliza para identificar las especies de los microorganismos que están presentes en una micro-muestra de superficie. Asimismo, se pueden identificar, por técnicas de biología molecular, los microorganismos ambientales de la sala y/o de la atmósfera de la vitrina. En el caso de los insectos, el análisis de pequeños fragmentos detectados –patas, élitros– permitirá también su identificación y estudio.

**Ventajas:**

- Permite analizar muestras muy pequeñas de material biológico.
- No es necesario utilizar medios de cultivo, los cuales, dependiendo de su composición, permiten un desarrollo selectivo de los microorganismos.
- Las muestras analizadas pueden corresponder a microorganismos activos o muertos desde hace largos periodos de tiempo.
- Es una técnica de alta precisión, una herramienta fundamental para ser utilizada en programas de investigación científica y tecnológica.

**Inconvenientes:**

- Debido a la alta sensibilidad de la técnica, es frecuente detectar falsos positivos (agentes biológicos ajenos al que deseamos identificar y ajenos al responsable del biodeterioro). Puede detectarse incluso ADN del técnico que realizó los análisis.
- El que no se detecte una especie no quiere decir que no esté presente, puede ocurrir que la metodología de análisis empleada sea incorrecta o que el ADN esté desnaturalizado.
- Es una técnica costosa. Requiere expertos en biología molecular y un laboratorio apropiado.
- El ADN se conserva, por ello ha sido posible analizar muestras de momias de miles de años de antigüedad (Päävo, 1985). También es posible identificar la especie del animal cuyas pieles cubren las momias guanches. Algunas técnicas de análisis y de desinfección (rayos gamma),

desnaturalizan el ADN, por ello, como apunta Maekawa en capítulo 3.4 de este volumen, es importante evitar aquellos procedimientos que imposibiliten futuros estudios genéticos.

- Para efectuar análisis de microorganismos, pueden realizarse convenios con la Universidad más próxima, o un contrato, similar a los establecidos con empresas sobre mantenimiento o intervenciones.

**En resumen:**

Cualquiera que sea la técnica a utilizar para un análisis de microorganismos de superficie de una pieza, la toma de muestras debe realizarse en las zonas más expuestas a la atmósfera y también en las áreas más internas y menos ventiladas. Se adjuntará un registro fotográfico y un mapa que indique los puntos muestreados y los parámetros ambientales de cada uno de ellos. Las condiciones de asepsia son imprescindibles.

**Los microorganismos en el ambiente. Análisis de la calidad del aire interior**

Para efectuar este tipo de análisis debe tenerse en cuenta el volumen de la sala, superficie ocupada por mobiliario y las condiciones ambientales, incluyendo el tipo de climatización si la hay y, en ese caso, las renovaciones de aire. El análisis del aire debe entrar a formar parte de la rutina de conservación del museo. En el ambiente, además de los microorganismos, contamos con agentes químicos que también deben ser analizados. Los gases químicos conocidos como VOC (compuestos orgánicos volátiles) que se encuentran en las salas como productos de emisión de materiales (pinturas, maderas), así como los propios agentes de polución que penetran del exterior (monóxidos y dióxidos de carbono, nitrógeno y compuestos de azufre, principalmente), pueden a su vez penetrar en las vitrinas poco herméticas. Maekawa (capítulo 3.4), indica los volátiles que emiten las propias momias debido a diferentes causas. El tipo de volátiles favorece el desarrollo de las especies contaminantes (por ejemplo: bacterias nitrificantes, sulfo-oxidantes, sulfo-reductoras, que se desarrollan en ambientes ricos en monóxidos y dióxidos de azufre o nitrógeno). Adicionalmente, Valentín; Muro; y Montero (2010), indican la necesidad de evaluar las partículas sólidas

de polvo, las cuales representan uno de los mayores riesgos añadidos, ya que son higroscópicas; aumentan la actividad de agua de los soportes y suelen ir asociadas a esporas de microorganismos y huevos de insectos. También representan un rico nutriente por su abundancia en compuestos nitrogenados. El grado de deterioro que puede provocar la contaminación química y el polvo en los objetos expuestos depende de la naturaleza y estado de conservación de los materiales, de la temperatura ( $T^{\circ}\text{C}$ ), HR%, humedad absoluta del aire y de la ventilación. En el mercado existen equipos que miden los contaminantes químicos descritos, tanto de una forma puntual (portátiles), como con registros continuos de datos (estaciones de medida, equipos fijos o portables que no portátiles). Estos aparatos son costosos, requieren calibración, aunque pueden ser utilizados con un sencillo protocolo de uso. El análisis de datos es otro aspecto a tener en cuenta.

La ventilación es el mejor medio para «diluir» los volátiles nocivos. A ellos se une el uso de sistemas de filtrado.

#### *a) Contaminación microbiológica ambiental. Toma de muestras*

La toma de muestras de microorganismos del aire, se efectúa con un analizador «Microbio Air Sampler». El equipo utiliza placas de Petri con un medio de cultivo sólido de agar Sabouraud o agar Czapek. Con este equipo se toma un volumen determinado de aire (litros de aire por minuto). El aire impacta sobre la placa de Petri con el medio de cultivo seleccionado para análisis. Posteriormente, las placas se incuban y analizan tal como se ha descrito anteriormente. Los resultados obtenidos se expresan en unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire (CFU/m<sup>3</sup>).

Tanto en el caso de contaminación de superficie, como de contaminación del aire, es necesario conocer los umbrales a partir de los cuales deben tomarse medidas de control o de erradicación. En general, los umbrales que se utilizan se han extrapolado de los establecidos para centros hospitalarios, industrias alimentarias o establecimientos públicos, por ello hay una gran confusión cuando pretendemos interpretar los resultados correspondientes a la realidad de edificios destinados a patrimonio cultural. Actualmente, se está trabajando activamente para establecer normas adecuadas a los bienes culturales. Con esta salvedad,

podemos indicar que las normas UNE EN 100-012 consideran:

#### **Umbral establecido para muestras de aire:**

- Número de microorganismos bacterianos corresponde a: 800 CFU/m<sup>3</sup>.
- Número de microorganismos fúngicos corresponde a: 200 CFU m<sup>3</sup>.
- Para salas de manipulación de alimentos, cuando se detectan 500 CFU/m<sup>3</sup> de microorganismos totales es preciso actuar.
- Para calidad de aire interior en edificios públicos sin patologías de humedad y ventilación, se establece un umbral de 800/m<sup>3</sup> de microorganismos totales.

#### **Umbral para muestras de superficie:**

- Número de microorganismos totales a partir de los cuales se considera necesario intervenir (UNE EN 100-012): 100 CFU/25 cm<sup>2</sup>.
- Según análisis de superficie de libros y documentos efectuados en archivos se establece un umbral de: 10-15 CFU/ 5 cm<sup>2</sup>.

Es necesario considerar si el tipo de microorganismo es patógeno humano o deteriorante para los materiales históricos, y su frecuencia en los análisis efectuados.

Cuando se efectúan análisis microbiológicos del aire interior de un museo, es recomendable realizar el mismo análisis en lo que se denomina «sala blanca», y que corresponde a una habitación o sala que posee las mejores condiciones ambientales y de limpieza. Los resultados serán útiles como control o patrón comparativo de referencia. El análisis de calidad del aire debe realizarse también en el exterior del edificio. Esos resultados unidos a los datos obtenidos de la «sala blanca», servirán para fijar los propios estándares o umbrales y tomar la decisión de actuar.

La figura 3 muestra alta contaminación fúngica y bacteriana en diferentes puntos de una sala de exposición como resultado del impacto de alta HR%, oscilaciones de temperatura, escasa ventilación y presencia de numerosos visitantes. Los datos indican riesgo de biodeterioro y aconsejan un plan corrector. Por el contrario, la figura 4 indica una contaminación moderada y estable en las zonas de la sala analizada,

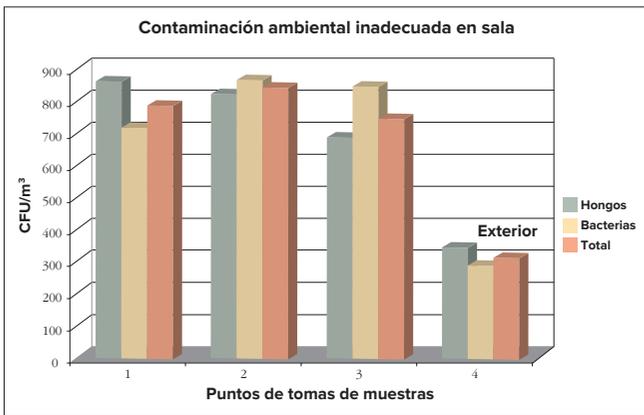


Figura 3. Calidad de aire interior en una sala sometida a condiciones ambientales desfavorables y numerosos visitantes.

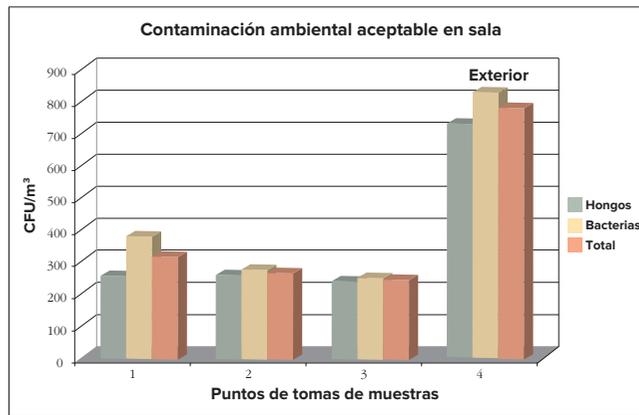


Figura 4. Calidad de aire interior en una sala con condiciones ambientales y número de visitantes aceptables.

con respecto a la exterior del museo. Ello responde a unas condiciones ambientales y número de visitantes aceptables, lo cual señala como suficiente una rutina de mantenimiento e inspecciones habituales. Los resultados de análisis microbiológicos de la calidad del aire obtenidos en espacios con y sin ventilación se muestran en la figura 5.

Debe considerarse que el aire del exterior entra en la sala y éste penetra en las vitrinas no herméticas que contienen restos antropológicos, con relación a lo cual se puede señalar que:

La calidad de aire interior en la sala o almacén debe tener un valor de CFU/m<sup>3</sup> inferior al obtenido en el exterior del edificio y lo mas similar posible a la «sala blanca» para que se considere aceptable. Los microorganismos del ambiente de salas y vitrinas son

buenos indicadores de riesgos de biodeterioro de las momias y sus ajuares funerarios.

*b) Análisis microbiológico de la atmósfera de las vitrinas*

Tanto en las vitrinas convencionales que contienen aire, como en las diseñadas para atmosferas inertes de nitrógeno, lo más deseable es realizar análisis sin necesidad de abrir las vitrinas. En este apartado nos centraremos en el caso más complejo: el análisis microbiológico de la atmósfera inerte de vitrinas de alta hermeticidad que contienen momias.

Obviamente, las vitrinas herméticas con nitrógeno están prácticamente libres de los contaminantes ambientales de la sala. No obstante, solo es cuestión



Figura 5. Contaminación fúngica y bacteriana del aire en tres espacios distintos: con buena ventilación (placa izquierda), escasa (centro) y ventilación nula (derecha). Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.



106

**Figura 6.** Momia egipcia en vitrina de gas inerte. Museo Egipcio de El Cairo. Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.

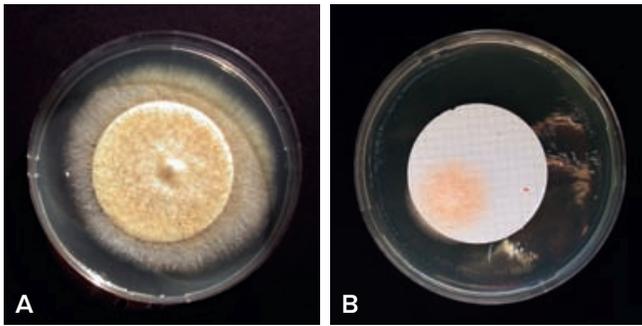
de tiempo el que se vea incrementada en su interior, tanto la concentración de oxígeno, como la carga microbiana, la cual se puede detectar con análisis específicos.

Debe también considerarse que los hongos y bacterias emiten sus propios contaminantes orgánicos volátiles (VOC), los cuales se suman al resto de VOC emitidos por las momias que describe Maekawa en el capítulo 3.4.

Para el análisis microbiológico ambiental de una vitrina con atmósfera inerte de nitrógeno (fig. 6), se puede emplear una pequeña bomba de vacío que se conecta a una válvula de salida y a otra de entrada de la vitrina. La atmósfera que se extrae, merced a la bomba de vacío, pasa a través de un filtro Millipore®, donde se depositan los contaminantes fúngicos y bacterianos, y retorna a la vitrina (fig. 7). Una vez filtrada toda la atmósfera de la vitrina el filtro se deposita en un medio de cultivo apropiado y se analiza por los procedimientos descritos anteriormente. Así, puede estimarse el riesgo potencial de deterioro de los objetos depositados en el interior de la vitrina, sin necesidad de toma de muestras



**Figura 7.** Captura de microorganismos de la atmósfera inerte de la vitrina con filtro (F) de baja porosidad. Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.

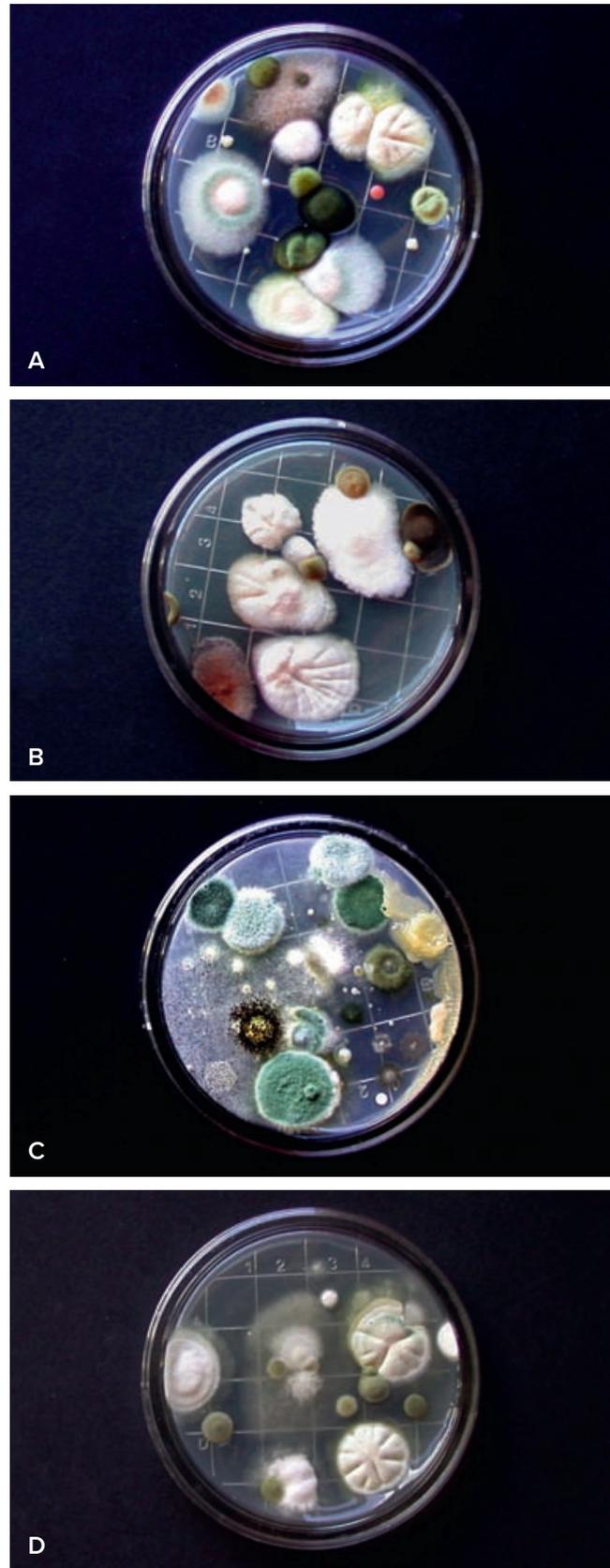


**Figura 8.** Contaminación microbiológica de atmósfera inerte de vitrinas filtrada a través de discos celulósicos. Vitrinas de los Faraones. A) *Aspergillus* spp. B) *Fusarium roseum*. La atmósfera filtrada retorna «limpia» a la vitrina. Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.

de microorganismos de superficie y sin abrir la vitrina (fig. 8). Es imprescindible conocer los parámetros ambientales para correlacionarlos con la carga microbiana analizada. Una vez identificados los microorganismos, puede establecerse la correlación entre especie detectada y volátil que emite, el cual es identificado por análisis químico. La atmósfera que ha pasado a través del filtro retorna a la vitrina libre de microbios, es por tanto un método de «limpieza».

Este sistema ha sido utilizado para evaluar la contaminación microbiológica ambiental en las vitrinas de las momias reales del Museo Egipcio de El Cairo. También, es importante analizar la calidad del aire en el exterior de las vitrinas, en la sala (con y sin visitantes), y en el exterior del edificio, para estudios comparativos (fig. 9). La cantidad de microorganismos detectados en el ambiente indica el impacto de las condiciones ambientales y la incidencia del número de visitantes. Asimismo, permite establecer el tiempo de mantenimiento de las vitrinas y el riesgo potencial de deterioro de las momias.

Existen vitrinas alternativas a las de gas inerte que poseen un sistema de ventilación, el cual permite la circulación del aire atmosférico a través de filtros, los cuales retienen los volátiles y microorganismos (Maekawa, capítulo 3.4). Con la circulación del aire filtrado disminuye la concentración de volátiles. Como consecuencia, la atmósfera de la vitrina «se limpia química y biológicamente». El flujo de ventilación no debe ser alto para evitar deshidrataciones en los tejidos de la momia, lo que podría ocasionar que afloraran sales. El sistema debe funcionar 24 horas al día. También se requiere un mantenimiento para reemplazar los filtros. El análisis biológico de los filtros nos indica el riesgo de biodeterioro de los restos humanos depositados.



**Figura 9.** A, B, C, D. Calidad del aire en el exterior de las vitrinas. Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.

### Sintetizando:

Un análisis microbiológico puntual solo indica el riesgo y grado de biodeterioro bajo unas condiciones concretas en el momento de la toma de muestras. Se aconseja un análisis semestral de calidad del aire cuando las condiciones ambientales presentan oscilaciones moderadas y una concentración leve de microorganismos. Trimestral, cuando las oscilaciones de T°C y HR% son excesivas en tiempos cortos y la carga microbiana elevada. Un análisis anual es suficiente, cuando los parámetros ambientales y el grado de contaminación son adecuados. El seguimiento de la evolución de los resultados es imprescindible.

### Microorganismos detectados con mayor frecuencia en el ambiente y en cuerpos momificados

Los microorganismos aislados de las momias están relacionados con la carga microbiana del aire a la que están expuestas. Existen microorganismos específicos difíciles de identificar, como bacterias anaerobias que proliferan en el interior de la momia en condiciones de anoxia, y que pueden contribuir a una rápida putrefacción cuando el contenido de humedad en el interior del cuerpo es elevado.

Los hongos que se han aislado con mayor frecuencia a partir de materiales momificados, momias egipcias, guanches y americanas (Valentín, 1992; 1998), corresponden a diferentes especies de los géneros de hongos: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Aureobasidium*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Memnoniella*, *Alternaria*, *Mucor*, *Scopulariopsis*, *Stachybotrys*, *Stemphylium*, *Rhizopus*, *Myrothecium*, *Monilia*, *Neurospora*. Levaduras como *Candida*, *Saccharomyces* y *Rhodotorula*. Entre las bacterias se describen especies: *Streptococcus pyogenes*, *Micrococcus cinereus*, *Micrococcus roseus*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*. Entre los microorganismos identificados se observan hongos y bacterias celulolíticas, cuyas enzimas deterioran las celulosas, y proteolíticos, cuyos metabolitos rompen las cadenas de proteínas. También pueden producir toxinas peligrosas para los humanos. La presencia de ellos, particularmente de especies de *Aspergillus*, y *Actinomyces* entre otros, exige medidas de prevención y vigilancia, como se expresa en el apartado de «Salud y prevención» incluido en este artículo.

Debe tenerse en cuenta que cada museo específico tendrá sus propias condiciones ambientales, sus

colecciones de momias determinadas y ecosistemas de organismos biológicos particulares. Las publicaciones señalan que en los museos europeos y americanos la contaminación microbiológica no varía mucho en tipos de especies, pero sí en intensidad de contaminación.

### Control de microorganismos del ambiente y de las colecciones. Limitar lo que más necesitan, el agua

La ventilación es una de las herramientas más efectivas y de bajo coste que podemos utilizar para disminuir la actividad de agua que requieren los microorganismos. Es una alternativa útil y segura al uso de biocidas.

Los edificios ubicados en climas templados y húmedos pueden adoptar un sistema de ventilación bien regulada para controlar el desarrollo de hongos y bacterias del aire. Un flujo de aire moderado y constante reducirá el exceso de humedad relativa ambiental. También disminuirá la actividad de agua de los materiales y estabilizará las oscilaciones bruscas de HR%. Como consecuencia minimizará la formación de humedades de condensación de superficie. El resultado será la parada de la multiplicación celular y decrecimiento de microorganismos. Por el contrario un flujo excesivo de aire, provocará la deshidratación de los materiales, y en caso de que estos tuvieran humedad podría producir afloramiento de sales.

La ventilación natural ha resultado favorable en gran parte de edificios de arquitectura popular y tradicional. No obstante, la entrada de aire húmedo o frío del exterior puede provocar desarrollo de microorganismos.

Actualmente, se ha implantado el uso del aire acondicionado que requiere cerramientos de salas y son costosos. Cuando el sistema de aire acondicionado posee un mantenimiento deficiente, se pueden desarrollar microorganismos que se dispersan por la red de conductos del sistema de aire acondicionado, con riesgo de ocasionar infecciones a las personas y a los bienes culturales.

La ventilación mecánica puede ser una alternativa al aire acondicionado; se ha aplicado en almacenes de museos y archivos expuestos a climas húmedos y templados, con resultados satisfactorios. Maekawa, en el capítulo 3.4, describe sus ventajas e inconvenientes. Ha sido ampliamente detallada en la bibliografía (Maekawa; y García, 2006).

Paralelamente, se ha demostrado que los microorganismos son buenos indicadores de las condiciones ambientales y de la eficacia de los sistemas de ventilación.

Estudios experimentales (Valentín *et al.*, 1997), indicaron que la contaminación ambiental se estabiliza en escasas semanas en una habitación experimental de 3,85 m<sup>3</sup>, con 21° C, 62 HR% y 2 renovaciones de aire/hora. La ventilación se estableció utilizando un compresor de aire industrial.

Asimismo, análisis microbiológicos de calidad del aire realizados en salas y almacenes de museos y archivos con ventilación mecánica han mostrado la eficacia del sistema para controlar la contaminación del aire sin necesidad de utilizar desinfectantes químicos (Valentín, 2007).

No obstante, la eficacia de cualquier sistema de ventilación depende de la combinación de temperatura-humedad relativa, número de renovaciones de aire por hora, disposición de los objetos y espacio ocupado en la sala por m<sup>2</sup>. El mobiliario no debe impedir la circulación de aire. El número de visitantes en las salas de exposición influye notablemente y debe ser controlado. El análisis microbiológico del aire puede ser correlacionado con el número de visitantes para establecer su

número y permanencia en las salas (Valentín; Muro; y Montero, 2010).

La principal limitación de los sistemas de ventilación mecánica, especialmente cuando se instalan en grandes salas o almacenes, es que las renovaciones del aire puedan tener lugar en todos los espacios de la sala que posean humedades. En los espacios donde no alcanza la ventilación pueden instalarse deshumidificadores de ayuda, calefactores o ventiladores de techo o suelo. A ser posible, en esas áreas los análisis de microorganismos son imprescindibles para mostrar la presencia de microclimas adversos y la eficacia de las medidas adoptadas (Maekawa, capítulo 3.4).

La ventilación en una sala puede estimarse a través del número de renovaciones de aire por hora (RA/h). Se calcula dividiendo el flujo volumétrico de aire (Q) por el volumen del espacio que se quiere ventilar (V).

$$RA = Q / V \text{ (m}^3\text{)}$$

Debe ir referido a unidad de tiempo.

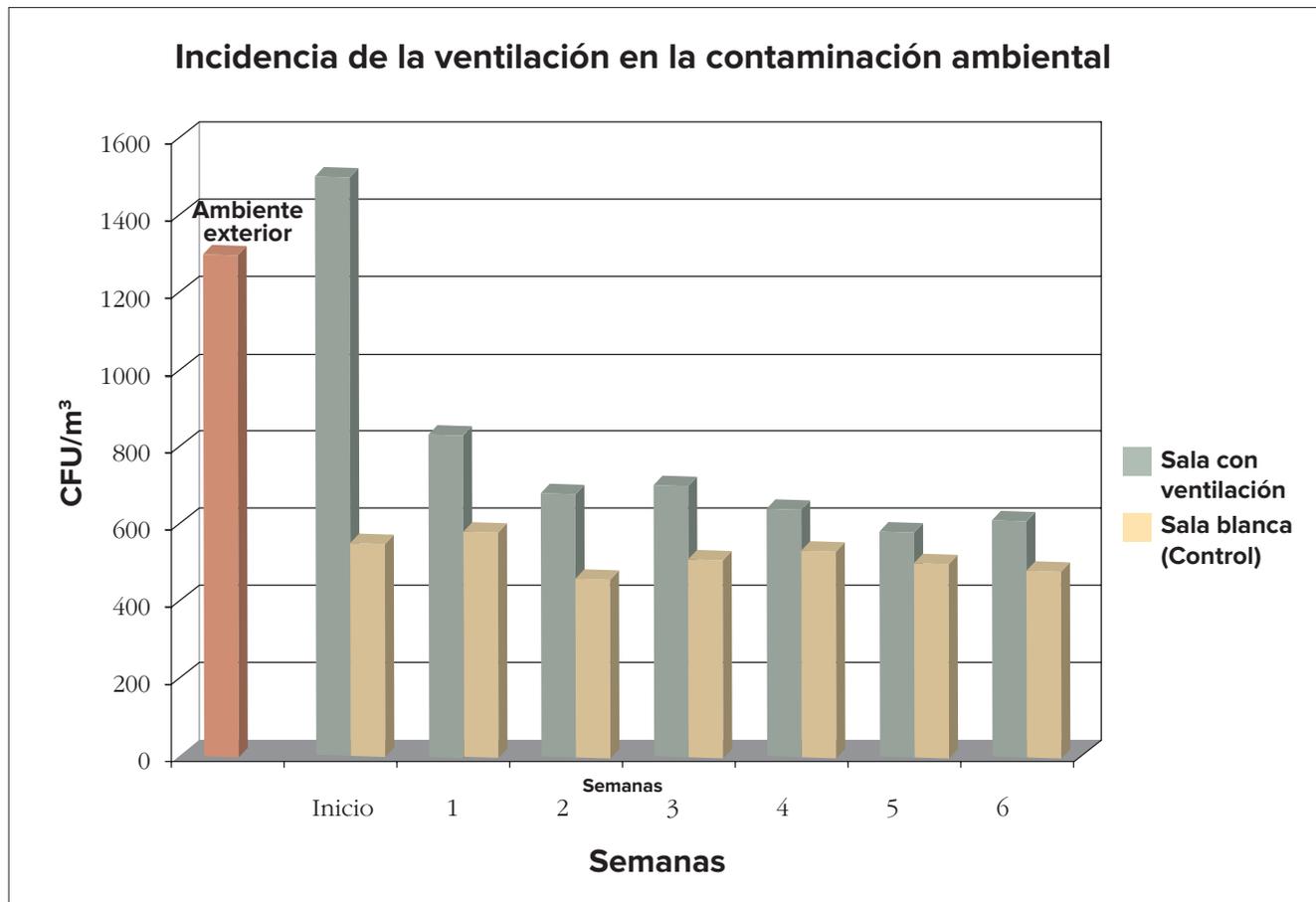
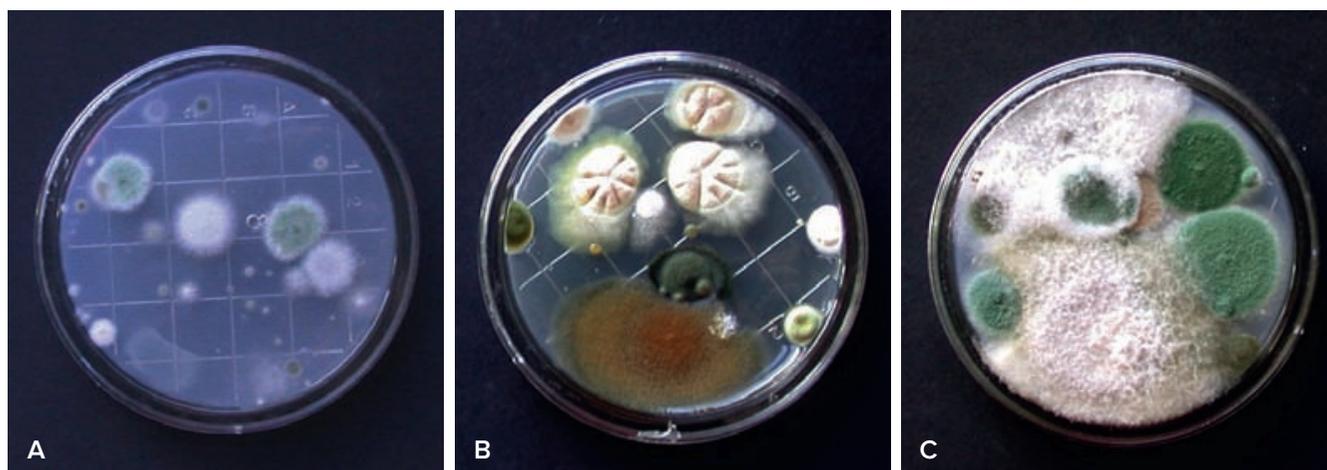


Figura 10. Decrecimiento de contaminantes microbianos en sala con ventilación.



**Figura 11.** A: Sala blanca. B: Sala de exposición con ventilación. C: Exterior del museo. Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.

Los efectos más beneficiosos de una ventilación bien regulada son:

- Minimiza las fluctuaciones bruscas de temperatura/humedad.
- Para la multiplicación celular y decrece la contaminación microbiológica.
- Minimiza la deposición de partículas de polvo.

110

También, cuando se establece un mecanismo de ventilación, es importante realizar análisis ambientales en el exterior del edificio y en la «sala blanca» (con las mejores condiciones ambientales), que servirá de referencia o de control. La figura 10 indica la incidencia de la ventilación en la carga microbiana de una sala de exposición. Se observa la contaminación ambiental en la «sala blanca» y en el exterior del museo. En el gráfico se aprecia la elevada contaminación que corresponde a la sala sin renovación de aire (inicio), y el efecto de la ventilación cuando se utiliza de forma ininterrumpida, 24 h/día durante 6 semanas. La figura 11 muestra el desarrollo fúngico y bacteriano del aire analizado.

La ventilación también reduce la actividad de agua de los soportes, consiguientemente, es un buen método para reducir la multiplicación de los microorganismos en los materiales históricos contaminados.

#### **En definitiva:**

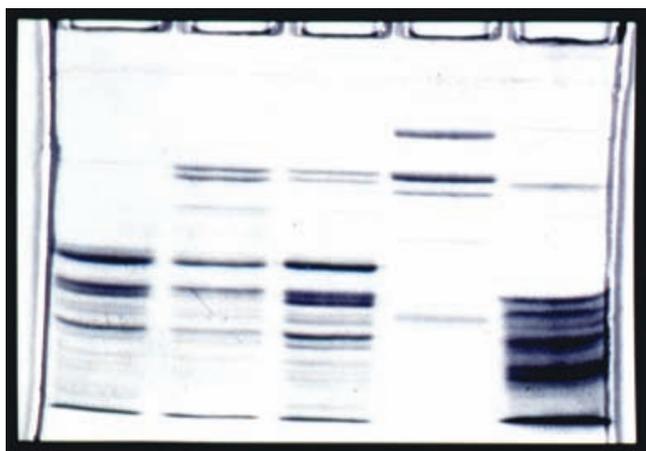
La ventilación es una de las mejores herramientas para minimizar las fluctuaciones bruscas de humedad relativa. Para y decrece el desarrollo de los microorganismos. El movimiento del aire disminuye la deposición

de polvo en la superficie de los objetos. No debe introducirse aire húmedo y/o frío del exterior al interior del edificio, ello implicaría una subida de la HR y de la carga microbiana ambiental.

#### **Otras técnicas de análisis y su incidencia en el biodeterioro**

La degradación de las proteínas de tejidos momificados puede ser debida a deficientes métodos y productos aplicados para la momificación y a los avatares sufridos por las momias en su estancia y recorrido por los museos. Existen diferentes técnicas analíticas que permiten determinar la eficacia de los tratamientos de momificación en la conservación y su relación con el biodeterioro.

Valentín *et al.* (1992) mostraron que la aplicación de la técnica que emplea electroforesis con geles de poli-acrilamida SDS-PAGE fue útil para evaluar comparativamente la degradación de proteínas pertenecientes a epitelio de momias egipcias, guanches y americanas. En el gel con micro-muestras de epitelio sometido a electroforesis, se observó que las proteínas con menor peso molecular, más fragmentadas (soporte más deteriorado), se depositaban en bandas en la base del gel. Las proteínas más pesadas, de mayor peso molecular, menos fragmentadas (menos deterioradas), se situaban en las zonas más altas del gel. Con relación a estos resultados (fig. 12), se pudo indicar que las muestras de epitelio de momias egipcias poseían proteínas menos fragmentadas, mejor conservadas que las correspondientes a las guanches y americanas. Ello parece confirmar que



**Figura 12.** Gel (SDS-PAGE). Columnas con bandas de proteínas correspondientes a micro-muestras de epitelio de momias. De izquierda a derecha: 1.ª guanche, 2.ª egipcia hombre, 3.ª egipcia mujer, 4.ª colágeno patrón, 5.ª americana prehispanica. Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.

comparativamente, los tratamientos de momificación egipcios con sales de natrón, bitúmenes, etc., han preservado mejor los restos humanos de los agentes físico-químicos y biológicos.

Para poder comprender las posibles causas de deterioro de materiales momificados es imprescindible, en algunos casos, la toma de micro-muestras y su correspondiente estudio. Durante los procesos de análisis, en algunos casos, estas micro-muestras serán destruidas, mientras que en otros podrán recuperarse. Existen además algunos equipos de análisis portátiles que permiten realizar *in situ* lecturas de datos sin la necesidad de tomar micro-muestras. No obstante, estas técnicas sin toma de muestra tienen limitaciones en la obtención de resultados y en la mayoría de los casos es inevitable la extracción de un pequeño fragmento. Las dimensiones de las micro-muestras suelen variar en función de las necesidades de análisis y de los interrogantes planteados con anterioridad. Normalmente con menos de 2-3 mm<sup>2</sup> suele ser suficiente. Por todos estos motivos es imprescindible realizar un planteamiento previo razonado con la participación de todos los profesionales implicados en el estudio/proyecto de conservación/intervención, para causar el mínimo deterioro y obtener los máximos resultados.

Las técnicas de análisis más habituales empleadas para el estudio de estas micro-muestras, y que permiten conocer su composición química, se mencionan en el capítulo 3.1.

Actualmente, el laboratorio de Análisis de Materiales del Instituto de Patrimonio Cultural de España, está comenzando a desarrollar investigaciones sobre la composición de materiales constitutivos de momias egipcias, incluyendo pigmentos de las mascararas funerarias, cartonajes, textiles de las vendas y sudarios, betún o bitumen. Para ello se utilizan técnicas de:

- Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).
- Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).
- Cromatografía de gases con espectrometría de masas (GC-MS).
- Microscopía electrónica de barrido con microanálisis mediante espectrometría por dispersión de energías de rayos X (SEM-EDXS).

Durante el proceso de estudio y análisis, las muestras también se observan al microscopio óptico y estereoscópico, se realizan tinciones y ensayos microquímicos.

En este contexto, los análisis de micro-muestras realizados por microscopia electrónica de barrido (Valentín *et al.*, 1992) a momias guanches (fig. 13 a), demostraron la presencia de abundantes sales de cloruro sódico en las pieles de animales que cubrían las momias, lo que indica que posiblemente eran lavadas con agua de mar (fig. 13 b). También explica que la contaminación biológica en esas pieles fuera menor que la observada en los epitelios de las momias. Tratamientos similares con agua de mar en momias americanas han sido descritos en el capítulo 4.1 (Cerezo *et al.*).

Las momias guanches se preservaban por deshidratación tal como expresa García en el capítulo 1.1; se cubrían con pieles de animales y se depositaban en cuevas o grutas. Los análisis realizados a micro-muestras de epitelio de las momias mostraron abundantes sales de sulfato cálcico, yesos, lo que puede ser debido a filtraciones de agua en los terrenos donde las momias fueron depositadas (fig. 13 c).

### Insectos en las momias y en el edificio. Control y erradicación de plagas

Los egiptólogos del siglo XIX mostraron un interés relevante en el aislamiento e identificación de insectos encontrados en los yacimientos y en las propias momias. Algunos autores describen insectos necrófilos



112

**Figura 13.** A) Momia guanche cubierta con piel de cabra. B) Alto contenido de cloruro sódico en piel de animal. C) Sulfato cálcico en epitelio de momia. Fotografías: Nieves Valentín y Miguel Jerez. Real Jardín Botánico.

identificados como *Necrobia mumiarium* o *Necrobia* de las momias (Moret, 1996). El embalsamamiento de las momias egipcias no evitó el ataque de coleópteros, que merced a la quitina de sus tegumentos han podido conservarse hasta el presente. Los dermestidos se reconocen como insectos «carroñeros o devoradores» de material proteico. *Dermestes frischii*, es un ejemplo detectado en momias egipcias. Algunos dermestidos fueron cuidadosamente tratados para preservarlos, ya que «nacidos de la sustancia del muerto eran partícipes de su viaje a ultratumba».

Los egipcios eran conocedores del efecto insecticida de la planta, concretamente de la *Nicotina tabacum* que fue utilizada para rellenar la cavidad abdominal de la momia de Ramses II. Con respecto a las momias egipcias, guanches y americanas el impacto de los insectos, dípteros y necrófilos, es descrito por Rufino –capítulo 3.2–, Díaz –capítulo 2.1– y Cerezo –capítulo 4.1–.

Las técnicas actuales de biología molecular, análisis de ADN, están aportando descubrimientos notables en el ámbito de la arqueo-entomología y su relación con la historia de las momias y su entorno.

### Los insectos en el museo

En el museo la infestación de los restos antropológicos suele estar ocasionada por las deficientes condiciones del edificio, que permiten el acceso de insectos desde el exterior hacia el interior de las salas, almacenes, vitrinas o contenedores con cerramientos inadecuados. Su desarrollo evoluciona con rapidez en los edificios con climatización adaptada al confort humano, debido a una temperatura estable y confortable también para los insectos durante todo el año.

Algunos autores consideran plaga a cualquier organismo que causa un deterioro en un material histórico. Desde este concepto, se podría considerar plaga un microorganismo, un insecto o un roedor. No obstante, actualmente se suele hablar de plaga excluyendo a los microorganismos. También, dentro del término plaga, es importante considerar el número de individuos y la extensión afectada. Si se trata de un objeto recién incorporado al museo, en el cual se detectan escasos ejemplares de insectos, por ejemplo 1-2 derméstidos, no se puede indicar que el objeto está afectado por una plaga de derméstidos.

Los insectos que habitualmente afectan a las colecciones de momias se relacionan con la composición de sus materiales constitutivos. En su identificación, se debe recurrir a su nombre científico y a la denominación popular. No obstante, en función de los países, los nombres comunes de los insectos varían ostensiblemente. En este capítulo se expresan los términos científicos y los comunes que se adoptan en España.

La tabla 1 muestra los insectos frecuentemente detectados en momias, sus vendas y ajuar. También se muestran los insectos más habituales (se indica hasta nivel de género) presentes en aislados de madera de vitrinas o del edificio, cartones y papel de cajas de almacenaje que, de forma secundaria, infestan asimismo, los restos antropológicos. Algunas de las imágenes más representativas se indican en las figuras 14 a-m.

### Tratamientos de control de microorganismos y erradicación de insectos por procedimientos no tóxicos

Actualmente, gran parte de los microbicidas e insecticidas que se utilizaban para erradicar el biodeterioro de



bienes culturales han sido prohibidos debido al peligro que representan tanto para la salud de las personas, como para la conservación de los bienes culturales y el medio ambiente. En el caso de las momias los productos más utilizados han sido: timol, ortofenilfenol, bromuro de metilo, pentaclorofenol, naftalina y para-diclorobenceno. Todos ellos han sido prohibidos por la normativa de la Comunidad Europea.

En el caso de los insecticidas la legislación es muy restrictiva. Autoriza los derivados de piretroides, per-metrinas que suelen ir preparadas con un sinergizante como el butóxido de piperonilo, que aumenta su eficacia. El producto se aplica en un disolvente orgánico

que facilita su disolución, aumenta la penetración en el material, el efecto residual y la toxicidad. Pueden aplicarse por nebulización, produciendo nieblas, por imprimación, o en forma de gel cuando se trata de piezas no históricas, puertas, ventanas o suelos. No obstante, su eficacia es limitada en cuanto a su penetrabilidad y tipo de insecto a eliminar. Se utilizan para combatir anóbidos, lictidos, lepidopteros y termitas de madera seca.

Los procedimientos de desinfección y esterilización por procedimientos físicos, como los rayos gamma, desnaturalizan el ADN de las momias, como indica Maekawa (capítulo 3.4). Otro efecto deteriorante

**Tabla 1. Insectos comunes en momias, ajuares y elementos expositivos de naturaleza celulósica**  
Se indican por orden decreciente de frecuencia de infestación en países mediterráneos analizados

Insectos frecuentes	Características	Materiales que deterioran
<b>Orden: Coleóptera</b>  <b>Familia:</b> <i>Dermestidae</i> <b>Géneros:</b> - <i>Anthrenus</i> - <i>Attagenus</i> - <i>Dermestes</i>	- Adultos de color negro o marrón, con tamaños de 1-3 mm de largo - Larvas alargadas, con vellosidades en la zona caudal ( <i>Attagenus</i> ), o rodeando todo el cuerpo ( <i>Anthrenus</i> ) - No se alimentan de madera pero las larvas pueden hacer orificios de 3-4 mm de diámetro para refugiarse en maderas próximas a las fuentes de alimento. En los túneles depositan mudas - Se les conoce como insectos carroñeros - Tienen una o dos generaciones al año, en función de las condiciones ambientales - Asociados al polvo y nidos de aves, palomas	- Proteicos: <i>Momias</i> <i>Plumería</i> <i>Cabellos</i> <i>Uñas</i> <i>Pieles</i> <i>Cueros</i> <i>Otros insectos muertos</i> <i>Textiles de lana y seda</i> <i>Materiales con hongos</i>
<b>Orden: Lepidóptera</b>  <b>Familia:</b> <i>Tineidae (conocidas como polillas en España)</i> <b>Géneros:</b> - <i>Tineola</i> - <i>Tinea</i>  <b>Familia:</b> <i>Oeconophoridae:</i> <b>Género:</b> - <i>Hofmannophila</i>	- Poseen un tamaño, 10-12 mm, originan orificios irregulares de 1-2 mm de diámetro - Los huevos pueden eclosionar después de sólo 7 días a la temperatura óptima para la especie, 25° C - Las tineolas son muy frecuentes, tienen un color blanco cremoso	- Textiles de seda, lana, algodón y lino (vendajes de las momias) - En general todos los soportes ricos en proteínas: <i>Pieles</i> <i>Pelo</i> <i>Cueros</i>
<b>Orden: Psocóptera</b>  <b>Familia:</b> <i>Liposcelididae</i> <b>Género:</b> - <i>Liposcelis</i>	- De pequeño tamaño, 1-2 mm. Antenas finas. Sin alas - Color claro. Aspecto transparente. Son buenos indicadores de un mantenimiento deficiente: alta humedad, escasa o nula ventilación y presencia de hongos, de los cuales se alimentan	- Aunque se les conoce como piojo de los libros, pueden afectar cualquier material orgánico con polvo y micelios de hongos
<b>Orden: Tisanuros</b>  <b>Familia:</b> <i>Lepismateae</i> <b>Géneros:</b> - <i>Lepisma</i> - <i>Thermobia</i> <i>(Pecelillos de plata)</i>	- El género más común es <i>Lepisma</i> - Color plateado. Posee largas antenas y tres apéndices en zona caudal. Produce erosiones superficiales - Les favorece la humedad y la oscuridad	- Proteicos: <i>Colas, adhesivos diversos</i> - Raspan la celulosa y la utilizan como refugio - Tanto las cucarachas como los lepismas prefieren materiales orgánicos ricos en almidones o dextrinas

Insectos frecuentes	Características	Materiales que deterioran
<b>Orden: Coleóptera</b> <b>Familia:</b> <i>Blattidae (cucarachas)</i> <b>Género:</b> - <i>Blatella</i> - <i>Periplaneta</i>	- Tamaño variable en función del área geográfica - Muy fértiles. Frecuentes en almacenes de museos húmedos y templados. Los daños que producen son erosiones superficiales, desgarros, orificios de perfil irregular	- Materiales orgánicos ricos en almidón - Son insectos asociados a suciedad en el edificio, áreas de comida, cafeterías
<b>Orden: Isoptera (Termitas)</b>  <b>Termitas subterráneas:</b> <b>Familia:</b> <i>Rhinotermitidae</i> <b>Género:</b> - <i>Reticulitermes</i>	- Ninfas u obreros, de color blanquecino. Soldados de cabeza pigmentada - Las mas frecuentes: termitas subterráneas y termitas de la madera seca  Termitas subterráneas: - Poseen adultos alados. Requieren escasa iluminación, les atrae la madera húmeda contaminada por microorganismos. Construyen sus nidos principales en el exterior, en la tierra, zonas ajardinadas, raíces de los árboles. Construyen túneles, por los que se desplazan. Se erradican con productos químicos, en sistemas de cebos, que inhiben la síntesis de la quitina y la formación de exo-esqueleto. Se consigue eliminar el nido principal de la colonia	Termitas subterráneas: - Atacan madera y todo tipo de material orgánico en general  Termitas de la madera seca: - Maderas blandas y textiles - Momias de áreas húmedas y templadas, de países americanos
<b>Termitas de madera seca:</b> <b>Familia:</b> <i>Kalotermitidae</i> <b>Géneros:</b> - <i>Kalotermes</i> - <i>Cryptotermes</i>	Termitas de la madera seca: - Sus nidos están ubicados dentro del edificio - Llegan a las salas, a través de madera infestada - Sus deyecciones, poseen gránulos gruesos con hendiduras. Se erradican igual que los anóbidos, con productos químicos, permetrinas, aplicados en forma de gel, por imprimación o nebulización	
<b>Orden: Coleóptera</b>  <b>Familia:</b> <i>Anobiidae</i> <b>Géneros:</b> - <i>Anobium</i> - <i>Xestobium</i> - <i>Stegobium</i> - <i>Nicobium</i> - <i>Lasioderma</i>	<b>Anóbidos:</b> - Adultos, color negro o marrón rojizo. Tamaño de 2-9 mm dependiendo de la especie. Pilosidad amarilla en élitros. Cabeza oculta bajo el torax (visión dorsal) - Larvas cremosas, con pequeñas espinas y gran actividad destructiva. 3-8 mm de longitud - Una o dos generaciones por año, según condiciones ambientales - Excreciones (serrín) con tacto granuloso. Granos con forma de limón. Orificios circulares de 2-4 mm	<b>Anóbidos:</b> - Maderas blandas, albura de coníferas (pino) y frondosas, del edificio, de las vitrinas - Textiles celulósicos
<b>Familia:</b> <i>Botrichidae</i> <b>Subfamilia: Lyctidae</b> <b>Género:</b> - <i>Lyctus</i>	<b>Lictidos:</b> - Los lictidos adultos tienen 3-6 mm. Cuerpo alargado Color marrón-negro. Protórax bien separado. Cabeza bien diferenciada, ojos visibles - Larvas de color cremoso sin espinas, con un orificio, espiráculo, en el último segmento. Forma de C - Excretan serrín de grano fino, con tacto harinoso. Huevos cilíndricos. Los adultos producen pequeños orificios circulares de salida, 1-2 mm. Son atraídos por la luz	<b>Lictidos:</b> - No atacan madera de pino, prefieren roble, olmo, fresno, álamo, bambú. Pueden infestar otros materiales con alto contenido en almidón - Frecuentes en maderas almacenadas
<b>Familia:</b> <i>Cerambycidae</i> <b>Género:</b> - <i>Hylotrupes</i>	<b>Cerambycidos:</b> - Adultos de color marrón-negro, o pardo-amarillo, largas antenas. Pilosidad grisacea - Larvas cremosas 7-15 mm, puede alcanzar hasta 20-22 mm - Adulto de 10-20 mm - Orificios ovales 7-10 mm - Ciclos largos de vida en estado de larva. Deyecciones en forma de barril de 2 mm de longitud - Muy resistentes a la anoxia y a los insecticidas	<b>Cerambycidos:</b> - Maderas blandas de pino, roble, de vitrinas y edificio. Textiles celulósicos como alternativa

## Lepidópteros



Figura 14 A. Estuches de *Tineola bisselliella*. Fotografía: Ismael González. Artelab.



Figura 14 B. Estuches y larva de *Tineola bisselliella*. Fotografía: Ismael González. Artelab.



Figura 14 C. *Tineola bisselliella*. Fotografía: Ismael González. Artelab.



Figura 14 D. Emergencia de *Tineola bisselliella* y ejemplar adulto. Fotografía: Ismael González. Artelab.

116

## Derméstidos



Figura 14 E. *Anthrenus verbasci*. Fotografía: Ismael González. Artelab.



Figura 14 F. Larva de *Anthrenus* spp. Fotografía: Ismael González. Artelab.



Figura 14 G. Adulto *Attagenus* spp. Fotografía: Ismael González. Artelab.



Figura 14 H. Mudas. Antiguas larvas de *Attagenus*. Fotografía: Ismael González. Artelab.

## Termitas



Figura 14 I. Termita obrera. Fotografía: Ismael González. Artelab.



Figura 14 J. Adultos. Potenciales reproductores. Fotografía: Ismael González. Artelab.

## Carcomas comunes



Figura 14 K. *Anobium punctatum*. Fotografía: Ismael González. Artelab.



Figura 14 L. *Lyctus bruneum*. Fotografía: Ismael González. Artelab.



Figura 14 M. *Hylotrupes* spp. Común en madera de pino. Fotografía: Ismael González. Artelab.

de los rayos gamma, es el incremento inicial de la resistencia de los materiales tratados; no obstante, con el tiempo se acelera el envejecimiento de las proteínas y celulosas de las vendas. Los métodos como el choque térmico por alta temperatura o la aplicación de microondas son deteriorantes para los materiales antropológicos. Dentro de los procedimientos físicos el menos agresivo, para eliminar insectos en materiales antropológicos, es el choque térmico por congelación, el cual se describe en este capítulo.

### *Tratamientos con atmósferas de baja concentración de oxígeno. Gases inertes*

Hasta el presente, es el procedimiento más seguro y eficaz para erradicar los insectos en los bienes culturales. Se le conoce como tratamiento de anoxia. El término anoxia, sin oxígeno, no es estrictamente correcto ya que no es posible reemplazar totalmente el oxígeno en las estructuras de los materiales por un gas inerte; no obstante, se utiliza habitualmente esta denominación por ser un término corto y de fácil

comprensión. El gas inerte más utilizado es el nitrógeno.

El gas nitrógeno forma parte del aire atmosférico (78%), no es tóxico, es económico, de fácil suministro, y por su propia naturaleza, inerte, no altera las propiedades físico-químicas de los materiales tratados. El efecto de las bajas concentraciones de oxígeno sobre poblaciones de insectos xilófagos, son eficaces para eliminar el 100% en todas las fases del ciclo biológico de insectos expuestos a diferentes condiciones ambientales (Valentín, 1993; Maekawa; y Elert, 2003). La combinación apropiada de humedad relativa y temperatura puede favorecer la mortalidad y acortar el tiempo de tratamiento. La HR% alta protege a los insectos, por ello las condiciones más adecuadas para su erradicación son: 20-22° C y 40-50% RH (si lo permite el material histórico) y una concentración de oxígeno lo mas baja posible, 0,1%. Cada especie de insecto requiere un tiempo de tratamiento determinado. La figura 15 muestra los tiempos requeridos para

eliminar diferentes especies tratadas con nitrógeno a temperaturas crecientes.

En muchas instituciones, las atmósferas de nitrógeno se utilizan para desinsectaciones rutinarias de bienes culturales. Se considera un método idóneo para tratar materiales muy delicados, colecciones de plumería, momias, pinturas, maderas policromadas. Las atmósferas inertes de bajo contenido en oxígeno son adecuadas para vitrinas herméticas en las que se depositan objetos de gran valor cultural, durante periodos muy largos de tiempo (Maekawa, capítulo 3.4).

El procedimiento de aplicación consiste en aislar los objetos en bolsas o burbujas de plástico de alta barrera, termoselladas. En ellas, se reemplaza el aire por un gas inerte (nitrógeno), creando una atmósfera de bajo contenido en oxígeno o (inferior a 0,1%). El nitrógeno, se aplica con una temperatura y humedad relativa favorable para la conservación de los materiales históricos, y mortal para la vida de los insectos. Su

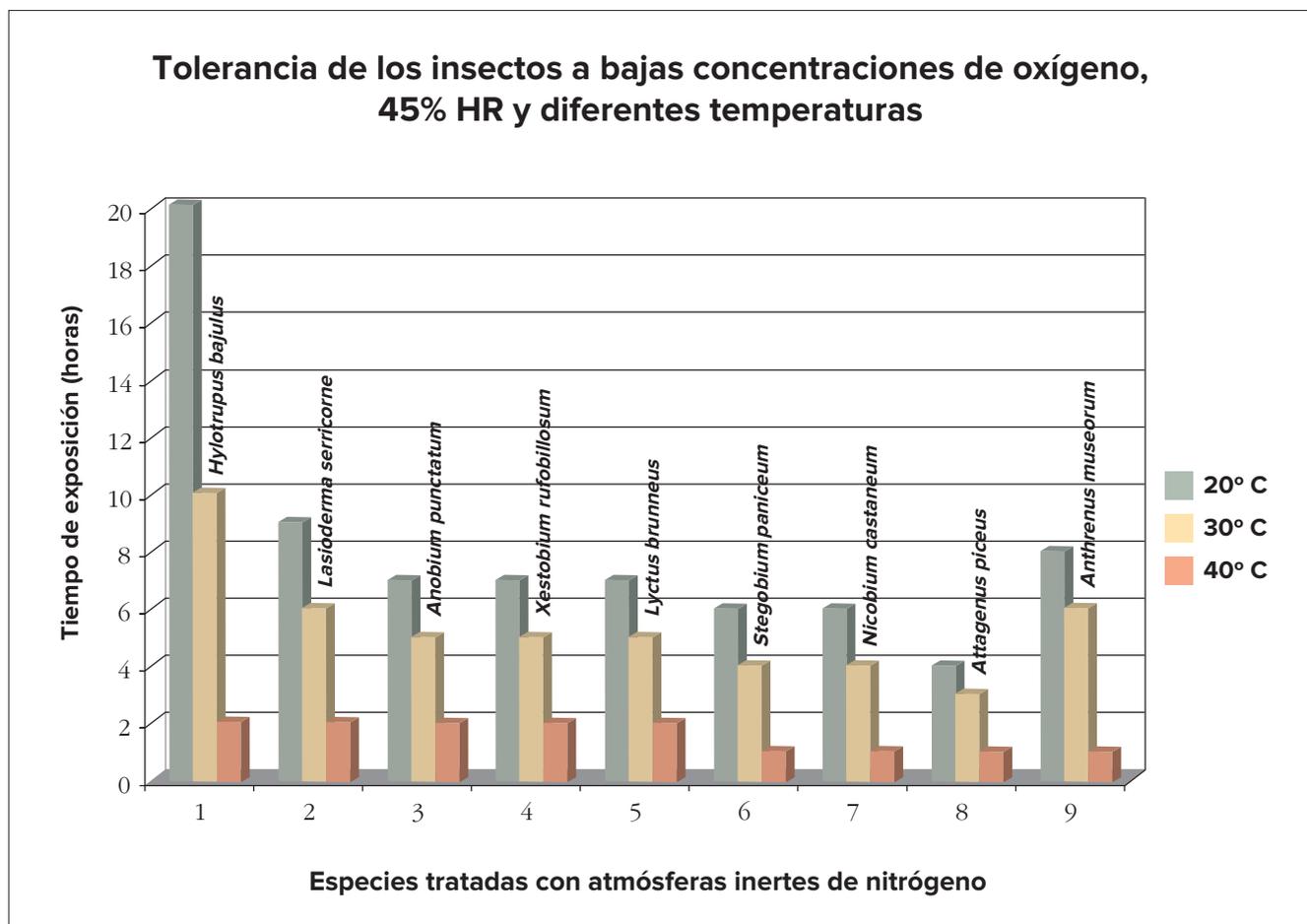


Figura 15. Tiempo de tratamiento para eliminar el 100% de especies de insectos a 45% RH y temperaturas crecientes en un rango de 20-40° C.



119

mayor ventaja radica en que los tratamientos pueden llevarse a cabo *in situ*, sin necesidad de transportar el objeto hasta la sala desinsectación. La duración del tratamiento depende del tipo de insecto a tratar, de las condiciones ambientales en las que se realiza el tratamiento y de las características del material a desinsectar. La fuente de nitrógeno puede ser una botella de nitrógeno ( $N_2$ ) de alta pureza, o un tanque de nitrógeno líquido que se transformará en gas. Actualmente, se utilizan generadores de nitrógeno acoplados a un compresor de aire y a un equipo de humectación del gas. Estos aparatos pueden trabajar en flujo continuo durante meses y con una pureza de 99,999% de  $N_2$  (Valentín *et al.*, 2002).

En ocasiones, en vez de nitrógeno se ha utilizado un gas noble, argón. Investigaciones al respecto indican que utilizando el gas argón, la erradicación de los insectos es más rápida en algunas especies que cuando se utiliza gas nitrógeno. El gas argón es la atmósfera más estable que podemos aplicar a un bien cultural. No obstante, debido a su alto coste, solo se

ha utilizado en vitrinas que van a contener objetos muy delicados a largo plazo (Valentín, 1993; 1998).

Para desinsectaciones rutinarias el nitrógeno es más asequible y fácil de suministrar. Además, actualmente, el uso de generadores de nitrógeno conectados a burbujas o cámaras descarta la necesidad de utilizar gas argón para desinsectaciones. Los generadores de argón serían inasequibles y no están disponibles para los usos descritos. Los procedimientos de anoxia son ineficaces cuando la temperatura es inferior a  $18^\circ C$ . A baja temperatura los insectos entran en diapausa (latencia), minimiza la respiración y es muy difícil eliminarlos.

Las figuras 16 a, b y c muestran el biodeterioro por microorganismos e insectos (derméstidos) de una momia egipcia en vitrina inadecuada que le provocó el biodeterioro. La desinsectación con gas argón y el diseño de una vitrina alternativa de gas inerte (Mae-kawa, 1998) se indica en las figuras 17 y 18.



Figura 16. A, B, C. Momia egipcia con alta contaminación debido a humedades de condensaciones frías. Fotografías: Nieves Valentín. IPCE.



Figura 17. Desinfección y desinsectación con gas inerte, argón. Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.



Figura 18. Vitrina con atmósferas de baja concentración de oxígeno. Diseño de Maekawa (1998). Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.

### ¿Se puede utilizar la anoxia para el control de microorganismos?

Es un procedimiento delicado que requiere mucha atención y que debe ser realizado por personal experto. Es necesario aplicar un protocolo adaptado a cada material histórico. No obstante, en caso de infecciones masivas y graves, es preciso recurrir a germicidas autorizados.

Los gases inertes pueden ser utilizados para parar y decrecer la contaminación microbiana. No obstante, es preciso utilizar un riguroso control de la humedad relativa y un flujo de nitrógeno determinado y constante. El tratamiento combina las bajas concentraciones de oxígeno y un flujo de nitrógeno aproximado de 1 litro/minuto, aplicado con una humedad estable que debe fijarse en un rango de 40-45%, en el caso de las momias. Como es sabido, los hongos ambientales que afectan a las colecciones de naturaleza orgánica necesitan oxígeno y una humedad superior al 60% para su desarrollo. Las

bacterias aún necesitan mayor HR%. Por ello, cuando descienden ambos parámetros –concentración de oxígeno menor del 1% y HR en rangos 40-45%– dejan de multiplicarse y no excretan metabolitos. Las bacterias anaerobias viven sin oxígeno, pero también necesitan humedades superiores al 80% para su desarrollo, por lo que el descenso de HR% detiene igualmente su desarrollo. Trabajos realizados con muestras de pergamino y cuero (Valentín; Lidstron; y Preusser, 1990; Valentín, 1992), muestran la estabilización del desarrollo microbiano a concentraciones de oxígeno del 0,1%, 45% HR, en solo 30-40 horas de tratamiento (fig. 19).

La figura 20, muestra el tratamiento de desinfección y desinsectación de una momia egipcia con gas inerte suministrado por un generador de nitrógeno, conectado a un sistema de humectación. Cuando se trata un proceso de control de microorganismos, se debe instalar un recipiente (vaso) con un líquido desinfectante a la salida del gas nitrógeno. El vaso llevará una cubierta perforada para

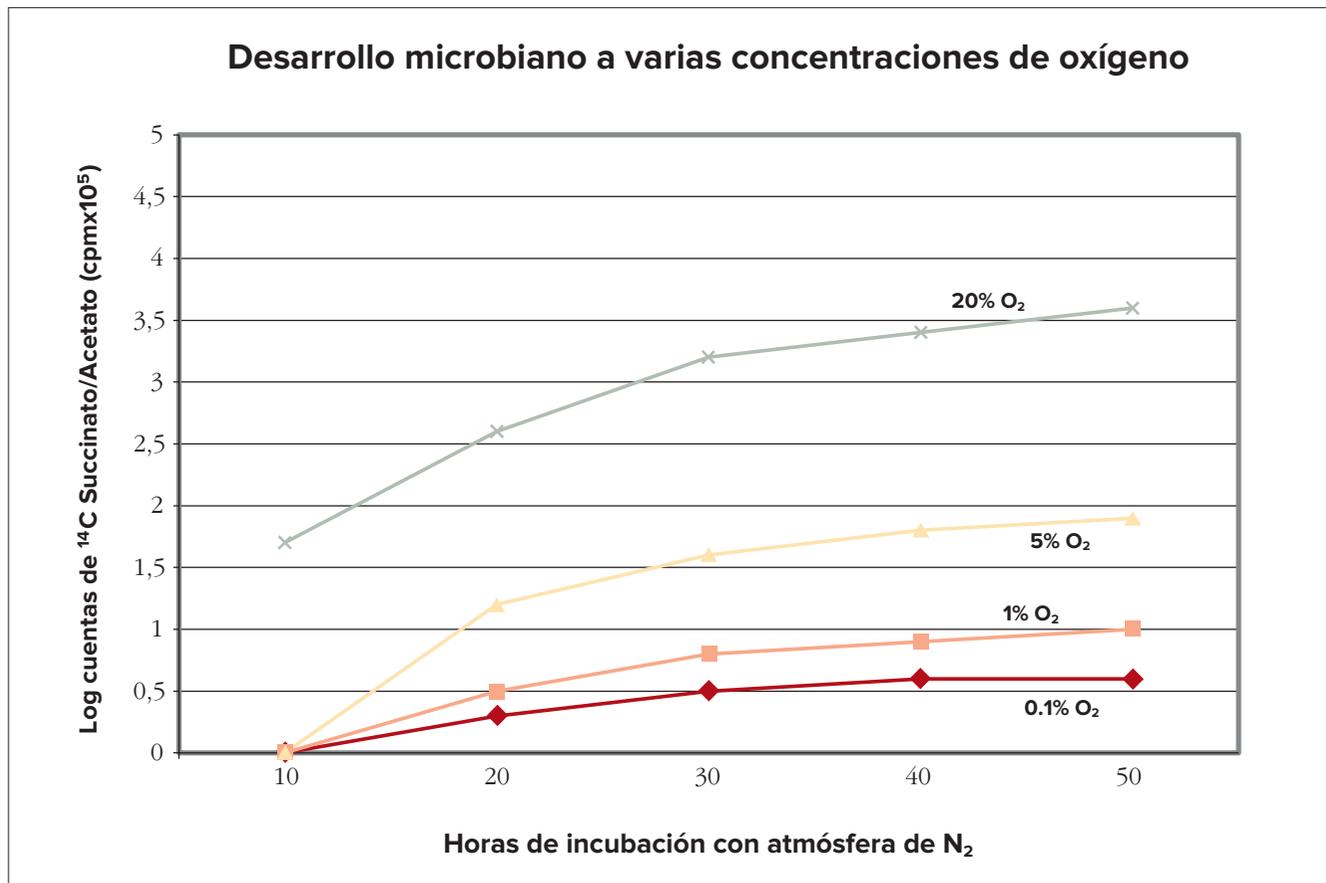


Figura 19. Estabilización del desarrollo microbiano en atmósferas de nitrógeno, a 45% HR, 20° C y 0,1% de oxígeno.



122

**Figura 20.** Desinfección y desinsectación de momia con generador de nitrógeno: A) Momia egipcia. B) Válvula en burbuja de alta barrera. C) Barboteo de nitrógeno de salida en desinfectante. Vaso con cubierta perforada. D) Termohigrómetro instalado en burbuja. E) Generador de nitrógeno con humectador conectado a burbuja. Fotografías: Nieves Valentín. IPCE.

liberar el gas desinfectado (fig. 20 c). Una alternativa sería instalar a la salida del gas un filtro Millipore® para retener microorganismos. Con ello se trata de evitar que el gas contaminado, que sale de la burbuja a la sala, pueda ser respirado por los trabajadores, causando infecciones. Un tratamiento inadecuado, con baja HR o exceso de flujo de nitrógeno, puede deshidratar la momia en exceso, o en el caso contrario provocar el desarrollo de bacterias anaerobias, por mantener exceso de agua en el cuerpo de la momia. También se pueden ocasionar sobrepresiones en la burbuja al instalar el vaso con líquido desinfectante.

**En resumen:**

El control de microorganismos con gases inertes y baja HR, requiere: concentración de oxígeno en un rango

de 0,3-0,5%, 18-22° C, y 40-45% RH. El tratamiento debe realizarse con un flujo de nitrógeno continuo, su caudal se fijará en función del tamaño y la humedad que posea el cuerpo de la momia.

**¿Y después del tratamiento con atmósferas inertes?**

La anoxia para y decrece el desarrollo microbiano, «controla» pero no esteriliza, por lo que debe aplicarse con precaución en el caso de contaminaciones fúngicas. Finalizado el tratamiento debe procederse a un tratamiento de limpieza de la momia. Si las momias presentaran manchas blanquecinas u oscuras con micelios de hongos, puede procederse según los siguientes pasos:

- a) Estabilización del ambiente donde está depositado el material antropológico.



Figura 21. Análisis de la concentración de oxígeno en burbuja con momia egipcia infantil. Fotografía: Jonás Bell.

123

- b) Aplicar etanol al 70% con un hisopo o por nebulización en las áreas con micelios. El etanol es muy volátil, lo cual es positivo, pero puede deshidratar el soporte. En ocasiones en vez de etanol se utilizan antibióticos (antimicóticos) del tipo fluconazol, o miconazol; no obstante, su espectro antimicrobiano es pequeño en relación a los contaminantes ambientales. Debe comprobarse que no altera el pH del soporte, ni el color.
- c) Microaspiración suave, cuando lo permita el estado de conservación de la momia con aspiradores provistos de filtros de alta eficiencia para partículas, que puedan retener depósitos de polvo e hifas de hongos (Rufino, capítulo 3.2).
- d) En caso de que haya insectos muertos deben eliminarse, de lo contrario se hidratarán contaminándose de hongos y las piezas se reinfectarán.
- e) Las momias tratadas deben ubicarse en su vitrina o caja de embalaje, con unas con-

diciones ambientales controladas (Maekawa, capítulo 3.4).

#### *Desinsectación con bajas concentraciones de oxígeno por medio de absorbentes químicos*

Cuando se utilizan absorbentes de oxígeno y absorbentes de humedad en un espacio herméticamente cerrado el proceso de biodeterioro se detiene.

Los absorbentes de oxígeno son sales de hierro que capturan el oxígeno ocasionando una baja concentración del contenido de oxígeno del aire, suficiente para eliminar los insectos. No obstante, es necesaria una humedad mínima del 30-40% para activar la reacción de la sal de hierro y una concentración del producto en función del tamaño de la pieza a tratar. La reacción química que se produce al activarse la sal de hierro es exotérmica, lo que se manifiesta por una subida de temperatura que dura entre 10 y 15 minutos. Como consecuencia, un exceso de absorbente de humedad puede ocasionar condensaciones

de agua en el interior de la burbuja, lo que provocaría el desarrollo de bacterias anaerobias. Por ello, debe utilizarse la cantidad correcta. Nunca deben depositarse los absorbentes de oxígeno en contacto con el soporte histórico.

Son útiles para eliminar insectos en objetos muy porosos, textiles, momias o colecciones de plumería. Los bienes culturales deben estar depositados en un espacio cerrado, como las vitrinas herméticas o burbujas de plástico de alta barrera. En este caso, no es necesario recurrir al nitrógeno para producir la anoxia, ya que la baja concentración de oxígeno se consigue con el absorbente. Al evitarse el oxígeno se reduce el riesgo de foto-oxidación y de corrosión.

Para burbujas o vitrinas de tamaño superior a 1 m<sup>3</sup> el absorbente de oxígeno no es recomendable, porque es difícil disminuir la concentración de oxígeno en grandes volúmenes. Nunca se debe instalar en contenedores de plástico que no sean de alta barrera, ya que entrará el oxígeno del aire de la sala y se inactivará en breve tiempo.

### *Congelación para desinsectar*

Los insectos se han eliminado por congelación con frecuencia. No obstante, los restos antropológicos son delicados y solo se aconseja en emergencias y por personal especializado. Para ello, es imprescindible envolver la momia en un plástico (no es preciso que sea de alta barrera), para evitar deshidratación o condensaciones por un posible calentamiento. La bajada de temperatura debe ser brusca, de otro modo los insectos pueden aclimatarse y entrar fase de latencia. Muchas especies son tolerantes a temperaturas muy bajas. *Cryptotermes* (termita de madera seca) soporta temperaturas próximas a los -35° C, por ello se debe someter la pieza afectada a una temperatura de -40° C durante 15 días (Strang, 1992). Los congeladores idóneos son los que alcanzan los -40° C. Aquellos que solo llegan a -10° C, frecuentemente usados, son más económicos pero no son eficaces. La congelación no elimina los microorganismos, solo ralentiza y detiene su desarrollo. El mayor peligro con este procedimiento radica en los altos riesgos de infección microbiológica cuando las momias congeladas se trasladan a una sala a condiciones ambientales. Al ser «descongeladas»,

pueden sufrir hidrataciones y rápido desarrollo de hongos y bacterias.

### *Aplicación de extractos naturales*

La literatura (Cano *et al.*, 2008) muestra que ciertas plantas con propiedades medicinales, inhibitoras de microorganismos eran usadas en diferentes tratamientos de momificación. Algunas momias reales del Museo Egipcio de El Cairo fueron tratadas con aceite de cedro rojo, como ha demostrado Maekawa (capítulo 3.4).

Actualmente, el uso de extractos de plantas para repeler insectos y controlar el desarrollo microbiano está ampliamente documentado en el ámbito de la medicina y de la agricultura. No obstante, en el área de patrimonio es precisa una adecuada validación de estos productos, para que puedan ser aplicados en la conservación de los bienes culturales. Diversos proyectos de investigación están siendo desarrollados actualmente, para aportar soluciones de bajo coste, eficaces y apropiadas a cada país, con el objetivo de prevenir y/o tratar el biodeterioro de colecciones históricas.

### **Biocidas convencionales**

Cuando los materiales antropológicos se encuentran muy afectados por colonias de microorganismos abundantes, activas, y desarrollándose sobre un soporte húmedo (momias en estado de putrefacción), es necesario recurrir a un tratamiento químico de desinfección-esterilización. Algunos autores recomiendan el uso de sales de amonio cuaternarias.

La aplicación de productos tóxicos tiene que ser realizada en campana o espacios con evacuación de gases tóxicos. El personal que realice este trabajo tiene que estar protegido, con máscara provista de filtro adecuado al producto que aplique, gafas apropiadas, bata y doble guante, de algodón y vinilo o látex (Rufino, capítulo 3.2).

Es importante consultar la ficha internacional de seguridad para cada producto, y tener en cuenta:

TLV = Valor límite umbral. Cuanto menor es este parámetro, mayor peligrosidad.

REL = Límite de exposición recomendado.

EV = Tasa de evaporación. Cuanto más rápido evapora será menos peligroso.

CHH = Peligro de enfermedad crónica.

## El edificio con plagas de insectos

Cuando se detectan problemas de deterioro en patrimonio, incluyendo casos de desastre –inundaciones, fuegos, terremotos– se aconseja abordar 5 etapas (Michalski, 1994), que son útiles también para actuar en caso de impacto de plagas. Se resumen en:

- 1) Evitar.
- 2) Detener o bloquear.
- 3) Detectar.
- 4) Actuar.
- 5) Tratar-recuperar.

Podría añadirse una 6.<sup>a</sup> etapa: mantener a largo plazo.

En el caso de infestaciones en edificios, existe una amplia bibliografía sobre control integrado de plagas (Simmons; y Muñoz-Saba, 2005). Los puntos a seguir incluirían:

### Medidas inmediatas:

- Identificación de la plaga. Determinar y localizar su actividad en el edificio.
- Aislar los objetos históricos con infestación para proceder a su tratamiento como se ha indicado previamente.
- Proteger a los materiales más susceptibles de infestación.

### Planificar y priorizar, para establecer una rutina de trabajo que implique:

- Registrar las condiciones ambientales (monitoreo).
- Corregir. Modificar las condiciones ambientales para detener el desarrollo de las plagas. Favorecer la ventilación y la limpieza.
- Instalar barreras físicas. Telas metálicas o mallas de material textil sintético o inerte. Sellar fisuras y huecos. Eliminar nidos y depósitos de suciedad.
- Instalar trampas estratégicamente cerca de ventanas y puertas, en interiores de vitrinas, armarios, cajas, nunca en contacto con los materiales históricos. Las trampas adhesivas son las más económicas.

### En caso de que se trate un caso grave y persistente de plaga en el edificio:

- Aplicar un tratamiento de ambiente y de superficies. Cuando se recomienda un insecticida, debe elegirse un producto autorizado con el menor impacto posible en la salud. Evitar los tratamientos masivos e indiscriminados. Raras veces la infestación ocurre en el 100% del edificio.
- Analizar el entorno. Puede ser la causa. Estudiarlo.

### Posteriormente al tratamiento químico:

- Proceder a una limpieza exhaustiva. Evitar depósitos de polvo.
- Evaluar de forma periódica los resultados.
- Siempre documentar.
- Formar a todos los trabajadores y difundir al público.

Una buena gestión que implique limpieza-mantenimiento-inspección, es la mejor herramienta para el control de plagas.

## Salud y prevención

Las momias ubicadas en los yacimientos han estado durante largos periodos de tiempo en condiciones estables, en ausencia de oxígeno. Cuando salen al exterior, se hidratan fácilmente y pueden sufrir un incremento del contenido de agua, lo que provoca el desarrollo inmediato de microorganismos; muchas de cuyas especies producen toxinas que representan un riesgo para la salud de las personas que manipulan los restos. Este problema se acentúa cuando las momias se trasladan al museo y se exponen a unas condiciones desfavorables en salas y almacenes.

Con relación al desarrollo de hongos en materiales antropológicos existe una amplia variedad de especies que producen micotoxinas. Son sustancias tóxicas que sobreviven más tiempo que los hongos en un material. Las micotoxinas pueden penetrar por vía dérmica y fijarse en tejidos ricos en grasas (hígado principalmente). Son tóxicas al sistema inmune.

Las bacterias también producen toxinas que penetran a través de la piel o pueden ser inhaladas, absorbiéndose por las mucosas. *Streptomyces griseus* es

una bacteria que produce valinomicina, altamente lipofílica y que aunque tiene actividad antibiótica favorece la salida de potasio de las células. *Bacillus cereus* asociado al polvo produce una toxina, cereulide, semejante a la valinomicina. Las toxinas se eliminan de los materiales históricos con una adecuada limpieza de los mismos. Los hongos además de micotoxinas, emiten compuestos orgánicos volátiles tóxicos, que pueden contribuir al desarrollo de enfermedades.

El polvo acumulado en salas o en almacenes de museos lleva microorganismos que pueden ser nocivos, especialmente si la humedad es elevada y la ventilación deficiente. Los géneros de hongos más frecuentes asociados al polvo son: *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Paecilomyces*, *Botrytis Stachybotrys*, *Phoma*, *Aureobasidium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Epicoccum*, *Geotrichum Ulocladium*, *Trichoderma*, *Mucor*, *Rhizopus*. Entre las bacterias, se encuentran mayoritariamente los actinomicetos y *Bacillus*. Todos ellos son potenciales alérgenos.

En los edificios con problemas de contaminación debe tenerse en cuenta:

- La carga microbiana del aire, debe ser cuantitativamente menor en el interior del edificio que en el exterior, pero cualitativamente similar.
- La presencia de niveles significativos de una especie de hongo en el aire interior, pero no detectado en las muestras exteriores, debe ser investigado.
- La persistencia de mohos toxigénicos como *Stachybotrys atra*, *Aspergillus versicolor*, *Aspergillus niger* y *Aspergillus fumigatus* en cantidad significativa, requiere estudio y acciones correctivas.
- Una cifra superior a 50 CFU/m<sup>3</sup> de hongos de una sola especie, distinta de los hongos comunes que crecen en el exterior, debe investigarse. Valores superiores a 200 CFU/m<sup>3</sup> de hongos y 800 CFU/m<sup>3</sup> de microorganismos totales en el interior de una sala requiere medidas correctoras.

### Efectos de los microorganismos sobre la salud

Las enfermedades más frecuentes relacionadas con hongos son: dermatitis, rinitis, bronquitis alérgicas, asma, aspergilosis (por exposición a *Aspergillus*) bronco-pulmonar, pneumonitis y alergias diversas, neumonitis por hipersensibilidad, cáncer debido a



Figura 22. *Fusarium roseus*. Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.

micotoxinas carcinogénicas, alteraciones del sistema inmunológico por micotoxinas inmunosupresivas, inflamaciones de mucosas y tejidos diversos –debido al impacto del  $\beta$ -1,3-glucano (compuesto de la pared celular de los hongos)–, e irritación debida a volátiles fúngicos como por ejemplo compuestos alcohólicos. *Fusarium*, hongo común en archivos y bibliotecas (fig. 22), y también detectado en la atmósfera de las vitrinas de los faraones del Museo de El Cairo, puede ocasionar queratomycosis en la cornea del ojo. Algunas especies del hongo *Fusarium* pueden producir toxinas que no son destruidas en el proceso de cocción, tales como vomitoxina que, como su nombre sugiere, causa generalmente vómitos y otros compuestos como la fumonisina, que puede causar graves patologías, también genera un agente utilizado en la guerra química, la fusariotoxina, llamada toxina T2.

Entre los microorganismos identificados, *Aspergillus niger* (fig. 23), es un hongo patógeno que ha sido aislado con alta frecuencia, de momias egipcias y de sus sarcófagos, también de momias guanches. La «maldición de los faraones», ha sido atribuida a infecciones producidas por *Aspergillus*, en muchos casos, *Aspergillus niger*, que puede provocar aspergilosis, con episodios de fiebre e inflamación de las vías respiratorias. Algunos microbiólogos también asocian la «maldición» con *Aspergillus fumigatus*, hongo menos frecuente pero que puede ser más nocivo. *Aspergillus niger* es un hongo ambiental, detectado en depósitos de archivos y bibliotecas con escaso mantenimiento,



Figura 23. *Aspergillus niger*. Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.

polvo y alta humedad, por lo que el colectivo de archiveros, bibliotecarios y restauradores ha podido estar expuesto al mismo hongo. No obstante, por fortuna, actualmente la aplicación de antibióticos debilita el efecto de la «maldición». Todo ello implica la necesidad de identificar por técnicas de biología molecular, identificación del ADN, los microorganismos relacionados con los faraones y sus tumbas. La enfermedad conocida por los arqueólogos como «sarna copta», por la que aparecían eczemas en la piel de las manos, brazos y pies, también está atribuida a hongos y actinomicetos.

Es conocido que, aún hoy día, los conservadores, restauradores, arqueólogos se infectan al realizar sus trabajos, tal vez por no utilizar las debidas medidas de seguridad (Salkinoja-Salonen; Peltola; y Andersson, 2003). La confirmación que prueba que los síntomas que sufren son debidos a hongos y no a otro agente, la pone de relieve las investigaciones realizadas por médicos alergólogos. En los análisis a pacientes se observa, que la inoculación en bajas concentraciones de los hongos descritos ocasionan respuestas detectables en la dermis, epidermis, en el aparato respiratorio y sistema inmunológico.

### Prevención

Las medidas de prevención en materia de salud, deben estar contempladas en todos los planes y normas de conservación en edificios de interés cultural. Se incluyen:

- Mejorar la ventilación natural.
- Optimizar los sistemas de ventilación de los edificios y su mantenimiento (tasa de renovación del aire debe ser mayor de 10 litros /seg/ persona).
- Corregir problemas de humedades de capilaridad y de condensación.
- Evitar materiales que emitan componentes volátiles; moquetas y alfombras, maderas tratadas, siliconas.
- Limpieza adecuada de los edificios y mobiliarios. No utilizar vías húmedas en caso de bruscas oscilaciones termo-higrométricas. Usar aspiradores. Evitar la deposición de polvo.
- Disponer de espacio suficiente para depositar los objetos
- Ubicar equipos de conservación y restauración en áreas con adecuada ventilación.
- Controlar la temperatura, humedad, iluminación y ventilación.
- Utilizar mascarillas adecuadas. Debido a su tamaño (2-10  $\mu\text{m}$ ) muchos conidios, esporas, pueden penetrar en el sistema respiratorio. Las mascarillas deben tener un tamaño de poro inferior a 2  $\mu\text{m}$ . Las partículas > 10  $\mu\text{m}$  quedan en las membranas de las mucosas de nariz y en la garganta.
- En la manipulación de materiales contaminados utilizar doble guante de algodón y látex; el látex no deja pasar las esporas y el algodón sirve de barrera para las micotoxinas (Salkinoja-Salonen; Peltola; y Andersson, 2003). Determinar periódicamente el grado de contaminación de los materiales con riesgos, al menos de los más higroscópicos.
- Realizar seguimientos, especialmente en salas y almacenes con mayores problema de condensación.
- Sustituir cuando sea posible, maderas no históricas, suelos, rodapiés, zócalos, por materiales inertes. Con ellos, el impacto de la humedad será menor y se minimiza el riesgo de hongos e insectos.
- Establecer un plan de mantenimiento diseñado para que cada trabajador de la institución contribuya a mejorar las condiciones dentro de su ámbito profesional.
- Vigilar periódicamente la salud de los trabajadores.
- Siempre documentar.

## Protocolos de actuación

### 10 pasos para saber qué hacer cuando surge el problema

#### Protocolo 1

Tratamientos de momias con desarrollo leve de microorganismos

#### Aplicación de gases inertes y control de humedad

Si se dispone de laboratorio de microbiología se deben tomar muestras de las colonias desarrolladas para identificar los microorganismos y evaluar su actividad biológica. Cuando no es posible realizar análisis, en caso de que el desarrollo de colonias de hongos visualmente sea puntual (no extendida, grave), se procederá directamente al tratamiento con gas inerte en flujo continuo y control de humedad. Solo en caso de contaminación microbiológica, con una gran superficie contaminada por micelios, se utilizarán biocidas por personal especializado. Los departamentos de microbiología de las universidades, centros hospitalarios, y empresas de análisis, poseen los equipos y el personal capacitado para realizar estas labores. Siempre es aconsejable la colaboración del técnico de patrimonio, que centre el problema e indique las pautas a seguir.

El tratamiento podría resumirse:

1. Depositar la momia en burbuja de plástico, no es preciso que sea plástico de barrera. La burbuja se fabrica por termosellado. Deben instalarse válvulas para la entrada y salida del nitrógeno.

2. Situar un *datalogger*, o termo-higrómetro en el interior de la burbuja, que indique los cambios ambientales durante el tratamiento.

3. Aplicar nitrógeno humectado al 40-45%. El flujo de gas debe ser aplicado de forma continua, 1 litro por minuto (para una burbuja de 1 m<sup>3</sup>), durante al menos 1 semana. Se recomienda un generador de nitrógeno, de otro modo se necesitarían al menos 10-15 botellas de alta pureza. En caso de que la momia estuviera húmeda, el tratamiento debería prolongarse hasta su secado, 3 semanas suele ser suficiente. En la válvula de salida de gas debe instalarse un tubo que se introduzca en un frasco o vaso con líquido desinfectante. El tubo

también puede ponerse en contacto con un algodón humedecido en solución desinfectante, o se puede instalar un filtro que retenga los microorganismos. Se debe evitar que el nitrógeno que sale contaminado de la burbuja infecte a las personas que se encuentren en la proximidad.

4. Finalizado el tratamiento las colonias de hongos pueden ser retiradas con hisopos humedecidos en etanol al 70% en agua destilada. El etanol al 70%, con cloruro de benzalconio al 0,1% incorporado se adquiere fácilmente. El cloruro de benzalconio refuerza el carácter desinfectante y microbicida para algunas especies.

5. Si el estado de conservación de la momia lo permite, los depósitos de polvo, que suelen ir asociados a esporas de microorganismos y huevos de insectos, pueden ser eliminados por microaspiración (el aspirador debe llevar filtro de alta eficiencia para partículas).

6. Las momias desinfectadas deben ser ubicadas en vitrinas, en las salas de exposición o en contenedores situados en el almacén (ambos, deben ser lo más herméticos posible). La estabilidad del ambiente en la vitrina es imprescindible. Se pueden depositar absorbentes de oxígeno y absorbente de humedad equilibrado al 40-45%.

7. Los restos antropológicos ubicados en un almacén, con deficientes condiciones ambientales, pueden ir encapsulados en plástico de alta barrera, con absorbente de oxígeno y absorbente de humedad. Previamente, debe comprobarse que los materiales están perfectamente secos.

8. La sala y el almacén debe mantenerse a una temperatura lo más estable posible, en un rango de 20-22° C, y una humedad que no supere el 55%. En ambientes húmedos, se debe favorecer la ventilación, establecer un número adecuado de renovaciones de aire por hora y utilizar deshumidificadores.

9. Debe diseñarse un plan de mantenimiento que contemple periódicamente, la recogida de datos medioambientales, revise las tareas de limpieza, inspeccione el estado de las momias y las áreas de riesgo del edificio.

10. En caso de que las momias sufrieran una infección grave y generalizada de microorganismos sería necesario recurrir a tratamientos con microbicidas por personal especializado.

## Protocolo 2

### Tratamientos de momias con insectos activos

#### Aplicación de gases inertes

Una momia con presencia de insectos en cualquier fase de su ciclo biológico, requiere la erradicación completa de los mismos, para ello es necesario:

1. Identificar el insecto, al menos a nivel de género, para establecer el tiempo de tratamiento, la temperatura, HR%, y concentración de oxígeno del tratamiento. El tipo de insecto condiciona el plan de mantenimiento de la momia después de la desinsectación. También indica el modo de inspección del edificio que se realizará para detectar causas y evitar reinfestaciones.

2. Depositar la momia en una burbuja de plástico, es imprescindible que sea plástico de alta barrera. La burbuja se fabrica y cierra por termosellado.

3. Instalar válvulas en la burbuja para la entrada y salida del gas.

4. Depositar un *datalogger*, o termo-higrómetro en el interior de la burbuja, que registre los cambios ambientales durante el tratamiento.

5. Aplicar nitrógeno de alta pureza (99,999%), humectado al 40-45%. El caudal de gas debe ser aplicado con un flujo aproximado de 1 litro por minuto, para una burbuja de 1m<sup>3</sup>, hasta alcanzar una concentración de oxígeno en la burbuja menor del 0,5%. El óptimo es 0,1%, excepto en el caso de insectos *Hylotrupes* que precisa 0,003% y 18 días de tratamiento. Este insecto no es frecuente en momias. La temperatura durante el tratamiento debe ser superior a 18° C. A temperaturas inferiores, los insectos entran en diapausa y se hacen tolerantes a las bajas concentraciones de oxígeno.

6. Humectar el nitrógeno. Siempre hay que humectar el gas, mezclado gas seco con húmedo, hasta alcanzar un 40-45% de HR, salvo excepciones.

7. Medir con un analizador de oxígeno. Alcanzada una concentración de O<sub>2</sub>, inferior al 0,5%, en la burbuja, se cierran todas las válvulas y se mantiene sin paso de nitrógeno, durante 3-4 semanas en función del tipo de insecto identificado.

8. Limpiar. Es necesario retirar los insectos muertos mediante microaspiración, si es posible, para evitar que se hidraten y se contaminen por hongos constituyendo un riesgo de infección para los materiales históricos.

9. Ubicar la momia en vitrina o caja de embalaje lo mas hermética posible, a ser posible con absorbente de humedad equilibrada al 45%. El absorbente de oxígeno

solo es útil cuando se deposita en vitrinas o embalajes de alta hermeticidad.

10. Diseñar un plan de mantenimiento que contemple rutinas de trabajo como la recogida de datos medioambientales, y las inspecciones tanto de las momias como del edificio. Los insectos que afectan a las momias en el museo, provienen de determinadas áreas del edificio y/o del entorno, que es necesario estudiar. La desinsectación de la pieza no resuelve la causa del origen de la infestación. La vigilancia y mejora de las instalaciones del edificio son imprescindibles para evitar reinfestaciones. Formar y difundir es imprescindible.

Si no se dispone del sistema de anoxia, se puede introducir la momia en una burbuja de plástico de alta barrera, con absorbentes de oxígeno y absorbente de humedad equilibrado al 40-45%, durante un periodo de tiempo de 6-8 semanas. Es imprescindible que la momia no se encuentre húmeda y que la temperatura, supere los 18° C. Este sistema no es válido para burbujas de tamaño superior a 1 m<sup>3</sup>, o para objetos que sean poco porosos.

En los países tropicales y subtropicales existen insectos que pueden corresponder a diferentes especies de las que han sido identificadas e investigadas en Europa. Es posible que esas especies estén adaptadas a condiciones ambientales diferentes, y su tolerancia al oxígeno no sea la esperable. Por lo tanto, el tiempo de tratamiento para conseguir el 100% de mortalidad por anoxia puede ser diferente al indicado. Por ello, se recomienda desarrollar investigaciones sobre tratamientos de plagas en el marco de áreas geográficas específicas.

129

## Protocolo 3

### Desinsectación y control de plagas del edificio

1. Registro de datos ambientales. Elaboración mapas con los puntos de riesgos. La recogida de parámetros ambientales debe realizarse en el interior y en el exterior, durante un periodo de tiempo suficiente, en función de los cambios estacionales. El objetivo es conocer el comportamiento del edificio frente a las oscilaciones térmicas, higrométricas, lumínicas y de ventilación. Los datos se reflejarán en un mapa de riesgos. El entorno también cuenta.

2. Detección e identificación de insectos en cualquier fase de su ciclo biológico. Puede realizarse mediante el uso de trampas (adhesivas, de feromonas) y con la inspección rutinaria en lugares y en horarios

de riesgo. Posteriormente se procederá a la identificación taxonómica.

3. Aislar los materiales infestados. Si los materiales están húmedos deben introducirse en bolsas fabricadas con mallas de poro suficiente para que circule el aire pero que también impida el paso de los insectos.

4. Tratar los objetos. Procedimientos indicados anteriormente. A ser posible con gases inerte

5. Desinfectar-desinsectar el edificio:

Las paredes del edificio que posean puntualmente colonias de hongos o túneles de termitas pueden ser eliminadas con etanol al 70%, o con hipoclorito sódico al 5% (lejía). Usar máscaras de protección con filtro para esos productos.

Las sales de amonio cuaternarias tienen un carácter biocida para determinados microorganismos. Son tóxicas para las personas en función de su concentración. Pueden alterar los metales.

Los zócalos, rodapiés, puertas, ventadas con maderas no históricas, se desinsectan actualmente con permetrinas (piretroides). Se aplican en forma de gel sobre soportes de madera, por pulverización o nebulización. Son tóxicos autorizados. Requieren de precaución.

6. Establecer barreras de entradas para los insectos en el edificio.

Incluye:

- Sellar fisuras, optimizar cierres, instalar mallas metálicas o de textiles-porosos que permitan el paso de aire pero no de insectos.
- Estudiar el entorno y modificar el ajardinado y el riego, a ser posible.

7. Minimizar las humedades. Diagnosticar el origen de las humedades (de capilaridad, condensación, goteras) y atender sus patologías. Las maderas húmedas desarrollarán hongos que a su vez atraerán termitas y derméstidos.

8. Favorecer la ventilación. El flujo de aire debe ser constante. No debe ser excesivo, ni ir dirigido hacia los objetos porque podrá producir deshidrataciones y aflorar sales. Nunca debe entrar aire húmedo o frío del exterior al interior del edificio.

9. Elaborar un plan de mantenimiento, con rutinas de conservación. Las momias desinsectadas requieren una inspección mínima de una vez al año, si las condiciones ambientales en la que se encuentra ubicada son razonablemente buenas.

10. Formar al personal y difundir.

«Las plagas son un problema de todos y cada uno como profesional y ciudadano puede contribuir a su eliminación».

## Bibliografía

CANO, C.; BONILLA, P.; ROQUE M.; y RUIZ, J. (2008): «Actividad antimicótica in vitro y metabolitos del aceite esencial de las hojas de *Minthostachys mollis*», en *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, n.º 25, pp. 1726-4634.

MAEKAWA, S.; y ELERT, K. (2003): *The use of oxygen-free environments in the control of museum insect pest*. Los Angeles: J. Paul Getty Trust.

MAEKAWA, S.; y GARCÍA, M. (2006): «Low-cost climate control system for museum storage facility on Tenerife island», en *PLEA 2006: 23rd International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006: Cléber Design, Affordable Comfort: A Challenge for Low Energy Architecture and Urban Planning*. Geneva: Université de Genève, Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie, pp. 411-416.

MICHALSKI, S. (1994): «A systematic approach to preservation; description and interaction with other museums activities», en *Preprints of the Ottawa Congress, 12-16 Septembre 1994. Preventive Conservation Theory and Research. Internacional IIC*. London, pp. 8-11.

MORET, P. (1996): «Arqueo-entomología: Cuando los insectos contribuyen al conocimiento de nuestro pasado», *Bol. SEA, PaleoEntomología*, n.º 16, pp. 183-188.

PÄÄVO, S. (1985): «Molecular cloning of ancient Egyptian mummy DNA», en *Nature* 314, pp. 644-645.

SALKINOJA-SALONEN, M. S.; PELTOLA, J.; y ANDERSSON, M. A. (2003): «Microbial toxins in moisture damaged indoor environment and cultural assets», en *International Congress on Molecular Biology and Cultural Heritage: Molecular Biology and Cultural Heritage: Proceedings of the International Congress on Molecular Biology and Cultural Heritage, 4-7 March 2003*, Balkema. Sevilla, pp. 93-105.

SIMMONS, J. E.; y MUÑOZ-SABA, Y. (2005): *Conservación, Cuidado, manejo y Conservación de las colecciones biológicas*. Bogotá: Conservación Internacional.

STRANG, T. J. K. (1992): «A review of published temperatures for the control of pest insects in museums», en *Collection Forum* n.º 8, pp. 41-67.

VALENTÍN, N. (1989): «Mummy deterioration halted by nitrogen atmosphere», en *Nature*, n.º 338, p. 463.

— (1992): «Identification of chemical and biological contaminants on mummified remains by fluorescence microscopy», en *International Congress on mummy Studies*. Tenerife, p. 196.

— (1993): «Comparative analysis of insect control by nitrogen, argon, and carbon dioxide in museum archive and herbarium collections», en *International Biodeterioration and Biodegradation*, n.º 32, pp. 263-278.

— (2007): «Microbial Contamination in Archives and Museums: Health Hazards and Preventive Strategies Using Air Ventilation Systems», en *Contribution to the Experts, Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies*. Tenerife.

— (2009): *El Material Textil Susceptibilidad al Biodeterioro*. Tarrasa: Centre de Documentació i Museu Tèxtil.

VALENTÍN, N.; LIDSTROM, M.; y PREUSSER, F. (1990): «Microbial control by low oxygen and low relative humidity environments», en *Studies in conservation*, n.º 35, pp. 222-230.

VALENTÍN, N.; PARRA, E.; y GARCÍA, M. (1992): «Methods of analysis to evaluate the state of preservation of Guanches mummies», en *International Congress on mummy Studies*. Tenerife, p. 81.

VALENTÍN, N.; GARCÍA, R.; de LUÍS, O.; y MAEKAWA, S. (1997): «Microbial control in museums, archives and libraries by air ventilation systems», en *Restaurator*, n.º 19, pp. 85-107.

VALENTÍN, N.; BERGH, J. E.; ORTEGA, R.; ÅKERLUND, M.; HALLSTRÖM, A.; y JONSSON, K. (2002): «Evaluation of a portable equipment for large scale de-infestation in museum collections using a low oxygen environment», en *13th Triennial Meeting. Preprints of ICOM Committee for Conservation*, París, n.º 1, pp. 96-101.

VALENTÍN, N.; MURO, C.; y MONTERO, J. (2010): «Métodos y Técnicas para Evaluar la Calidad del Aire en Museos», en *Conservación de Arte Contemporáneo 11.ª Jornada*. Madrid: CARS - IIC Grupo Español, pp. 63-81.

## Otras referencias

NORMAS UNE EN 100-012 de higienización. Disponible en: <http://ingenieriahospitalaria.com%20U%Pic%27o.ppt> [Consulta: 18 de marzo 2012].

131

## Agradecimientos

Se agradece la colaboración de los compañeros del Instituto del Patrimonio Cultural de España e instituciones –Organismo Autónomo de Museos y Centros (Cabildo Insular de Tenerife) y Getty Conservation Institute– que han contribuido al desarrollo de investigaciones cuyos resultados se exponen en este capítulo.



## 3.4. Las salas de exposición y almacenes para restos momificados. Vitrinas. Análisis de volátiles, ¿por qué huelen las momias?

Shin Maekawa

The Getty Conservation Institute

smaekawa@getty.edu

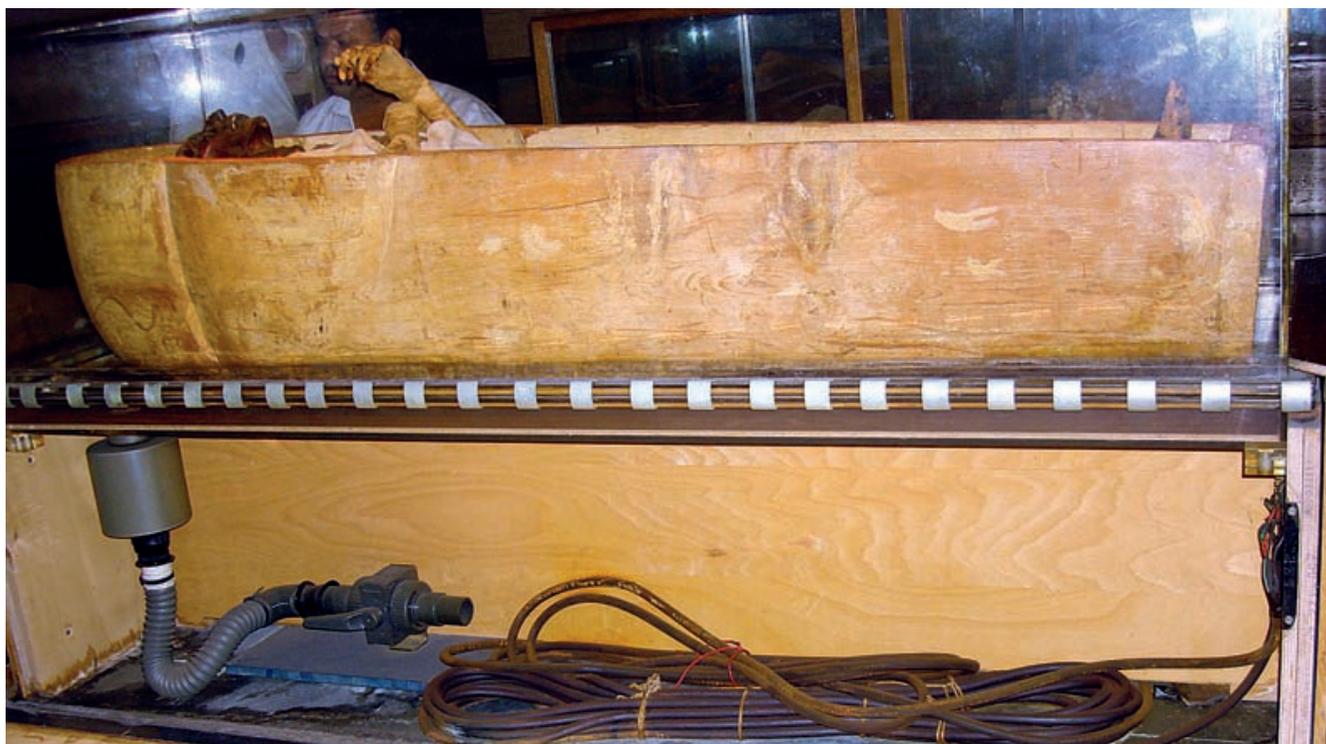
Desde la antigüedad, la notable habilidad de las civilizaciones en la preservación de los cuerpos, iba unida a las condiciones ambientales de sequedad y estabilidad extrema de las tumbas y cuevas. Estas antiguas técnicas y las condiciones ambientales existentes en aquellos momentos, proporcionaron como resultado una excelente conservación que aportó una incomparable conexión entre el presente y el futuro. Hasta hace relativamente pocos años, las momias se excavaban de ambientes estables y eran transportadas a los museos e instalaciones de almacenaje en la ciudad. Actualmente, se observa que el aire puede estar altamente contaminado con agentes oxidantes, así como con partículas procedentes de automóviles y/o emisiones industriales, todos esos agentes son altamente deteriorantes cuando impactan sobre materiales orgánicos. Por otra parte, las condiciones ambientales en los museos y almacenes pueden ser significativamente más húmedas y oscilantes que aquellos ambientes que los conservaron durante milenios. Estas nuevas condiciones ambientales (a menudo junto con una gran afluencia de público en las galerías de los museos, que también afecta al microclima) constituyen un serio peligro para la preservación a largo plazo de momias y otras colecciones sensibles.

En el siglo XIX las momias, altamente susceptibles a deterioros causados por hongos, insectos y roedores, eran a menudo sumergidas o recubiertas con fungicidas e insecticidas, muchos de ellos incluyendo compuestos de arsénico. El ortofenifenol, menos tóxico que el arsénico, pero aun así tóxico e identificado como un agente cancerígeno, se ha utilizado para desinfectar momias hasta hace pocos años.

Estudios recientes sobre el análisis de gases emitidos por las momias reales egipcias, detectaron los siguientes biocidas y repelentes:

- 1,4-Dicloro-benzeno (pesticida).
- Naftaleno (repelente de insectos).
- Timol (fungicida).

En la década de los años setenta, la momia de Ramsés II, de la colección de momias reales del Museo Egipcio de El Cairo, fue esterilizada con radiación gamma usando cobalto-60 y colocada en una vitrina sellada con un sistema de filtros microbiológicos (fig. 1). Las mezclas de bromuro de metilo y óxido de etileno, otro carcinógeno, han sido ampliamente utilizados para desinfectar-desinsectar colecciones. Los conservadores han venido observado cambios en el color



**Figura 1.** Vitrina construida en Francia para Ramses II, con ventilación mecánica y filtro para retención de microorganismos. Fotografía: Shin Maekawa. GCI.

y en la textura de los materiales tratados, y han expresado su preocupación sobre posibles alteraciones de la información genética en la momia, que puede haber sucedido a causa de los productos usados. Por lo tanto, los protocolos de conservación preventiva se han convertido en una norma para los conservadores y restauradores encargados de las momias.

Los materiales orgánicos en los museos y colecciones son especialmente susceptibles de deterioro causado por condiciones extremas y cambios en la humedad y temperatura, ataques por hongos, bacterias o insectos, y deterioro químico producido por gases y partículas procedentes de contaminantes ambientales comúnmente encontrados en áreas urbanas e industrializadas. Es bien conocido el daño catastrófico causado por un ataque biológico sobre el patrimonio cultural. Los efectos perjudiciales de estos procesos son comúnmente observados en objetos delicados de plumas, documentos históricos de pergamino, restos humanos momificados, muestras de especies biológicas raras o extintas, e incluso en piedra, donde se produce ennegrecimiento o decoloración. También es bien conocido el hecho de que el ataque biológico se favorece con una humedad elevada, y es una

amenaza constante en un ambiente no controlado. Obviamente, los efectos perjudiciales de organismos dependientes del oxígeno como los insectos, hongos y bacterias aerobias, así como la oxidación basada en deterioro químico sobre objetos culturales orgánicos, serían altamente reducidos o eliminados, si los objetos pudieran estar controlados bajo una atmósfera gaseosa inerte sin oxígeno.

Es esencial mantener y preservar el ambiente para la longevidad de las colecciones, especialmente para los objetos tan delicados como los restos antropológicos. El mejor método de preservación ambiental ha sido su propio enterramiento que ha conservado las momias durante milenios. En general, las condiciones del enterramiento han sido oscuridad, frío y parámetros ambientales estables.

Los niveles recomendados de humedad, temperatura e iluminación se han elegido en base a investigaciones científicas y se describen a continuación. Los parámetros se presentan en orden de importancia con respecto a la preservación. Otros parámetros tales como la calidad del aire (niveles de contaminación química) y vibraciones, no son indicados debido a la disparidad de valores recomendados

entre los investigadores. No obstante, son parámetros importantes y se recomienda controlarlos y minimizarlos para la preservación de los materiales históricos.

### Condiciones ambientales. Recomendaciones

En el Instituto de Conservación Getty (GCI), desde finales de la década de los ochenta hasta principios de los noventa, se han llevado a cabo diferentes investigaciones sobre los parámetros ambientales que afectan la estabilidad química y física de los materiales proteicos, así como la eficacia de atmósferas de nitrógeno para el control de actividad microbológica en los tejidos momificados y en pergaminos. A continuación se resumen los resultados obtenidos en esas investigaciones:

Es el parámetro más importante para conservar los restos momificados. Las dos mayores preocupaciones que deben tenerse en cuenta para determinar los requerimientos de humedad de un soporte son la biodegradación y el deterioro mecánico/físico. Las investigaciones microbológicas sobre tejidos momificados y pergaminos indican que es esencial mantener la humedad relativa (HR) inferior al 50% para controlar las actividades biológicas de los organismos aerobios y anaerobios. Como ha sido demostrado, por investigaciones en el GCI, la actividad microbológica aerobia y anaerobia, sobre muestras de tejido momificado y muestras de pergamino, se redujo de forma significativa en un microambiente con nitrógeno cuando la humedad relativa se mantuvo por debajo del 50% (Valentín; y Lindstrom, 1990).

Los ambientes secos reducen el riesgo de actividad biológica. Sin embargo, las investigaciones realizadas al respecto han señalado que los materiales proteicos sufrirán deformaciones permanentes debido a deshidrataciones irreversibles, si los materiales se mantienen en ambientes con una HR inferior al 25%. Aún más, el rango ideal de humedad recomendable es de 30-45% HR. Como ejemplo, las tumbas de las momias de los faraones mantienen una humedad muy estable, 40-45% durante todo el año.

Los materiales recuperan sus dimensiones originales bajo variaciones de humedad que están en sus rangos elásticos; sin embargo, tanto los intervalos cortos de tiempo, como las variaciones estacionales deben estar limitadas a +/- 5% RH.

### Temperatura

Las tumbas de los faraones egipcios mantienen temperaturas de 28-29° C durante todo el año, y el Hombre de Hielo se encontró en la burbuja de un glaciar a temperaturas de congelación. Ello indica que los restos momificados pueden ser preservados en amplios rangos de temperatura.

Sin embargo, es posible que una temperatura aceptable tenga que ser seleccionada basándonos en el equilibrio entre la preservación y el acceso al objeto. En un microambiente cerrado las fluctuaciones de humedad dependen de la temperatura. Niveles de temperatura bajos son válidos únicamente si no aumentan las variaciones de humedad. Sin embargo, es preferible mantener la temperatura lo más constante posible.

Una excesiva temperatura de congelación debe evitarse, ya que podría producir daños por la congelación de los componentes de un soporte.

Es muy importante mantener una temperatura estable para limitar las oscilaciones de humedad y evitar los cambios dimensionales debidos a la expansión/contracción por efecto térmico. En un microambiente cerrado, las fluctuaciones de humedad dependen de la temperatura, por lo tanto, un grado Celsius puede ocasionar 5% de cambio de humedad. Por lo tanto, la fluctuación de temperatura debe estar limitada a +/- 1° C.

### Iluminación

El daño ocasionado por la luz, como ya se sabe, es acumulativo, puede ser limitado controlando la intensidad y/o el tiempo de exposición. Tasas aceleradas de oxidación y otras reacciones químicas como resultado del impacto de la luz induce deterioros. Por ello, la intensidad de la iluminación debe ser limitada a menos de 100 lux con relación al objeto, mientras que la iluminación debe ser apagada cuando no es necesaria.

La distribución espectral de la luz que llega a los restos momificados debe limitarse a las longitudes de onda más largas que permiten una apariencia aceptable sin ningún matiz de color.

La restricción de longitud de onda inferior a 400 nm –componentes de luz ultravioleta y violeta– es esencial para reducir deterioros, teniendo en cuenta que la energía de la luz es mas alta a menor rango de longitud de onda. Todo ello, debe ir complementado

con la elección de la apropiada fuente de iluminación, de los filtros, o de la combinación de los dos.

## Control climático en el museo

Con relación al ambiente en el museo, la conservación y el acceso deben estar equilibrados. Como se describió anteriormente, el control de la humedad debe ser la máxima prioridad para la conservación de restos momificados. Sin embargo, la temperatura del aire es la preocupación principal para el confort humano. Este conflicto presenta un reto para conservar objetos sensibles en las instituciones culturales. El confort térmico es el resultado de las interacciones del organismo con su entorno para mantener su temperatura interior constante, y está influenciada físicamente por parámetros ambientales tales como la temperatura del aire, temperatura radiante, humedad y velocidad del aire, así como parámetros personales, tales como la tasa metabólica y la ropa. Además, los humanos requieren aire del exterior para seguridad y confort. No obstante, para la preservación de las colecciones, el aire exterior debe estar acondicionado con respecto a la humedad y temperatura, así como filtrado para el control de contaminantes ambientales. Los contaminantes también pueden provenir de las colecciones, de los visitantes y del interior del edificio.

136

### Control climático por medios mecánicos

No es efectivo considerar únicamente sistemas de control climático por medios mecánicos sin entender el comportamiento del edificio que alberga la colección, así como el clima local. Entornos más frescos y estables suelen corresponder a los pisos más bajos, o a los situados a la sombra. Sin embargo, los espacios más frescos tendrán mayor humedad, por lo que habrá que tener en cuenta una mayor carga de calor latente (humedad) para este sistema mecánico. Por el contrario, las salas orientadas al sur, especialmente en los pisos superiores, reciben una gran cantidad de radiación solar durante el día y desprenden calor durante la noche debido a su exposición. Por lo tanto, para reducir la carga de calor sensible (térmica) que el sistema mecánico deberá efectuar, antes de que ese sistema esté diseñado, deberán colocarse en el edificio aislantes térmicos y/o elementos que favorezcan las sombras.

Debe seleccionarse una humedad y temperatura razonables, teniendo en cuenta el edificio, especialmente en los históricos, que pueden sufrir deterioros por la instalación y requerimientos de los sistemas mecánicos de funcionamiento. Es posible que con la instalación de los aislantes térmicos, barreras de vapor y reemplazo de puertas y ventanas, para lograr el clima diseñado, las telas o papel históricos (que recubren paredes) del edificio sean seriamente alterados.

También, debe tenerse en cuenta que el coste de la energía del sistema mecánico puede ser altamente elevado, si las condiciones deseadas se eligen desde un punto de vista real, para satisfacer ambos aspectos; edificio (en cuanto a la instalación de equipos que no dañen la estética y los materiales estructurales del inmueble) y clima de las salas/almacenes, que debe poderse regular mediante sistemas que hagan compatible el confort humano con los requerimientos de preservación de las obras expuestas o almacenadas.

### Sistema de aire acondicionado

Los sistemas de aire acondicionado son cada vez más utilizados en los museos para proporcionar las condiciones para la colección y para el confort humano. Sin embargo, a menudo se utilizan principalmente para el confort humano. Las personas se encuentran dentro del edificio sólo durante sus horas de apertura al público –de 9 de la mañana a 5 de la tarde, 5 o 6 días a la semana por ejemplo– y requieren una temperatura confortable. Sin embargo, las colecciones necesitan un entorno de preservación estable y seco durante 24 horas al día y 7 días a la semana. La mayoría de los



sistemas de aire acondicionado operan para controlar solamente la temperatura, pudiendo producir como resultado grandes fluctuaciones de humedad. Asimismo, pueden proporcionar temperaturas incómodas si operan para controlar la humedad.

Los sistemas de aire acondicionado más sofisticados proporcionan controles para la temperatura y la humedad, sin embargo, su instalación, funcionamiento y mantenimiento son costosos. El sistema también puede producir una gran variación del medio ambiente en grandes espacios de un edificio, si no se ha dimensionado adecuadamente. Los sistemas absorben e introducen en los edificios, para confort humano y salud, cantidades limitadas de aire procedente del exterior, por lo tanto, hay que mantener unos sistemas de filtración adecuados por si el aire exterior está contaminado química y biológicamente. Las ubicaciones de los componentes del sistema, tales como tuberías, canalizaciones de agua refrigerada, difusores de aire y vías de retorno, deberán ser examinadas cuidadosamente antes de que las colecciones se coloquen en las salas o en los almacenes, con el objetivo de evitar posibles daños durante su funcionamiento, así como en caso de fallos de componentes o disfunciones, como roturas y condensaciones. Si el sistema de aire acondicionado no puede proporcionar el entorno de preservación adecuado, o no puede trabajar de forma continua, una de las opciones puede ser proporcionar diferentes microclimas en vitrinas de exposición o de cajas de almacenaje para las colecciones.

### **Ventiladores mecánicos, deshumidificadores y calefactores**

El uso de ventiladores mecánicos, deshumidificadores y/o calefactores, es más práctico que el aire acondicionado para muchos museos. Puede ser más asequible y fácil de mantener mientras se controlen los registros climáticos de cada sala. También, puede resultar útil para el almacenaje de restos momificados. Los ventiladores, el equipo que consume la menor energía, deben estar solo operativos cuando el aire exterior es seco (baja humedad relativa) y necesita filtros de partículas para mantener la calidad del aire. Las condiciones de sequedad exterior se asocian normalmente con los ciclos diurnos (tardes) de días soleados, los cuales, esencialmente, proporcionan aire con más temperatura; este aire cálido puede

aprovecharse para ser introducido del exterior al interior. Es muy recomendable la instalación de ventiladores tanto de entrada, como de escape (extractores), para controlar el paso de aire.

Los deshumidificadores mecánicos, consumen menos energía incluso que los ventiladores; son relativamente de bajo coste y sencillos de manejar. Sin embargo, la mayoría de los sistemas portátiles son ruidosos, y a menos que estén conectados a un desagüe, la condensación que generan –agua extraída del entorno– tiene que eliminarse periódicamente a fin de continuar funcionando correctamente. Por lo tanto, puede ser una tarea complicada si hay varias unidades funcionando en un edificio.

Los calefactores sirven para elevar la temperatura y poder reducir la humedad. Un incremento de un grado centígrado de la temperatura del aire producirá una reducción aproximadamente del 5% de humedad relativa. Son equipos de bajo coste, silenciosos y requieren poco mantenimiento. Sin embargo, si son eléctricos utilizan mucha energía para funcionar. Tanto la temperatura como la humedad deben monitorizarse para que los calefactores operen con medidas de seguridad, a menos que se incluyan funciones de seguridad en ambos parámetros. La combinación del uso de ventiladores mecánicos y calefactores han dado resultados satisfactorios en la isla de Tenerife (Maekawa; y García, 2006; Maekawa; y Toledo, 2003).

Si no hay medios mecánicos disponibles para mantener unas condiciones ambientales favorables –en salas y almacenes con restos momificados– es esencial para la colección proporcionar el microambiente de preservación en las vitrinas de exposición y embalajes. Además, existen diversas consideraciones para mejorar las condiciones ambientales de la colección. Es importante ubicar la colección en la zona más estable del edificio. Pueden utilizarse dispositivos o sistemas que eviten o reduzcan los impactos térmicos del sol directo en el edificio, y que pueden incluir entre otros, desde la disposición de arbolado que no ocasione riesgos de humedad o biodeterioro, a sistemas de toldos que no afecten la estética ni vayan anclados en los materiales constructivos. También es imprescindible reducir las filtraciones solares y el impacto térmico mediante estores adecuados en el interior de las salas o almacenes.

Sin embargo, tanto la selección de dispositivos o elementos a instalar, como las estrategias de optimización del ambiente, debe formar parte del esquema

general del edificio en cuanto a sus características y peculiaridades, y que debe incluir: las asignaciones de espacio, número y circulación de visitantes, normas de seguridad, uso, programas de mantenimiento, planes de emergencia diseñados para casos de desastre, etc.

Para mejorar la ventilación o minimizar la humedad/temperatura, no se recomiendan operaciones manuales tales como abrir/cerrar ventanas y puertas, ya que estas actuaciones suelen realizarse basándose sólo en función del confort humano, y como resultado producen la infiltración de contaminantes ambientales, insectos, aire húmedo, radiación solar de alta intensidad y ocasionan riesgos en cuanto a la seguridad (robos). Si la comodidad es la cuestión, pueden utilizarse ventiladores de pie.

### Vitrinas de exposición

Científicos en conservación han desarrollado sistemas de exposición y almacenaje para modificar y mantener las condiciones ambientales, con el objetivo de alcanzar una correcta preservación de los bienes culturales.

138

En este contexto se muestran:

- Vitrinas comunes que contienen aire.
- Vitrinas libres de oxígeno que contienen un gas inerte.

Las variaciones de las condiciones ambientales exteriores son generadas por los ciclos estacionales

y diurnos de la radiación solar, lo cual produce las variaciones de temperatura y humedad. Los ambientes creados en las salas de los museos y almacenes, atenúan las variaciones climáticas externas. Estas variaciones pueden reducirse aún más mediante la creación de un microambiente en una vitrina o espacio cerrado, que se ubicará en galerías y/o almacenes con el objetivo de preservar las colecciones sensibles. En las vitrinas o espacios herméticos se pueden mantener niveles elevados o reducidos de temperatura, humedad y/o concentración de oxígeno (procedente de la sala), a través de la utilización de dispositivos activos electro-mecánicos, o a través de sistemas pasivos con agentes químicos, si un objeto requiere un ambiente único. A continuación, se contrastan las características de vitrinas de exposición, que son controladas activamente usando sistemas mecánicos de control climático, así como aquellas vitrinas selladas, con sistemas pasivos que utilizan materiales de absorción y *buffers* (amortiguadores) para mantener el microclima.

Aunque las vitrinas libres de oxígeno utilizan conceptos similares a las vitrinas habituales (con aire), las características se analizan por separado para destacar su singularidad, tanto en los diseños como en sus comportamientos.

### Vitrinas de exposición activas

En las vitrinas activas el aire suministrado está mecánicamente acondicionado para su limpieza y para una humedad fijada (a veces también para

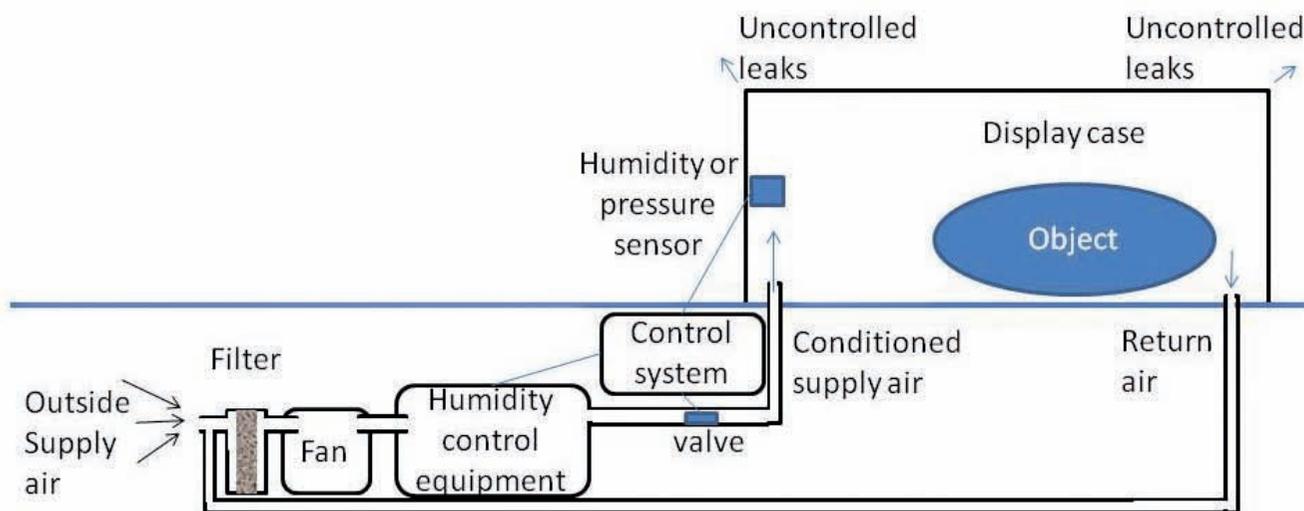


Figura 2. Esquema de vitrina (aire) con control activo.

una temperatura), antes de que entre en las vitrinas. Posteriormente, el aire «preparado» se canaliza para que penetre en la vitrina. El aire ligeramente presurizado se expulsa a la sala o al exterior a través de aberturas en la vitrina (fig. 2). El sistema activo requiere una vitrina, un ventilador, un filtro, un equipo de acondicionamiento de humedad y un control de flujo. La humedad del aire de suministro se puede controlar bien por medio de un dispositivo de temperatura que mide el punto de rocío, el cual utiliza un elemento de temperatura constante (temperatura del punto de rocío), y se controla electrónicamente o mecánicamente (por el flujo de un refrigerante), o con un acondicionador de humedad relativa, que generalmente utiliza la mezcla de aire saturado seco y húmedo (Maekawa; y Elert, 2003). El dispositivo de la temperatura del punto de rocío se puede utilizar cuando la temperatura es constante, como en las salas climatizadas, de lo contrario se debe utilizar el dispositivo de acondicionamiento de humedad relativa. La tasa de suministro de aire debe reducirse al mínimo, tanto para la seguridad operacional del sistema, tanto con respecto a las colecciones y al funcionamiento económico, como con relación al ventilador, filtro, y equipos de acondicionamiento de humedad que deben dar un servicio periódico. Sin embargo, la tasa de suministro está determinada por la tasa de fuga de la vitrina y por las condiciones ambientales de la sala (temperatura y humedad).

El caudal del aire que se ha acondicionado (lo llamamos «aire preparado» para evitar confusiones con el aire acondicionado convencional), puede

controlarse de dos maneras: por medio de controles abiertos y cerrados. El control abierto, más común en las vitrinas activas, posee una fuga constante; por lo tanto, el aire «preparado» es suministrado a un ritmo constante en todo momento. Por otro lado, el control cerrado, a menudo mencionado como el control de *feed-back*, requiere un sensor de humedad o de presión en la línea de abastecimiento, o en la vitrina que regule el flujo de aire que se ha acondicionado. Estos sistemas mecánicos pueden estar ubicados fuera de la sala, y el aire «preparado» de suministro puede ser canalizado a las vitrinas de la sala a través de aberturas en suelos o paredes.

Las ventajas del sistema activo consisten en que pueden utilizarse las vitrinas con fugas que ya se disponen actualmente instaladas, tanto las que están montadas sobre paredes como las vitrinas con base sobre el suelo. Y, por otra parte, un sistema de suministro de aire «preparado» se puede diseñar para soportar una gran vitrina y/o múltiples vitrinas (Maish; Maekawa; y Elert, 1999). Su mayor desventaja, aunque el concepto es simple, es que el sistema requiere una solución mecánica compleja. Esto se traduce en un alto coste de fabricación y mantenimiento. Por lo tanto, el sistema activo puede que no sea el adecuado para museos medianos, donde el apoyo a tareas técnicas especializadas normalmente no es posible.

### Vitrinas pasivas

Puede evitarse el uso de los costosos filtros indicados, dispositivos sofisticados de humidificación,

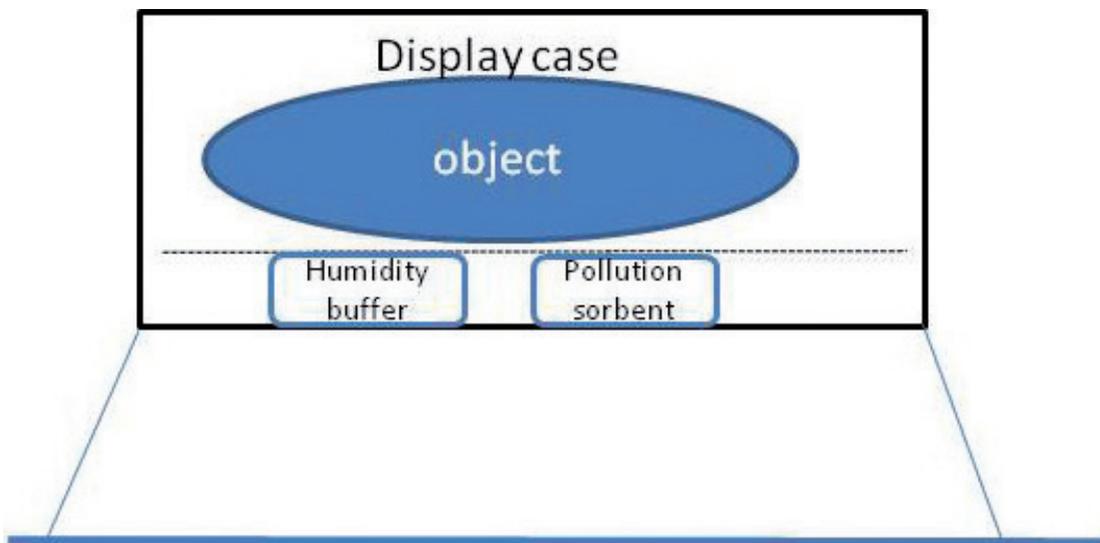


Figura 3. Esquema de vitrina (aire) con control pasivo.

dispositivos mecánicos y controles electrónicos, si la vitrina está herméticamente sellada. El sistema pasivo de vitrina (fig. 3), requiere muy poco mantenimiento y supervisión si su fuga se mantiene a un ritmo extremadamente pequeño y consistente. Los sellados herméticos en las vitrinas de museos se consiguen utilizando en la fabricación vidrio fundido y/o juntas de goma y juntas tóricas (O-rings) en las uniones mecánicas y accesorios. Sin embargo, no es posible eliminar completamente las fugas para obtener una vitrina absolutamente hermética debido a las limitaciones de diseños mecánicos que requieren buena estética, así como accesos de servicio tanto para los objetos expuestos como para el acceso a los materiales y mantenimiento. La mayor parte de las vitrinas comerciales tendrán fugas de diferentes cantidades. La estanqueidad del aire de vitrinas y espacios cerrados se expresan por la vida media o tiempo medio, en horas o días. El concepto es similar al de pérdida o fuga de la radiación que sigue un patrón exponencial con el transcurso del tiempo. Los valores se miden normalmente utilizando un gas de rastreo, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

140 Por ejemplo, imaginemos una vitrina con un tiempo medio de estanquidad de 1 hora, y una sala con una HR de 70%. La vitrina está inicialmente a 30%. La HR de la vitrina se incrementará la mitad de la diferencia entre la HR de la vitrina y la HR de sala cada hora transcurrida, como se indica a continuación:

$$70\% \text{ HR de la sala} - 30\% \text{ HR de la vitrina} = 40\% \\ 40/2 = 20\%$$

30% HR de la vitrina + 20% = 50% HR que alcanzará la vitrina en una hora de tiempo transcurrido

**Tabla 1. Sala a 70% HR, vitrina a 30% inicialmente**

Tiempo transcurrido (horas)	HR que alcanzará la vitrina (% RH)
1	50
2	60
3	65
4	67,5
5	68,8
6	69,9
7	70

El 99% de la diferencia de humedad se perderá después de 7 horas, tiempo medio. Las vitrinas habituales tienen un tiempo medio de alrededor de una hora, y las mejores vitrinas selladas comercialmente disponibles llegan hasta 10 días. Por lo tanto, las vitrinas deben contener *buffers* (materiales de amortiguamiento o absorción) de humedad, tales como gel de sílice y Artsorb® para controlar la humedad durante un período prolongado. La cantidad de material de *buffer* y el intervalo de uso puede estimarse una vez que se conoce el tiempo medio de la vitrina, humedad de la sala y el comportamiento isotérmico de los materiales *buffers*.

Similar al control de humedad a largo plazo, las vitrinas selladas requieren paquetes de absorbentes de contaminantes para proteger los objetos de contaminantes internos y de la entrada de cualquier sustancia química indeseable del ambiente exterior. Los contaminantes químicos internos incluyen gases volátiles emitidos lentamente por los objetos expuestos (momias), y por algunos de los materiales que componen la vitrina, tales como las gomas, plásticos y pinturas. Aunque no se ha investigado exhaustivamente la composición y cantidad de estos contaminantes internos volátiles emitidos por los objetos, la identificación de los contaminantes químicos gaseosos del exterior del edificio y los que se filtran al interior de las salas de los museos, así como las concentraciones de los volátiles identificados, se han estudiado a fondo. En el caso de vitrinas y cajas de embalaje, el carbón activo o absorbentes químicos comerciales disponibles, como Purafil®, se han utilizado de forma habitual en las típicas vitrinas selladas. El carbón activo es capaz de absorber NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e hidrocarburos a un nivel de aproximadamente 50 partes por billón (ppb). La cantidad que debe utilizarse se puede calcular a partir del tamaño de la vitrina y el intervalo de uso.

### Vitrinas libres de oxígeno

Una atmósfera con bajo contenido de oxígeno y baja humedad relativa, detiene la actividad biológica y elimina procesos de oxidación en materiales proteicos. La oxidación de proteínas y grasas es una reacción de radicales libres. Sin embargo, puede ocurrir incluso en un ambiente con baja concentración de oxígeno. No obstante, se considera que valores inferiores a 0,1% de oxígeno, son eficaces para preservar tejidos

momificados y pergaminos (Soble; y Aje, 1993). Algunos estudios realizados al respecto han mostrado la completa erradicación de las especies de insectos que comúnmente infestan los museos, en todos los ciclos de vida, y detiene significativamente la actividad microbiológica de especies aerobias cuando la concentración de oxígeno se mantiene en porcentajes inferiores al 0,3% (Valentín, capítulo 3.3).

Las vitrinas libres de oxígeno también pueden ser vitrinas activas o pasivas, al igual que las vitrinas habituales (con aire). Sin embargo, para que sean útiles, las vitrinas tienen que tener fugas significativamente menores en comparación a las vitrinas con aire. Para una vitrina activa libre de oxígeno, la cantidad de suministro de gas inerte, como nitrógeno o argón, es demasiado grande, pero los otros componentes del aire pueden igualarla en caso de que la fuga fuese excesiva. Y para una vitrina pasiva, la cantidad de absorbente de oxígeno sería demasiado grande para caber dentro de la vitrina, o el intervalo de reemplazo sería demasiado corto.

*a) Vitrinas pasivas*

La ley del gas ideal afirma que un cambio de temperatura se traducirá en un cambio de presión

proporcional si el volumen se fija en el proceso. A diferencia de las vitrinas pequeñas, por ejemplo las adecuadas para documentos, el cambio de presión se traduce en una gran fuerza para vitrinas de momias de tamaño completo. Por ejemplo, un aumento de 10°C de temperatura producirá aproximadamente 300 kg de fuerza en una plancha de vidrio de un metro cuadrado de área. La vitrina requerirá unas planchas de vidrio grueso y una construcción pesada para resistir la fuerza. Sin embargo, permitiendo que el volumen cambie proporcionalmente con la temperatura, podemos eliminar la gran fuerza sobre las superficies de la vitrina y permitir una construcción sencilla y ligera. Esta es la razón de por que las grandes vitrinas herméticamente selladas requieren el accesorio de un compensador de presión por fuelle, que es una bolsa que recogería el gas de la vitrina en caso de que se expandiera por efecto de la temperatura, y que permite compensar el aumento de presión, evitando que la vitrina pudiera explotar (figs. 4 y 5).

Como se indicó anteriormente, no hay ninguna vitrina perfectamente sellada y cualquier vitrina hermética en la realidad tiene una pérdida de un minuto. Por lo tanto, similar a vitrinas con aire que requieren la colocación de un material *buffer* de humedad para controlar la entrada de humedad a lo largo del

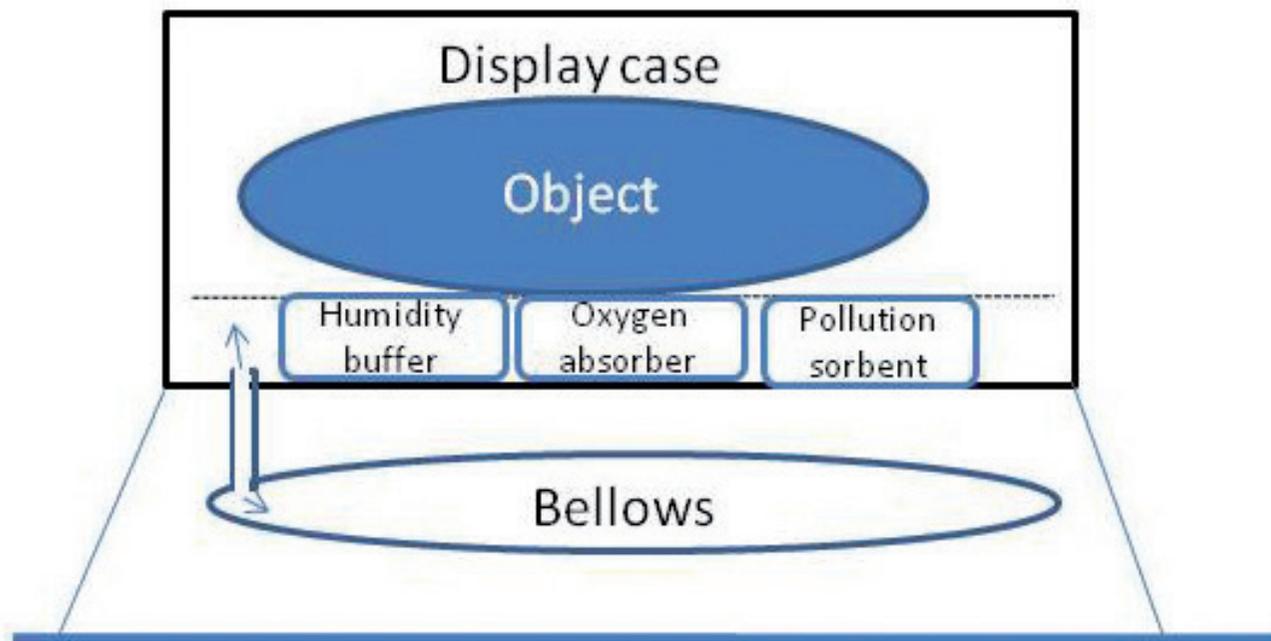


Figura 4. Esquema de vitrina libre de oxígeno con control pasivo.



142

**Figura 5.** Vitrinas herméticas libres de oxígeno, diseñadas por el GCI, para exposición de las momias reales del Museo Egipcio de El Cairo. Fotografía: Shin Maekawa. GCI.

tiempo, las vitrinas libres de oxígeno requieren la colocación de material absorbente de oxígeno, como Mitsubishi Gas Chemical (MGC) RP K, para mantener la concentración de oxígeno extremadamente baja en las vitrinas durante un período prolongado. Se puede estimar la cantidad y el intervalo uso/reemplazo a partir de la tasa de fuga de oxígeno de la vitrina y la capacidad de material absorbente de oxígeno. La estanqueidad de la vitrina herméticamente sellada no puede expresarse en el tiempo-medio, ya que debe de ser mayor de 50 años para ser útil. En su lugar, se expresa como la tasa de entrada de la concentración de oxígeno en la vitrina, con la unidad de partes por millón (ppm) por día, en condiciones normales en una sala. La tasa debe ser menos de 10 ppm por día para ser útil (Maekawa, 1998). Por ejemplo, una vitrina de una momia completa, de 1 m<sup>3</sup> de volumen, tendrá una entrada de oxígeno de 3.650 cc en un año si su tasa de fuga es de 10 ppm/día. La capacidad de absorción de oxígeno de 3.650 cc es necesaria en la vitrina para establecer el intervalo de servicio de un

año. Un paquete de RP-20 K, 0,10 m × 0,13 m, es capaz de absorber 400 cc de oxígeno; por lo tanto, se necesitan 9 paquetes de RP-20 K, el área total de 0,12 m<sup>2</sup> para la tarea. Considerando una vitrina de 1,8 m de largo × 0,6 m de ancho × 0,8 m de altura, sólo el 11% de base estará protegida por los paquetes de absorción de oxígeno. Para ampliar el intervalo de uso a 5 años, se pueden colocar mayor número de absorbentes en la vitrina, 5 veces la capacidad de un año, 91.250 cc.

#### ***b) Vitrinas activas***

Similar a las vitrinas activas normales (con aire), una vitrina activa libre de oxígeno consiste en una vitrina de exhibición, un ventilador, filtro, equipos de acondicionamiento de humedad y dispositivos de control. Además, el sistema necesita un suministro de gas inerte, un generador de nitrógeno, nitrógeno líquido, o cilindros de gas de alta presión, si la



elección del gas inerte es el nitrógeno (figs. 6 y 7). Sólo los cilindros de alta presión están disponibles para otros gases inertes. Independientemente de la fuente de suministro de gas inerte, el gas siempre

es extremadamente seco (menos de 1% RH); lo que implica que debe ser humectado para evitar el deterioro producido por la desecación sobre los objetos. Por lo tanto, la máxima fiabilidad del control de humedad de suministro de gas es esencial para la protección de los objetos. La tasa de suministro de gas, determinada por la tasa de pérdida de la vitrina, debe reducirse, para la seguridad y para la gestión económica del sistema. Tasas más altas de suministro también se traducen en mayores tasas de uso y reemplazo.

Debido a la complejidad y al coste, ni la concentración de oxígeno ni la humedad normalmente se monitorizan en la vitrina. Sin embargo, se monitorizan las condiciones del gas suministrado en los equipos. Se mantiene una pequeña presión positiva en la vitrina para limitar la entrada de oxígeno ambiental en la vitrina, por lo tanto, se controla la línea de presión para la regulación del suministro de gas humidificado. Si la concentración de oxígeno del gas inerte suministrado se encuentra demasiado alta, el sistema detendrá la operación y activará una alarma. Del mismo modo, si se produce un mal funcionamiento del sistema de humidificación, el sistema también se detendrá y sonará una alarma. Sin el caudal de gas de suministro para mantener una presión positiva, la vitrina perderá rápidamente la presión positiva y entrarán oxígeno ambiental, humedad y contaminantes

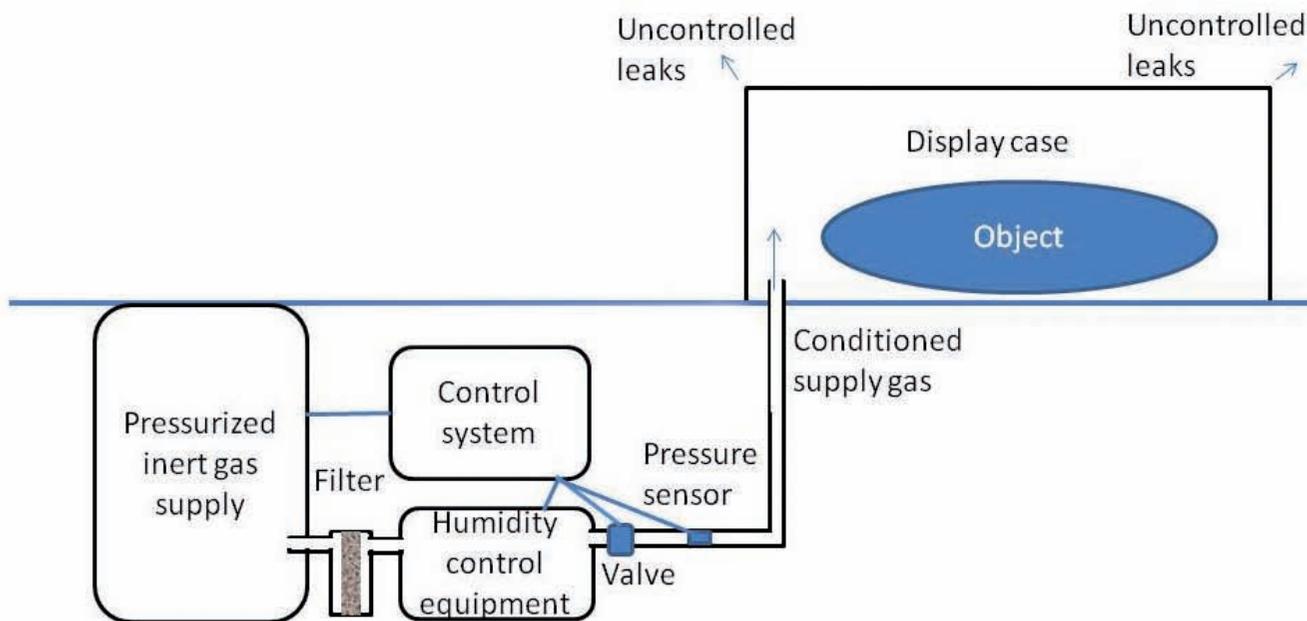


Figura 6. Esquema de vitrina libre de oxígeno con control activo.



144

**Figura 7.** Vitrinas activas libres de oxígeno para exposición de las momias reales del Museo Egipcio de El Cairo. En la pared posterior se observa un armario de acero para contener: generador de nitrógeno, reservorios de tanques, módulo de humectación y control de módulos. Los tubos de conexión están localizados bajo el suelo de la sala de exhibición. Fotografía: Shin Maekawa. GCI.

de la sala. Por lo tanto, es esencial que todos los componentes funcionen correctamente en conjunto en el sistema activo.

### Gases emitidos por los restos momificados. ¿Por qué huelen las momias?

Muchos de los restos momificados emiten fuertes olores, lo cual indica que estos bienes culturales siguen emitiendo gases de compuestos químicos a su entorno. Los compuestos gaseosos pueden ser uno o una combinación de los siguientes productos:

- Compuestos químicos usados en recientes tratamientos de restauración y conservación de los restos momificados.

- Productos de descomposición producidos por materiales de las propias momias.
- Compuestos químicos que posiblemente fueron usados durante el proceso original de momificación.

Estos compuestos químicos se pueden identificar mediante el análisis del aire dentro de las vitrinas o embalajes herméticamente sellados.

En las tablas 1, 2 y 3 se expresan los compuestos orgánicos volátiles, que fueron identificados en muestras tomadas de vitrinas selladas que contenían momias reales de las dinastías egipcias XVIII y XIX.

Para el control de la concentración de los gases, anteriormente mencionados en las vitrinas herméticamente selladas, se recomienda la colocación de absorbentes como carbón activo u otros absorbentes de contaminantes.

**Tabla 1. Compuestos relacionados con tratamientos**

• 1,4-Dichlorobenceno (pesticida)
• Naftaleno (repelente de insectos)
• Timol (fungicida)
• Acetato de etilo (adhesivo)
• Tetrahidrofurano (relleno/adhesivo)

**Tabla 2. La oxidación y deterioro de grasas produce**

Aldehidos
• Acetaldehido
• Metacroleína
• Isobutiraldehido
• Butiraldehido
• Valeraldehido
• Caproaldehido
• Isovaleraldehido
Ácidos carboxílicos
• Ácido fórmico
• Ácido acético
• Ácido propiónico
• Ácido butírico
• Ácido valérico
• Ácido caproico
• Ácido etanoico
• Ácido caprílico
• Ácido pelargónico
Otros
• Etanol
• Isopropanol
• Acetona
• 2-Butanone
• 2-Pentanone
• Tolueno
• Benceno
• Isobuteno

**Tabla 3. Posibles gases emitidos por materiales de la momificación**

• Furfural
• Alpha-Pineno (aceite de pino)
• <i>n</i> -Nonanal
• <i>n</i> -Decanal
• Thujopseno (aceite de cedro rojo)
• Alpha-Cedreno y beta-Cedreno (aceite de cedro)

## Bibliografía

MAEKAWA, Shin (1998): *Oxygen-Free Museum Cases*. Los Ángeles: The Getty Conservation Institute.

MAEKAWA, S.; y ELERT, K. (2003): *The use of oxygen-free environments in the control of museum insect pest*. Los Ángeles: J. Paul Getty Trust.

MAEKAWA, S.; y TOLEDO, F. (2001): «Sustainable climate control for historic buildings in hot and humid regions», en *Renewable Energy for a Sustainable Development of the Built Environment: Proceedings: 18th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, 07-09 November 2001*. Florianópolis: SC, Brasil, pp. 475-484.

MAEKAWA, S.; y GARCÍA, M. (2006): «Low-cost climate control system for museum storage facility on Tenerife island», en *PLEA 2006: 23rd International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006: Cléber Design, Affordable Comfort: A Challenge for Low Energy Architecture and Urban Planning*. Geneva: Université de Genève, Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie, pp. 411-416.

MAISH, J.; MAEKAWA, S.; y ELERT, K. (1999): «Preliminary Evaluation of Compressed Air Membrane Dryers for Exhibit Case Desiccation», en *Studies in Conservation*, n.º 44, pp. 104-112.

SOBLE, H.; y AJIE, H. (1992): «Modification of amino acids of Dead Sea Scroll parchments», en *Free Radical Biology and Medicine*, n.º 13, pp. 701-702.

VALENTÍN, N.; LIDSTROM, M.; y PREUSSER, F. (1990): «Microbial control by low oxygen and low relative humidity environments», en *Studies in conservation*, n.º 35, pp. 222-230.



## 3.5. Tocar o no tocar, he aquí el dilema. Normas para la manipulación de restos momificados

María García Morales

Organismo Autónomo de Museos y Centros. Área de Conservación

Cabildo Insular de Tenerife

maria@museosdetenerife.org

Una manipulación incorrecta o descuidada es la causa principal, junto con las alteraciones de la humedad relativa y el biodeterioro, de muchos de los daños que podemos observar en restos momificados (Meier, 2001; Santos Varela, 2002; Gabrielli, 2005; García *et al.*, 2008). Grietas, desgarros, aplastamientos, abrasiones, deformaciones, partes anatómicas desprendidas o a punto de desprenderse y/o pérdidas de tejido son algunos de los más comunes (Rufino, capítulo 3.2), producto también de factores intrínsecos a la momia –como el tipo de momificación o el estado de degradación de los tejidos– o del estrés medioambiental (hidratación-deshidratación, contracción-dilatación) al que se haya podido ver sometida a lo largo de su historia. No obstante, una manipulación no adecuada puede agravarlos considerablemente, ya sea extendiendo las áreas afectadas o el grado de incidencia. Es el caso, por ejemplo, de varios restos pertenecientes a la colección del Museo Arqueológico de Tenerife dañados por la actividad de insectos necrófagos cuando aún se encontraban en su cueva de enterramiento (Ortega; y Sánchez-Pinto, 1992). Estos insectos dejaron una red de pequeños orificios de salida que con el tiempo se han transformado, como consecuencia de las vibraciones y sacudidas a

las que se han sometido estas piezas con ocasión de su estudio o exposición, en zonas de micro-desgarros por donde se levanta la piel y se producen continuas micro-pérdidas de tejido.

Una momia dañada queda más expuesta a otros factores de riesgo (biodeterioro, humedad relativa y temperatura incorrecta, iluminación excesiva) con frecuencia presentes en un entorno museístico, lo que contribuye a disminuir su valor tanto como fuente de conocimiento sobre el pasado como elemento ilustrativo del mismo. Resulta obvio afirmar pues que cuanto menos se toquen los restos momificados mejor.

Ahora bien, las momias se han convertido, debido al avance de las técnicas analíticas, en una fuente inagotable de información, de ahí que tengan en la actualidad tanto interés para los investigadores. Pero aunque la tecnología se ha desarrollado tanto que permite la obtención de información sin necesidad de retirar sus vendajes, ropas o fardos funerarios (TAC) o bien mediante una toma selectiva de muestras ínfimas (endoscopia, AMS), para efectuar estos análisis es imprescindible acceder a ellas y manipularlas.

Tener la oportunidad de tocar las momias, asistidos por el instrumental adecuado, cuando se realiza

una inspección visual puede, por otro lado, ayudar a percibir detalles parcialmente ocultos o a notar, mediante el tacto, otros para los que la vista es insuficiente, como el grado de desecación de la piel o su fragilidad. Todo lo cual facilitará la toma de decisiones respecto a qué estrategias de preservación o de estudio se deben seguir. En un entorno museístico la capacidad para tocar los objetos de la colección es particularmente importante, pues forma parte de las labores de identificación, evaluación del estado de conservación y valoración (Mac Donald, 2007: 107-120; Pye, 2007: 121-138).

En los últimos tiempos los museos están haciendo enormes esfuerzos para proporcionar una mayor accesibilidad del público a sus colecciones. Este acceso comporta incluso la posibilidad de tener una experiencia más holística de los objetos, en la que se incluyan otros sentidos además del de la vista, sin llegar a comprometer por ello su conservación. Las personas con discapacidad son uno de los colectivos que se están beneficiando de estas políticas de apertura (Pye, 2007; Chatterjee, 2008).

En el caso de las momias una mayor accesibilidad del público comporta, no obstante, otros dilemas que el de la simple conservación: ¿es ético manipular un cadáver humano? (García, capítulo 1.2) ¿Tiene riesgos para la salud? (Valentín, capítulo 3.3) ¿Quién estaría cualificado para hacerlo? ¿Puede una réplica sustituir la experiencia con una momia real? La respuesta a estas y otras preguntas no es sencilla, por eso los conservadores, restauradores o técnicos responsables de las colecciones deben no sólo estar capacitados para decidir, implementar o aplicar las pautas de conservación más adecuadas en cada caso, sino conocer el contexto socio-cultural en el que se desarrolla su actividad e influye en sus decisiones. Algunas de las objeciones que ponemos a la manipulación de las momias –y en general de las colecciones de un museo– pueden estar motivadas más que por una amenaza real a su conservación, por prejuicios sociales, concepciones culturales o usos profesionales desarrollados a lo largo de los siglos XIX y XX (Candlin 2007: 89-106; 2008: 9-20). En palabras de Elizabeth Pye (2007: 134):

«There are certainly risks in allowing handling but there are many risks to objects in the museum and heritage context».

Una forma de resolver este aparente conflicto entre los riesgos potenciales que conlleva cualquier manipulación (Marcon, 2009) y los beneficios que puede reportar es el establecimiento de unas normas de obligado cumplimiento, tanto por parte de los responsables de la colección como de las personas que hayan solicitado el acceso a la misma. Estas normas sólo adquieren verdadera eficacia si están acompañadas o se usan en combinación con un informe de su estado de conservación, donde se explicitan los daños presentes, su localización y grado de incidencia (Rufino, capítulo 3.2). El desconocimiento tanto de la naturaleza de los especímenes a manejar –estructura interna, estado de conservación, resistencia a la presión– como de la mejor forma de hacerlo puede causar más daños que posibles descuidos o accidentes (Bachman, 1992). Por eso, antes de enumerar las pautas a seguir cuando tengamos que manipular una momia, conviene que hablemos de su estructura interna y de los puntos más sensibles a la presión, sacudidas bruscas o vibraciones.

### Estructura interna de las momias

Las posturas más habituales que presentan las momias son decúbito supino, es decir, extendidas con los brazos pegados a los costados o flexionados sobre el pecho o bajo vientre y sentadas, con brazos y rodillas flexionados y pegados al pecho. Muchas momias naturales también se encuentran en una postura fetal. En las primeras son particularmente frágiles la zona del cuello y las articulaciones de codos y rodillas,



tanto si se encuentran vendadas o envueltas en pieles y tejidos, como desnudas. El peso del cráneo apenas recibe sostén de los músculos y la piel del cuello, por lo que nunca debemos alzarlas sin haberles proporcionado antes un apoyo adicional. Lo mismo ocurre con las piernas y los brazos, demasiado pesados para sustentarse sólo en los tendones y ligamentos de los codos y las rodillas. Estos puntos hay que reforzarlos antes de intentar cualquier movimiento. También debemos prestar atención a la zona de las caderas, porque si se manipulan con brusquedad podemos romper sus ligamentos y provocar que las cabezas del fémur se salgan de sus fosas. La caja torácica es particularmente sensible a las sacudidas. Aunque externamente los tejidos presenten un buen estado, sin desgarros o pérdidas, el interior puede albergar una situación bien diferente. El cartílago se degrada más rápidamente que los huesos dejando a las costillas sin sostén, por lo que se desmoronan. Esta situación puede empeorar cuando el relleno artificial de la caja torácica no es suficiente –es el caso de las momias evisceradas– o los órganos internos se han contraído tanto al desecarse que dejan cámaras de aire. Cuando manipulemos el tronco debemos intentar distribuir la presión homogéneamente, evitando asirlo o pasarle cinchas por el vientre o los genitales masculinos. Tampoco debemos tocar las orejas, párpados o nariz.

La forma correcta de alzar una momia extendida sería (fig.1):

- Se sitúa una persona en la cabecera y otras dos a la altura del pecho. De forma coordinada colocan sus manos bajo la coronilla, evitando tocar las orejas y los hombros, elevándolos apenas unos milímetros, lo justo para pasar una tira de tela elaborada preferiblemente con un tejido de conservación, o uno con una resistencia y estabilidad química similar. Su ancho dependerá del tamaño del espécimen.
- Se mantiene la persona a la cabecera y se sitúan dos a cada lado de las caderas deslizándoles sus manos por debajo de las mismas. Otras dos agarran cada uno de los extremos de la abrazadera ya colocada. Cuando estén todos preparados elevan cabeza, tronco y caderas lo mínimo para deslizar otra tira que cubra todo el tronco y las caderas.
- Para finalizar, se colocan dos personas a cada lado de las rodillas, una en los pies y de tres a cuatro alrededor del tronco. Al igual que en los

pasos anteriores se eleva el cuerpo al unísono, para pasar la última tira en torno a las piernas.

Ya la tenemos preparada para moverla y colocarla sobre un soporte. El número total de personas necesarias en la operación dependerá de sus dimensiones, peso y estado de conservación.

Las momias sentadas deben moverse, en la medida de lo posible, en su posición anatómica original. Una forma de hacerlo es deslizándolas, una o dos personas, las manos bajo sus nalgas, mientras que una tercera se sitúa a sus espaldas con las manos sobre los hombros para procurar su equilibrio al elevarlas. Al igual que con las anteriores se alzarán lo indispensable para colocar el soporte sobre el que las moveremos. La cabeza y el cuello requieren ser manejados con especial atención por muy firme que parezcan sobre los hombros, por lo que debemos fijarlos antes de iniciar cualquier movimiento. También es importante controlar la presión que se ejerza sobre brazos y piernas, para no forzar la flexión y rasgar los tejidos. Bajo ninguna circunstancia tiraremos de los hombros, los codos o las rodillas.

Si nos viéramos obligados a moverlas en horizontal debemos apoyarlas sobre su espalda y colocar toques acolchados en sus costados para evitar que puedan girarse.

Si bien estas pautas generales sirven para la mayoría de momias desecadas, conviene que antes de

149

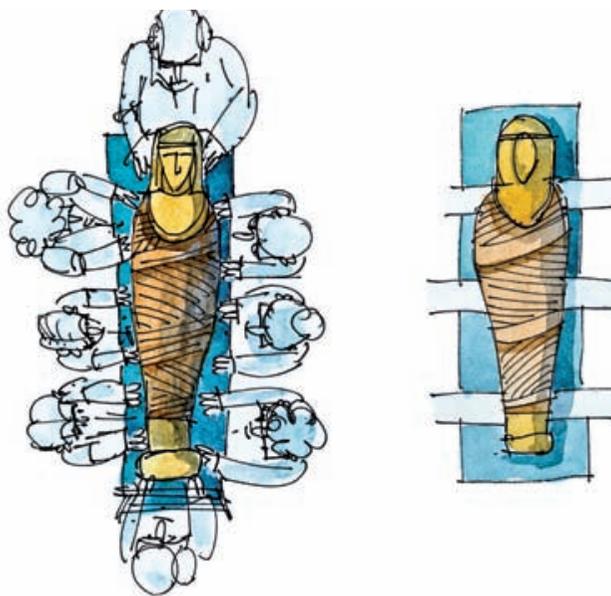


Figura 1. Cómo manipular o mover las momias. Dibujo: Jesús Herrero. IPCE.

realizar cualquier movimiento que concierna a especímenes particularmente frágiles, enteros, o de gran volumen, o que dure más de unos minutos o implique desplazamientos largos, elaboremos un plan por escrito de cómo vamos a actuar.

Los restos momificados deberían moverse siempre sobre un soporte individual confeccionado con materiales ligeros, resistentes y durables, no importa cuál sea su tamaño o estado de conservación. Lo ideal sería mantener la momia asociada siempre a su soporte, tanto si se encuentra en el almacén como expuesta. Esto implica usar en su construcción materiales químicamente inertes, al igual que un diseño que facilite su integración en el sistema de almacenaje o en las vitrinas de exposición del museo, así como su uso en desplazamientos hacia otras dependencias, centros de investigación o instituciones museísticas. En este punto sigue siendo necesaria una mayor difusión de los principios que rigen la conservación de los bienes patrimoniales, no sólo entre los profesionales de los museos, en particular los diseñadores de exposiciones, sino entre el público en general (García *et al.*, 2008). Algunos diseños expositivos, con gran aceptación popular, siguen disponiendo las momias en posturas y en contacto con materiales potencialmente contaminantes que comprometen su preservación.

150

### Soportes

Un soporte bien construido puede reducir considerablemente los riesgos que conlleva cualquier manipulación, convirtiéndose en un elemento imprescindible en cualquier estrategia de conservación preventiva (Marcon, 2009: 31).

En primer lugar, un buen soporte nos permite reforzar el esqueleto que puede estar frágil, incompleto o desconectado, sin tener que recurrir a insertar elementos extraños como grapas metálicas o cuñas de madera, prácticas habituales en el pasado. Una radiografía puede sernos útil a la hora de diseñarlo o decidir el más adecuado, sobre todo cuando tratemos con momias vendadas o envueltas, pues desvela el estado de conservación de su esqueleto: huesos inconexos, desplazados, fragmentados o desaparecidos. Asimismo, al facilitar que el peso se distribuya homogéneamente a lo largo de toda su superficie, elimina el riesgo de ejercer una tensión excesiva sobre puntos concretos, ya sea como consecuencia de la fuerza de gravedad o del agarre; tensiones que se producirían

si izáramos o trasladáramos las momias con la sola ayuda de nuestras manos y brazos. Un soporte no sólo evita que ejerzamos una presión indebida sobre la momia, sino que al proporcionarnos una superficie de agarre más amplia, firme y regular disminuye el riesgo de que se resbale o la movamos bruscamente. Por último, puede usarse a modo de barrera entre ésta y la superficie donde se vaya a colocar. Esto nos permite desarrollar soluciones de almacenaje y exposición más sostenibles, con materiales menos inertes –de los que Jean Tétreault (1994) denomina como compatibles– pero más económicos y asequibles.

Estas ventajas, sin embargo, pueden convertirse en serias desventajas si su diseño y los materiales empleados en su elaboración no se adaptan a las peculiaridades de la momia. De ahí que debemos prestar especial atención a ambos aspectos, sobre todo cuando se pretenda construir un soporte duradero y multiusos. Las soluciones tecnológicamente más sofisticadas no son siempre las más eficaces.

### *Características básicas que debe tener un soporte para momias*

- Estar elaborado con materiales cuya estabilidad química y durabilidad física esté avalada por pruebas de envejecimiento o reactividad (ej: test de Oddy, *spot test*) o su uso continuado en museos (tablas 1-4). Si nos viéramos obligados a emplear otros de menor durabilidad y/o susceptibles de emitir sustancias volátiles, debemos buscar aquellos que sean más compatibles con la naturaleza orgánica de las momias y el entorno al que estarán expuestos (Tétreault, 1994; National Park Service, 2004; Ceballos, 2008). Por ejemplo, si las momias van a estar en un almacén con una humedad relativa alta y temperatura fluctuante, sería más seguro utilizar como cobertor un tejido de algodón ligero, transpirable, que un polietileno de baja densidad proclive a condensaciones. En cualquier caso, cuando usemos materiales sobre los que alberguemos alguna sospecha, lo más seguro es forrarlos con otro que bloquee cualquier migración de sustancias o gases (producto de su degradación) hacia la momia. Al considerar la compatibilidad de los materiales a utilizar tenemos también que tener en cuenta tres cosas.

Primero, por cuánto tiempo vamos a usarlo. Si se trata, por ejemplo, de un traslado desde el almacén a una nueva sala de exposición podemos recurrir a una colchoneta de goma espuma (poliuretano) forrada de plástico (polietileno de baja densidad) y fijada a un tablero de aglomerado. Si por el contrario, se tratara de un soporte destinado al almacenaje, tendremos que utilizar elementos estables.

Segundo, el entorno: comportamiento de la humedad relativa y la temperatura, nivel de iluminación y calidad del aire.

Por último, las momias como parte de su proceso de descomposición también emiten sustancias volátiles (García, capítulo 3.5) que podrían reaccionar, a la larga, con el soporte, sobre todo en espacios herméticos, poco aireados, que favorezcan un aumento de su concentración.

Es recomendable inspeccionar los soportes regularmente para detectar cualquier indicio de degradación y poder retirarlos antes de que causen algún daño. La frecuencia de estas inspecciones dependerá de la calidad de los materiales usados y de las condiciones ambientales a las que estén sometidos.

- Ser ligero, a la vez que lo bastante rígido como para soportar el peso de la momia. Si no estuviéramos seguros de la rigidez de un material podemos probar a pegar 2 o 3 láminas. Un buen soporte no debe arquearse.

- Tener una superficie lisa y suave para evitar arañazos o rozaduras, pero con una textura que impida que la momia se deslice fácilmente o se enganchen las fibras de su vendaje o indumentaria.
- Tener una forma y dimensiones que permita ser asido por dos o más personas con comodidad.
- Ser de un color que delate la acumulación excesiva de polvo, los detritus producidos por una actividad indeseada de insectos o las posibles pérdidas, en forma de polvillo o microfragmentos, del vendaje, indumentaria o piel de la momia, señales inequívocas de que hay en marcha un proceso de degradación, ya sea químico o mecánico.
- Estar acolchado (tabla 2). El espesor y disposición de este acolchado dependerá tanto del uso que vayamos a darle al soporte como de la momia a la que se destine. Así, un soporte construido para efectuar traslados tendrá que ser bastante más mullido, para evitar rozamientos y amortiguar posibles vibraciones y sacudidas, que uno hecho exclusivamente para exposición, donde podríamos llegar incluso a prescindir del acolchado. En cuanto a su disposición, podemos limitarlo a aquellas zonas bajo el cuerpo que no lleguen a apoyarse totalmente en el soporte, como la nuca, rodillas o cintura, para evitar que queden en vacío

151



**Figura 2.** Restos de recién nacido momificado sobre soporte que sigue su contorno elaborado con plástico corrugado, guata de poliéster y tejido elástico de algodón 100%. Fotografía: María García. OAMC.

(ayudándonos, por ejemplo, de almohadillas de Tyvek® rellenas de guata de poliéster) o extenderlo a toda su superficie. Asimismo, podemos diseñarlo como un elemento integrado de forma permanente en el soporte (fig. 2) o que se pueda quitar o poner a conveniencia (como por ejemplo una colchoneta unida con cintas o velcro).

### Tipos de soporte

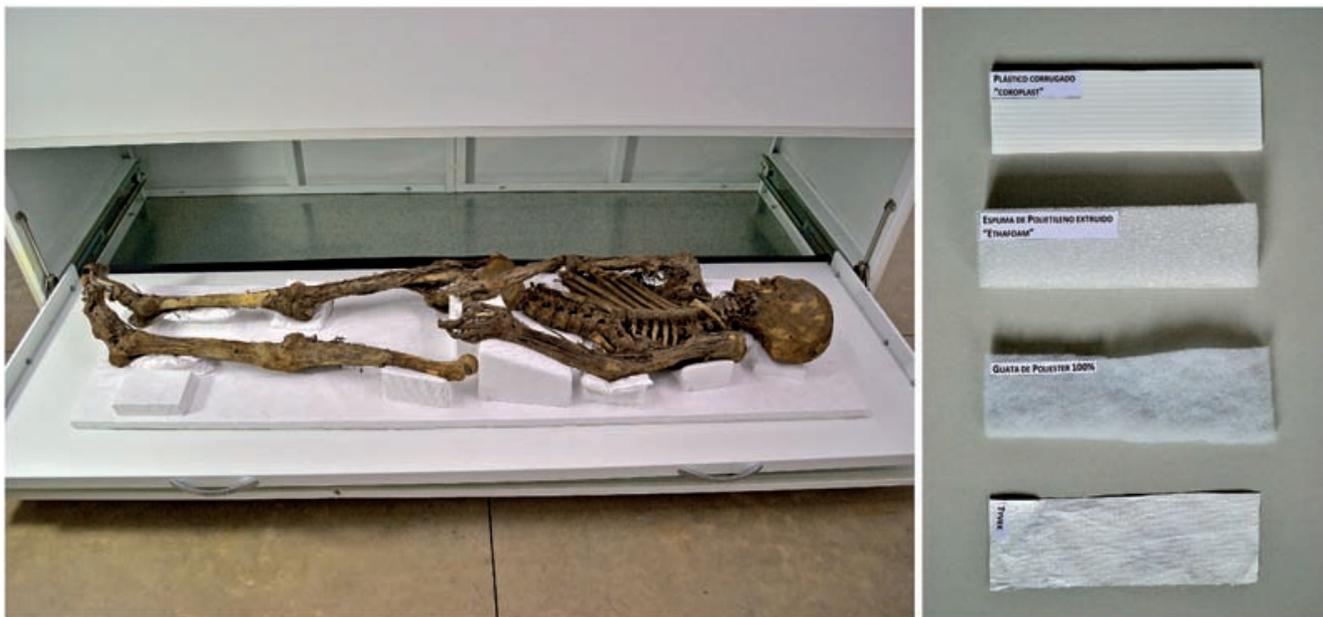
Cada momia es única, por lo que va a requerir del diseño de un soporte personalizado. No obstante, aquí hemos intentado englobar las soluciones desarrolladas en una tipología que pueda servirnos de guía a la hora de construir el nuestro.

- Arnés. Como ya explicamos, la forma más sencilla de izar una momia es usando unas tiras de tela que podamos deslizar debajo de su cuerpo y rodearlo a modo de abrazadera formando un arnés. Este arnés debe estar hecho con un tejido poco grueso, preferiblemente de calidad conservación-restauración, lo bastante resistente como para soportar su peso. Las tiras que lo forman tienen que tener una longitud algo mayor que el contorno de la momia, para poder abrazarla con holgura y dejar espacio para asirlas. Si ésta es muy frágil podemos considerar reforzar el arnés

deslizando una pieza de tela mayor, que la circunde totalmente (García Morales, 2000). El objetivo es proporcionarle una mayor superficie de apoyo para distribuir su peso. Esta segunda pieza de tela podemos fijarla a unas varillas a modo de parihuela, reduciendo así el personal necesario para moverla (Nicola, 2008). Las fajas y la parihuela no son soportes aptos para movimientos de largo recorrido porque carecen de la suficiente rigidez. Por tanto, su uso debe considerarse siempre como un paso intermedio en el proceso de su colocación sobre un soporte. Si la momia se va a introducir en una caja de embalaje, o en su sarcófago, o se va a colocar sobre un soporte temporal, conviene seguir manteniendo las tiras –o la parihuela, previa retirada de las varillas de sujeción– en su posición, para así evitar tener que volver a tocarla cuando la movamos nuevamente. En este caso sí debemos usar textiles de calidad conservación.

- Plancha plana. Son soportes de elaboración sencilla, que no requieren herramientas complejas y pueden hacerse con distintos tipos de planchas o láminas (tabla 1), ya sea con forma rectangular o cuadrangular, o recortados para seguir el contorno de la momia (Nicola, 2008; Laurin, 1988). Además, si cuidamos

152



**Figura 3.** Soporte plano diseñado para el almacenaje y exposición de un espécimen muy deteriorado. La base es de plástico corrugado acolchado, espuma de polietileno extruido, guata de poliéster 100% y forrada con tyvek. Se colocaron almohadillas del mismo material en zonas necesitadas de mayor sujeción. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.

su diseño y empleamos materiales duraderos, de calidad conservación, podemos usar el mismo soporte para transporte, acoplado a un carro o embalaje, como parte del sistema de almacenaje (Hori, 1988; Hearst Museum, 2010; Brooklyn Museum, 2011), para introducirlo en un TAC o en una vitrina. Resultan, por tanto, muy eficaces y flexibles. Si el soporte plano está destinado a una momia desnuda, es decir, que no conserva su vendaje o envoltorio mortuario, es siempre recomendable acolcharlo, aunque sea levemente, especialmente si se usa en traslados (fig. 3).

- Tipo recipiente. Tiene la ventaja de que sus paredes proporcionan a la momia una protección extra, tanto al evitar que pueda caer si se desliza como actuando de barrera contra posibles golpes durante su manipulación. Además, el interior puede acolcharse con distintos tipos de materiales (tabla 2) –incluida arena para imitar las condiciones del yacimiento (Santos Varela, 2002)– y siguiendo distintas técnicas: desde simples almohadillas de papel tisú dispuestas entre el cuerpo y las paredes de la caja, hasta varias láminas de polietileno expandido recortadas conforme al

contorno y volumen de la momia (fig. 4). Este tipo presenta, no obstante, un inconveniente si se usa con momias grandes. Si no disponemos de un material rígido, a la par que muy ligero, la caja resultante podría ser demasiado pesada y poco manipulable. Esto siempre podemos subsanarlo añadiéndole ruedas. Estos soportes están especialmente indicados para almacenaje, aunque también podemos usarlos para traslados cortos o integrarlos en una vitrina de exposición.

- Tipo asiento. El más simple consiste en un aro de goma espuma de polietileno u otro material en el que se encajan las nalgas. Este aro puede valer también para momias en fardos. En este caso podemos complementar el soporte con una red de nylon (Nylonnet®) o un tejido tipo gasa (Stabiltex®, Terelene®) que cubra la capa de tejidos externos, para una mayor protección, sin comprometer por ello su visibilidad. Si este tipo de asiento fuera insuficiente para estabilizar la momia en posición vertical, tendremos que probar a diseñar uno con respaldo que llegue bien hasta la cintura o hasta el cuello, dependiendo de la fragilidad del espécimen. El metacrilato es una buena opción, pues se puede modelar.
- Modelado a medida. Un soporte elaborado conforme a un molde de la momia tiene la ventaja de ajustarse estrechamente a su contorno, proporcionándole un mayor apoyo. Ésto lo hace especialmente adecuado para momias incompletas, sentadas o en posturas anómalas. Si además se construye en un material transparente, como el metacrilato, resulta muy atractivo para exposición (Castro i Jiménez, 2003; Gabrieli, 2005; Nicola, 2008). No obstante, el proceso de modelado supone un riesgo añadido para la momia, porque implica una mayor manipulación y, en ocasiones, el uso de desmoldeantes. Antes de decidarnos por un soporte de este tipo deberíamos tener muy claro los pros y contras.
- El original de la momia. Mantener a las momias en su sarcófago o ataúd tiene indudables ventajas expositivas al mostrarlas en un contexto más cercano al original. No obstante, si van a estar almacenadas es preferible guardarlas por separado, haciendo uso de soportes concebidos para este fin.

153



**Figura 4.** Soporte elaborado para el almacenaje de restos momificados de pequeño tamaño guardados en armarios metálicos con cajones. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.

**Tabla 1. Materiales que pueden usarse en la construcción de soportes como bases (Tetrault, 1994; NPS, 2004)**

Material	Descripción	Nombre comercial	Disponible	Características	Observaciones
<b>Acero inoxidable</b>	– Aleación de acero (hierro + carbono) y cromo		– Láminas, varillas	+ – Resistente a la corrosión, el fuego y la deformación - – Material caro	
<b>Cartón calidad museo</b>	– Cartón elaborado con fibras de celulosa muy refinadas para eliminar ácidos y lignina	– Cartón museo – Cartón corrugado – Cartón conservación	– Planchas y cajas varios colores	+ – Ligero, pH neutro, fácil de cortar, económico, resistente a la luz. No es resistente al agua, fuego y agentes químicos en general - – Hay que pegar varias láminas para darle rigidez	– Si el cartón no es libre de ácido no poner nunca en contacto directo con la momia y usar por tiempo limitado
<b>Fibra de vidrio (GRP, GFRP)</b>	– Matriz de plástico, formada por una resina epoxy o de poliéster a la que se le ha añadido fibras de vidrio para reforzarla		– Rollo, láminas, Picada en bolsas	+ – Ligero, resistente y fácil de modelar	– Debe usarse con resinas acrílicas calidad conservación – Según el modelo a realizar se aplica en láminas o picada
<b>Poliuretano</b>	– Espumas termoestables con celdas abiertas o cerradas	– <i>Mousse</i> de poliuretano	– Planchas espray	+ – Flexibles o rígidas – Buena resistencia mecánica, a agentes químicos, abrasión y temperaturas altas - – Productos de su degradación dañinos y tóxicos	– Nunca usar en contacto directo con la momia, ni en espacios cerrados. Sólo por periodos cortos de tiempo
154 <b>Paneles sándwich Varios materiales</b>	– Paneles rígidos consistentes en un núcleo compacto, de espuma plástica, o con estructura de nido de abeja emparedado entre dos láminas  – Panel sándwich de espumado de poliestireno entre dos láminas de cartón de pH neutro	– Panel nido abeja de polipropileno – Panel nido abeja aluminio – Panel sándwich aluminio – Panel polipropileno poliestireno aluminizado  – Cartón pluma Fome-Cor® (Gómez; y San Andrés, 2011)	– Planchas en varios tamaños y grosores	+ – Inertes. No le afectan la mayoría de solventes ni los agentes químicos – Rígidas y extremadamente ligeras. Buenos aislantes térmicos. Resistentes a los impactos y al agua en distinta medida  + – Ligero, rígido y fácil de cortar. Resistente a la humedad y microorganismos. Buena capacidad para adsorber los impactos - – Aislante térmico. Reutilizable y reciclable  – Presentan una conductividad eléctrica baja por lo que adquieren carga estática con facilidad	– Elegir sólo aquellas realizadas con poliéster, polipropileno, poliestirenos
<b>Placanex®</b>		– Placanex®	– Planchas	+ – Ligero, fuerte y duradero. Resistente al agua, la humedad y la mayoría de los agentes químicos. No se agrieta. Económico	

3.5. Tocar o no tocar, he aquí el dilema. Normas para la manipulación de restos momificados

Material	Descripción	Nombre comercial	Disponible	Características	Observaciones
<b>Plástico corrugado</b>	– Láminas de polipropileno de doble pared	– Coroplast®, Polyflute®	– Planchas de varias medidas	+ – Ligero, inerte, pH neutro. Resistente al agua, aceite y solventes. Fácil de cortar con un cuchillo o tijera - – Puede degradarse si se expone al sol. Le falta rigidez y fortaleza frente a los impactos	
<b>Policarbonato</b>	– Polímeros cuyos grupos de enlace están formados por carbonatos		– Planchas	+ – Transparente, ligero y económico. Resistente al rayado, impactos, radiación UV, agua, calor. Buen aislante térmico - – Los bordes resultantes son afilados y pueden cortar	– Contiene bisfenol A, sospechoso de ser dañino para los humanos
<b>Polimetilmetacrilato (PMMA)</b>	– Plástico obtenido de la polimerización del metil metacrilato	– Metacrilato, Plexiglas®, Perspex®, Lucite®	– Planchas	+ – Transparente, ligero, resistente a los impactos y la deformación. No se agrieta y cuesta romperlo - – Se raya con facilidad	
<b>Tableros de fibra de madera</b>	– Fabricados con virutas de madera encoladas y sometidas a presión. Pueden estar plastificados con melanina o chapados con madera natural – Fabricados encolando varias chapas de madera – Hechos con una mezcla de material fibroso encolado con una resina sintética a alta presión y temperatura, para obtener una densidad media – Fabricados con fibras húmedas unidas con resinas naturales y sometidas a altas presiones y temperatura -Puede estar plastificado con melamina	– Aglomerados – Contrachapados – DM, MDF – Tablex	– Tableros de varios tamaños y grosores	+ – Rígidos, resistentes, económicos salvo los chapados, fáciles de trabajar con la herramienta apropiada - – Pesados. Emite urea-formaldehído y otros volátiles orgánicos + – Rígidos, ligeros, resistentes al alabeo y de gran estabilidad dimensional. Disponibles y baratos - – Emiten volátiles orgánicos + – Rígidos, resistentes, se trabaja como la madera. Alta disponibilidad - – Pesados, les afecta la humedad y emiten volátiles orgánicos + – Ligero pero muy duro - – Emiten volátiles orgánicos	– Deben pintarse o usarse con otros materiales barrera – No es recomendable su uso en espacios cerrados y por largos períodos
<b>Vidrio templado</b>				+ – Resistente al calor y a la mayoría de agentes químicos. El vidrio templado es muy resistente a la tracción mecánica y rompe sin aristas - – Se debe manipular con extremo cuidado. No se puede usar en traslados	– No es muy eficaz cómo barrera

**Tabla 2. Materiales que pueden usarse en la construcción de soportes como acolchado**

Material	Descripción	Nombre comercial	Disponible	Características	Observaciones
<b>Espuma de poliestireno</b>	- Poliestireno expandido	- Tecnopor® - Stirofoam®	- Bolitas - Planchas	+ - Ligera y resistente a los microorganismo y la humedad. Aislante térmico. Reutilizable y reciclable	- Las bolitas hay que embolsarlas para que resulten eficaces - Adquieren electricidad estática
<b>Fieltro sintético</b>	- Tejido de Poliester 100%, sin tejer, abatanado	- Polyfelt	- Rollo	+ - Químicamente inerte, reutilizable  - Costoso	- Las fibras pueden engancharse si se usa en contacto directo con la momia
<b>Gomaespumas o espumas (Ceballos, 2008)</b>	- Polietileno extruido de célula cerrada	- Ethafoam® - Cell-Aire® (Polyevart, 2011)	- Planchas de distintos tamaños y grosores - Rollo	+ - Flexibles, ligeras y fáciles de trabajar con cuchillas en frío o caliente - Resistentes a la humedad, reciclables y reutilizable, sin aditivos dañinos ni CFC ni HCFC que daña el ozono - El ethafoam y el Plastazote tienen una excelente resistencia a la deformación bajo carga - El plastazote tienen una superficie suave y antideslizante	- Superficie áspera, no es recomendable poner en contacto directo con la momia
	- Polietileno reticulado de célula cerrada	- Plastazote®	- Planchas en varios tamaños y grosores		
	- Poliolefin extruido de célula cerrada	- Volara®	- Rollo color blanco y negro	+ - Flexible, muy ligera y fácil de trabajar con cuchillas en frío o caliente. Su superficie es suave y antideslizante. Aislante térmico - Resistente a la humedad	
	- Poliuretano		- Planchas distintos grosores y densidad	+ - Económicas y fáciles de encontrar - Se degradan rápidamente con emisión de sustancias dañinas y tóxicas	- No usar nunca en contacto directo con la momia, ni espacios cerrados. Sólo por períodos cortos de tiempo (ej. traslados)
<b>Plástico de burbujas</b>	- Polietileno de baja densidad		- Rollo distintos grosores	+ - Fácil de encontrar y económico - Puede contener aditivos potencialmente dañinos lo que limita su tiempo de uso (traslados, acolchado temporal)	- No poner en contacto directo con la momia
<b>Poliéster batido</b>	- Vellón de Poliéster 100%. No está tejido de ahí su aspecto algodonoso	- Guata, mus de poliéster	- Rollo	+ - No adsorbe el agua - Si no tiene calidad conservación hay que aislarlo con material barrera	- Nunca debe ir en contacto directo con la momia pues se pueden enganchar las fibras
<b>Muletón</b>	- Algodón 100% abatanado	- Muletón		- - El de calidad conservación tiene un precio elevado	- Si no es calidad conservación hay que lavar antes de usar

3.5. Tocar o no tocar, he aquí el dilema. Normas para la manipulación de restos momificados

**Tabla 3. Materiales que se pueden usar en la construcción de soportes como barrera**

Material	Descripción	Nombre comercial	Disponible	Características	Observaciones
<b>Film de nylon</b>	- 100% nylon	- Dartek®	- Rollo	+ - Fuerte, suave, transparente, durable, sin plastificantes ni aditivos - Resistente a la abrasión y mayoría de agentes químicos excepto ácidos - Bloquea emisiones volátiles y aceite	- Los objetos pueden deslizarse sobre su superficie
<b>Film de poliéster</b>	- 100% poliéster	- Melinex®, Mylar®	- Láminas, rollos en diferentes grosores	+ - Transparente, químicamente estable - Protege contra la radiación UV - En combinación con papel secante puede usarse como barrera contra emisiones ácidas - Caro	
<b>Marvelseal®</b>	- Film de polietileno y nylon laminado con aluminio	- Marvelseal®	- Rollo	+ - Bloquea el vapor de agua y gases atmosféricos - Caro	- Se puede hacer una versión económica con papel de aluminio (Tetrault, 2010)
<b>Plástico</b>	- Polietileno de baja densidad		- Rollo. Varios grosores	+ - Inerte, resistente al agua - Económico y fácil de encontrar - Puede tener problemas de condensación	- No es muy eficaz como barrera
<b>Pinturas (Tetrault, 2001; BOE, Real Decreto 227/2006)</b>	- Emulsiones con baja emisión de compuestos orgánicos volátiles			+ - Fáciles de conseguir - Deben dejarse secar 4 semanas como mínimo	- Nunca usar pinturas de base oleosa o alquídica, con uretano o esteres epoxy

**Tabla 4. Materiales que se pueden usar en la construcción de soportes textiles para forro**

Material	Descripción	Nombre comercial	Disponible	Características	Observaciones
<b>Batista</b>	– Tejido fino de algodón 100% con ligamento de tafetan	– Batista		+ – Ligera, se tiñe con facilidad y es resistente a los lavados – Absorbe la humedad  - – Se arruga. Resiste mal los ácidos	– Usar calidad conservación con apresto mínimo, si no lavarlas antes de usar. Mezclas de algodón y poliéster pueden usarse con precaución
<b>Gasa de poliéster</b>	– Gasa de poliéster 100%	– Stabiltex® – Terelene® – Tetex®	– Rollo	– Resistencia a los UV, bacterias, ácidos y agentes oxidantes	– Se necesita habilidad y experiencia para cortarla y sellar los bordes (Thomsen, 1998)
<b>Lino</b>	– Tejido de lino 100%. Dependiendo de la urdimbre es muy fino o más basto			+ – Ligero, se tiñe con facilidad, suave al tacto, adsorbe la humedad  - – Se arruga con facilidad	
<b>Muselina</b>	– Como la batista pero más gruesa y sin descruar	– Muselina	– Varios pesos y tramas – Natural o blanca	+ – Ligera, solida, fina, económica – Adsorbe la humedad - – Se arruga con facilidad	– Si no es de calidad conservación debe lavarse antes de usar y revisarse anualmente
<b>Organza de seda</b>	– Tejido ligero de seda 100%, con ligamento de tafetán	– Organza, crepelina		+ Apresto mínimo, muy fina, resistente al rasgado - – Muy cara	– Sólo recomendable para restauración
<b>Papel tisú laminado</b>	– Papel tisú laminado de polietileno	– Lampraseal®	– Rollo	– Muy suave, resistente al rasgado, transpirable – Relativamente caro	
<b>Red de Nylon</b>	– Nylon 100%	– Nylonnet – Cerex®		+ – Muy flexible  - – Precio elevado. Poco resistente a los ácidos y UV	– Si la rejilla es muy abierta puede rasgar el tejido que protege
<b>Tyvek®</b>	– Tejido de fibras de polietileno de alta densidad	– Tyvek® (DuPont)	– Rollo	+ – Fuerte, ligero, antiestático y difícil de desgarrar – Resistente al agua, los UV y el calor – Fácil de cortar. Reutilizable y reciclable	– Hay distintas calidades

158

### Normas elementales de manipulación

Un museo no debería dejar el manejo de su colección de restos momificados exclusivamente al criterio de su personal técnico o de los investigadores que solicitan su estudio. Muchos no tienen conocimiento suficiente o experiencia en las técnicas de manipulación usadas por los conservadores-restauradores para garantizar el buen estado de las colecciones. Aquí, el sentido común —el menos común de los sentidos— según el refranero español— aunque ayuda, no es suficiente. La manipulación de los restos momificados

debería ceñirse, por tanto, a un protocolo o conjunto de normas escritas, elaboradas teniendo en cuenta la misión del museo, el uso y grado de accesibilidad que pretendemos darles y sus requerimientos en conservación (García Morales, 2000). En la elaboración de este protocolo debería participar todo el personal con una responsabilidad o un interés directo sobre la colección, como conservadores, conservadores-restauradores, registradores, fotógrafos y técnicos de didáctica. Discutir las necesidades de los usuarios potenciales, frente a las de la colección, nos permitirá hacer una mejor valoración de los riesgos inherentes

a su uso y determinar, además, cuáles de las reglas básicas que rigen la manipulación de cualquier objeto de museo son aplicables tal cual o con modificaciones, o si es necesario establecer otras nuevas. Asimismo, estas reglas deberían ser del conocimiento de todo el personal, no sólo de los responsables de la colección, pues nunca se sabe, sobre todo en los museos pequeños, cuando vamos a necesitar que nos «echen una mano».

Cuando tengamos que manipular cualquier resto momificado conviene seguir las siguientes normas:

– *Uso de guantes*

Los restos momificados conviene manipularlos siempre con guantes, sobre todo cuando dicha manipulación se prolongue más allá de unos pocos minutos. Este es el caso de la preparación para una exposición o de los traslados fuera del museo. Un investigador que se encuentre midiendo, describiendo o inspeccionando una momia, sólo tendrá que recurrir a «tocarla» unas pocas veces. No obstante, el resto del tiempo sus manos pueden entrar en contacto con el instrumental o equipos necesarios para su investigación, material de escritura o dibujo, el mobiliario, otros colegas e, incluso, comida o bebida si sale para hacer un alto en el trabajo. Si no se pone guantes, corre el riesgo de que los pequeños restos de suciedad, sudor o aceites naturales que quedan siempre en las manos se pasen a la momia durante alguno de estos breves contactos. Estas huellas de nuestra actividad no son siempre visibles a simple vista ni de forma inmediata. Lo habitual es que sus efectos se acumulen a lo largo del tiempo.

Podemos usar distintos tipos de guantes de acuerdo con nuestras necesidades, gustos personales, disponibilidad o presupuesto. En general, los guantes de examen no estériles de látex, plástico o nitrilo van bien siempre que sean sin empolverar. El polvo añadido para facilitar su colocación puede manchar los objetos en un descuido.

Si tenemos problemas de alergia podemos usarlos de vinilo hipoalérgico o de algodón. Estos últimos han de estar en buen estado, pues con los sucesivos lavados pueden empezar a soltar borras o se aflojan sus fibras facilitando que se enganchen. Es recomendable tener siempre una reserva de guantes en buen estado para su uso exclusivo con momias.

Cuando los restos momificados procedan de una excavación arqueológica rigurosa, o no posean una biografía azarosa o bien tengamos constancia analítica

de unos niveles de contaminación antrópica o microbiológica baja, deberíamos considerar manejarlos con guantes de cirugía estériles, a pesar de su coste más elevado. De esta forma contribuimos a preservarlos para futuros análisis.

Otra razón para usar guantes es la seguridad personal. Las momias pueden estar contaminadas por hongos y bacterias, algunas como el *Aspergillum nigrum* son muy nocivas para la salud (Valentín, capítulo 3.4). Además, pueden tener restos de los insecticidas usados durante años para prevenir o combatir plagas de insectos, la mayoría de los cuales están actualmente prohibidos por la legislación debido a sus efectos nocivos sobre la salud y el medio ambiente. No obstante, si fuera necesario manejarlas con las manos desnudas no debemos olvidar lavárnoslas bien antes y después, con un jabón antiséptico o germicida.

– *Uso de mascarillas*

No conviene olvidar que las momias son cadáveres (materia orgánica) cuyo proceso natural de descomposición aún continúa, aunque tan alterado en cuanto al ritmo y la forma que resulta apenas detectable sino es por el olor característico que queda en sus vitrinas o contenedores, o por un análisis del aire utilizando el método de cromatografía de gases con espectrometría de masas (GS/MS). Además, pueden tener altos niveles de contaminación por hongos y bacterias, lo que supone, como ya hemos comentado, un riesgo para la salud. Por tanto, el uso de mascarillas es recomendable sobre todo cuando se trate de una manipulación prolongada, en un sitio cerrado y no estemos seguros de su estado de conservación.

– *Indumentaria apropiada*

Cuando tratemos con momias deberíamos llevar puesta una bata de laboratorio o algún tipo de guardapolvo. De esta forma colaboramos a mantener un buen nivel de higiene en el entorno a la par que reforzamos la importancia de seguir un protocolo. También se debe evitar llevar anillos, pulseras, colgantes u otros ornamentos personales que puedan dificultar nuestros movimientos o dañar las momias en un descuido.

– *Inspección del estado de conservación*

Los restos momificados, aún los que se encuentran en buenas condiciones, suelen ser frágiles. En consecuencia, es aconsejable realizar una inspección de su estado de conservación antes de proceder a moverlos.

Tener a mano el informe, ficha o foto donde se recoja su estado de conservación (Rufino, capítulo 3.1) o su radiografía ayuda a agilizar las inspecciones.

– *Manipular un espécimen cada vez*

Por seguridad debemos evitar manejar más de un espécimen a la vez, tanto si se trata de un resto pequeño como de una momia entera. Tampoco debemos iniciar ningún movimiento si tenemos alguna duda sobre el peso o estado de la momia, y nuestra capacidad para manejarla sin ayuda.

– *Movimientos nivelados*

En cualquier movimiento que emprendamos la cabeza y los pies de la momia deben estar siempre alineados con la horizontal.

– *Uso de soportes o contenedores*

Las momias deben moverse siempre sobre un soporte individualizado o en una caja cuando se trate de desplazamientos largos (García, capítulo 3.6).

– *Uso de carros*

Los desplazamientos entre las dependencias del museo, aún los cortos, deben hacerse siempre con la ayuda de un carro. Es más seguro, pues se reducen los riesgos inherentes a una manipulación más directa por parte del personal, como resbalarse de las manos, traspies seguidos de sacudidas bruscas o caídas, desnivelación con el consiguiente deslizamiento y roce, etc. También conviene utilizarlos cuando nos movamos en una sala de grandes dimensiones.

Estos carros podemos construirlos nosotros, ajustando sus medidas y número de estantes a las características y necesidades específicas de la colección, o podemos adquirirlos en cualquier distribuidor de mobiliario de hostelería o sanitario. Los carros de servicio disponibles en el mercado tienen unas dimensiones estandarizadas, pero podemos ampliar la capacidad de sus estantes fijándoles un tablero. En cualquier caso, conviene que:

- Sean de acero inoxidable, pues son más resistentes, ligeros, fáciles de limpiar y su superficie no presenta asperezas. Una forma de reducir costes es construir la estructura de metal y los estantes de contrachapado, laminado o DM. También podemos diseñar la estructura metálica de forma que los soportes de las momias se acoplen directamente a la misma, sin necesidad de usar estantes (Horie, 1988).

- Sus cuatro ruedas sean giratorias. Resulta muy útil también que tengan discos paragolpes de plástico elástico en su parte superior, para que amortigüen posibles roces o encontronazos contra los marcos de las puertas o las paredes.
- Como mínimo dos de las ruedas tengan freno.
- Los estantes tengan algún reborde o barandilla que impida que la/las momias transportadas se deslicen hacia afuera. Si tenemos la menor sospecha de que esto pueda suceder, ya sea porque la carga que trasladamos es muy ligera, los estantes no presentan suficiente superficie de apoyo o los rebordes son muy bajos, lo mejor es fijarla con cinchas o correas planas.
- Acolchemos los estantes si los restos a trasladar no dispusieran de su propio soporte o contenedor acolchado. Podemos usar goma espuma de polietileno de diversas densidades y texturas (Cell-Aire®, Volara®, Plastazote®), fieltro de poliéster, muletón o guata de poliéster forrados de tejido de algodón, entre otros.
- Que su ancho no sea nunca superior al de las puertas y accesos del museo.

Si vamos a llevar más de un soporte o contenedor en un mismo estante, tenemos que considerar si la distancia a recorrer hace recomendable colocar algo de material amortiguador entre ellos. Podemos usar tacos de gomaespuma de poliestireno, polietileno o almohadillas hechas de papel tisú, tela o plástico. Si las almohadillas van a entrar en contacto con los restos debemos prestar atención a los materiales que usemos en su elaboración (Ceballos, 2008). Así, el papel tisú no resulta muy adecuado, pues los de textura fina tienen poca capacidad de amortiguación y los de mayor gramaje, aunque aumentan su capacidad para amortiguar, presentan una textura más áspera. Además, conviene que sean libres de ácido.

La muselina de algodón, por el contrario, tiene una textura suave que admite un cierto contacto con la momia. Es un tejido fácil de conseguir que permite fabricar almohadillas de distintos tamaños, cosidas tanto a mano como a máquina. Si la muselina no es de calidad conservación debemos lavarla para quitarle el apresto. No obstante, las almohadillas de plástico, ya sean de fibra de polietileno (Tyvek®), papel tisú laminado con polietileno (Lampraseal®) o simplemente de polietileno de baja densidad, son las más prácticas. Estas son fáciles y rápidas de hacer, si contamos con una selladora, permiten gran variedad

de tamaños y se pueden limpiar con una bayeta húmeda. Como material de relleno se puede usar guata de poliéster o bolitas de poliestireno.

Cuando estemos empujando un carro no debemos nunca apresurarnos, detenernos de forma repentina o intentar giros bruscos, para evitar sacudidas, choques u otros accidentes con consecuencias más graves.

#### – Planificación

En general, para mover una momia hace falta más de una persona, por lo que es necesario discutir, aunque sea brevemente, cómo se va a realizar esta manipulación. Si además va asociada a un desplazamiento, ya sea a otra dependencia u otro museo, tenemos que tener claro antes de iniciarlo cómo vamos a realizarlo y cuál va a ser el recorrido. Un trayecto despejado de obstáculos, lo más directo posible y por zonas con poco tránsito de personas, ya sea del público o del personal, reduce los riesgos potenciales. Para estos casos es recomendable redactar un plan sucinto y repartirlo a todo el personal implicado. Actuar conforme a unas pautas predeterminadas y consensuadas por el grupo de trabajo facilita, incluso, realizar modificaciones sobre la marcha para dar respuesta a situaciones imprevistas.

#### – Concentración

Cuando movemos una momia el objetivo principal debe ser ejecutar el desplazamiento con un mínimo de vibración y estrés, para ello hace falta concentración.

#### – Notificar los daños

Es importante dejar constancia de cualquier daño que se haya podido producir durante la manipulación, como pequeñas pérdidas de material, huesos desenchajados o nuevas micro-grietas. No se trata de señalar a los responsables, sino de escribir la biografía museística de cada resto momificado para constatar si las medidas preventivas de conservación que se están adoptando son las apropiadas. Cualquier manipulación debería conllevar, por tanto, la actualización del informe o ficha del estado de conservación del espécimen en cuestión.

#### – Supervisión por personal técnico

La manipulación de restos momificados debe ser siempre realizada o supervisada por técnicos del museo asignados para esa tarea. No podemos olvidar

que la responsabilidad última de lo que le ocurra a los fondos la tiene el museo (Stolow, 1987).

## Bibliografía

BACHMAN, Konstanze (1992): *Conservation Concerns. A guide for collectors and curators*. Washington: Smithsonian Institution Press.

CANDLIN, Fiona (2007): «Don't touch; hands off; Art, Blindness and the Conservation of Expertise», en *The power of touch. Handling Objects in Museum and Heritage Contexts* Edición de E. Pye. California: Left Coast Press, Walnut Creek, pp. 89-106.

— (2008): «Museums, Modernity and the Class Politics of Touching Objects», en *Touch in Museums. Policy and Practice in Object Handling*. Edición de H. J. Charterjee. Oxford: Berg, pp. 9-20.

CASTRO I JIMÉNEZ, Nuria (2003): *La momia de oro. El retorno a la vida*. Barcelona: Museum Egipci de Barcelona-Fundació Arqueològica Clos.

CEBALLOS, Laura (2008): «Materiales y productos usados en museos» [en línea]. I Jornadas del Grupo de Conservación Preventiva del GEIC, *Reflexiones sobre Conservación Preventiva: planificación, competencias y aplicaciones*, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofia, 14 de noviembre de 2008. Disponible en <<http://ge-iic.com/index.php?option=comcontent&task=view&id=425&Itemid=73>>. [Consulta: 2 de abril de 2012].

GABRIELLI, Nazzareno (2005): «Some suggestion for approaching the study and conservation of ancient human biological remains. A synthesis of the conservation work in the body of blessed Margherita of Savoia», en *Journal of Biological Research*, Vol. LXXX, n.º 1, pp. 279-283.

GARCÍA MORALES, María (2000): *La Conservación Preventiva en los Museos. Teoría y Práctica*. Santa Cruz de Tenerife: Organismo Autónomo de Museos y Centros.

GARCÍA, M. et al. (2008): «From rescuing to exhibition: Conservation of mummified remains. Account on a conservation workshop», en *Mummies and Science. World Mummies Research. Proceedings of*

*the VI World Congress on Mummy studies (Teguise, Lanzarote, 20-24 de febrero de 2007)*. Edición de P. Atoche Peña; C. Rodríguez Martín y M. A. Ramírez Rodríguez. Santa Cruz de Tenerife: Academia Canaria de la Historia, pp. 693-699.

GÓMEZ, M.; y SAN ANDRÉS, M. (2011): «Polyevart» [en línea]. Presentación Evaluación de Productos utilizados en Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Disponible en <<http://www.mcu.es/patrimonio/MC/POLYEVART/index.html>>. [Consulta: 2 de abril de 2012].

HORIE, C. Velson (1988): «Storage Improvements to Manchester's Mummies», en *Conservation of Ancients Egyptian Materials*. Edición de S. C. Watkins and C.E. Brown. London: United Kingdom Institute for Conservation, pp. 95-100.

LAURIN, Gina (1988): «Conservation of an Egyptian Mummy from Swindon», en *Conservation of Ancients Egyptian Materials*. Edición de S. C. Watkins and C. E. Brown. London: United Kingdom Institute for Conservation, pp. 85-94.

MACDONALD, Sally (2007): «Exploring the role of touch in connoisseurship and the identification of objects» en *The power of touch. Handling Objects in Museum and Heritage Contexts*. Edición de E. Pye. California: Left Coast Press, Walnut Creek, pp. 107-120.

MARCON, Paul (2009): «Fuerzas Físicas». ICCROM (edición en español) [en línea], Canadian Conservation Institute. Disponible en: <<http://www.cci-icc.gc.ca/caringfor-prendresoindes/articles/10agents/chap01-spa.pdf>>. [Consulta: 7 de marzo de 2012].

MEIER, Debra (2001): «Mummies on display: conservation considerations» [en línea], *Chungará*, V. 83, n.º 1, pp. 83-85. Disponible en: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_serial&pid=0717-7356&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_serial&pid=0717-7356&lng=es&nrm=iso)>. [Consulta: 2 de abril de 2012].

NICOLA, G. L.; NICOLA, M.; y NICOLA, A. (2008): «Preservation and Conservation of Mummies and Sarcophagi» [en línea], *e-conservation*, n.º 3, pp. 22-47/110. Disponible en <<http://e-conservationline.com/>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2011].

ORTEGA, G.; y SÁNCHEZ- PINTO, L. (1992): «Análisis del material localizado en la cavidad abdominal de dos momias guanches», en *Actas del Primer Congreso Internacional de Estudios sobre Momias (febrero 1992)*. Santa Cruz de Tenerife: Museo Arqueológico y Etnográfico de Tenerife, OAMC, Cabildo de Tenerife, tomo 1, pp. 145-150.

PYE, Elizabeth (2007): «Understanding objects: The role of touch in conservation», en *The power of touch. Handling Objects in Museum and Heritage Contexts*. Edición de E. Pye. California: Left Coast Press, Walnut Creek, pp. 121-138.

SANTOS VARELA, Mariela (2002): «Conservación preventiva de una colección única en el mundo: cuerpos momificados Chinchorro», *Conserva*, n.º 6, pp. 75-86.

STOLOW, Nathan (1987): *Conservation and exhibition. Packing, transport, storage and environmental considerations*. London: Butterworths.

TÉTREAU, Jean (1994): «Display materials: The good, the bad and the ugly» en *Preprints of Exhibition and Conservation*. Edición de J. Sague. Edinburgh: Scottish Society for Conservation and Restoration. Disponible en: <[http://www.cci-icc.gc.ca/crc/cidb/document-eng.aspx?Document\\_ID=83](http://www.cci-icc.gc.ca/crc/cidb/document-eng.aspx?Document_ID=83)>. [Consulta: 23 de febrero de 2012].

— (2001): «Guidelines for selecting and using coatings» [en línea], *CCI Newsletter*, n.º 28. Disponible en: <<http://www.cci-icc.gc.ca/cci-icc/about-apropos/nb/nb28/coat-rev-eng.aspx>>. [Consulta: 21 de marzo de 2012].

THOMSEN, Fonda G. (1988): «Hot melting cutting of Stabiltex», en *Journal of the American Institute for Conservation*, vol. 27, n.º 1, pp. 32-37.

## Otras referencias

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (25/2/2006) *Real Decreto 227/2006, de 24 de febrero, por el que se complementa el régimen jurídico sobre la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en determinadas pinturas y barnices y en productos de renovación del acabado de vehículos*, n.º 48: 7776-7781.

BROOKLYN MUSEUM (2011): «Ibis carefully packed for trip to @amcny #mummyct». Disponible en: <[http://www.flickr.com/photos/brooklyn\\_museum/5839849470/in/photostream/](http://www.flickr.com/photos/brooklyn_museum/5839849470/in/photostream/)>. [Consulta: 29 de marzo de 2012].

HEARST MUSEUM (2010): «In the belly of the beast: CT scanning two crocodile mummies». Disponible en:

<<http://conservationblog.hearstmuseum.dreamhosters.com/?p=460>>. [Consulta: 29 de marzo de 2012].

NATIONAL PARK SERVICE (2004): «Safe Plastics And Fabrics For Exhibit And Storage» [en línea], *Conserve O Gram*, n.º 18/2. Disponible en: <[http://www.nps.gov/museum/publications/consveogram/cons\\_toc.html](http://www.nps.gov/museum/publications/consveogram/cons_toc.html)>. [Consulta: 2 de abril de 2012].



## 3.6. Precaución: momias a bordo. Fundamentos para su traslado dentro y fuera del museo

María García Morales

Organismo Autónomo de Museos y Centros

Área de Conservación Cabildo Insular de Tenerife

maria@museosdetenerife.org

A lo largo de las páginas de este manual hemos subrayado lo sensibles que son los restos momificados a las fuerzas físicas directas, a los cambios de temperatura y humedad relativa y a la calidad del aire, debido a su naturaleza orgánica y fragilidad inherente; particularidades que los hacen más débiles frente a los riesgos que conlleva cualquier tipo de traslado. No obstante, su capacidad para despertar un interés científico, mediático o

simplemente morboso los ha convertido en sujetos de una gran movilidad (García, capítulo 1.1). Las momias han viajado desde la quietud de sus tumbas a colecciones privadas o museos a miles de kilómetros, han realizado giras pseudo científicas por Europa y América, se mudan de un museo a otro, visitan los hospitales para ser sometidas a análisis o son las estrellas de muchas exposiciones temporales (tabla 1).

165

Tabla 1. Exposiciones centradas en momias

Exposición	Museo/País	Número de momias trasladadas	Fecha
«Mummies. The dream of everlasting life»	South Tyrol Museum of archaeology. Italia	+ 60 momias humanas y animales de todo el mundo	2009
«Las momias de Guanajuato. Muestra itinerante»	Foro ScotiaBank. México	35 momias de Guanajuato	2009
«El enigma de la momia»	Museo arqueológico de Alicante. España	2 momias egipcias	2010
«Mummy Secrets of the Tomb»	Virginia Museum of Fine Arts. Estados Unidos	4 momias egipcias	2011
«Mummies of the World. The exhibition»	Varios museos. Estados Unidos	+ 10 momias humanas y animales	2011
«Momias guanches de la colección Reverte»	Museo de la Naturaleza y el Hombre. España	3 momias	2012

Así, la recomendación de moverlas lo menos posible (García, capítulo 3.5), aunque asentada en sólidos principios de conservación preventiva, es frecuentemente una aspiración más que una realidad. De ahí la importancia de que los responsables de este tipo de colecciones estén preparados para planificar, ejecutar y/o supervisar su traslado con el máximo de garantías para su seguridad y buena conservación.

Entre los libros que podemos consultar para introducirnos en el tema del transporte de obras de arte están los clásicos, aún vigentes, de Stollow (1979; 1987), los prácticos artículos de Marcon (2009; 2011) y, sobre todo, el compendio de Rotaeche González de Ubieta (2007).

En este manual distinguiremos entre tipos de traslados en función de las distancias a recorrer y del tiempo empleado: internos, fuera del museo para la realización de análisis y para exposiciones temporales.

## Traslados internos

Nos referimos aquí a los movimientos que tienen lugar dentro de un mismo museo, entre el almacén y las salas de exposición, el laboratorio de restauración o el taller de fotografía (y viceversa). Aún cuando se trate de recorridos muy cortos, a realizar en un breve espacio de tiempo, debemos aplicar las medidas necesarias para proteger las momias de daños potenciales procedentes del entorno y de posibles accidentes. Así, antes de iniciar su traslado tenemos que:

- Asegurarnos que poseen un soporte adecuado (García, capítulo 3.5). Los restos momificados han de moverse siempre sobre un soporte, no importa cual sea su tamaño, para evitar los riesgos de una manipulación directa y reducir los efectos de las vibraciones (Marcon, 2009). Lo ideal es que cada resto disponga de un soporte específico, hecho a medida, que sirva tanto para exposición como almacenaje y transporte<sup>1</sup>.
- Analizar las condiciones ambientales del nuevo entorno. Asegurarnos que sean las mismas o

similares a las que tienen en su origen. Si no pudiéramos modificarlas, establecer el tiempo máximo de permanencia (ej. sesión fotográfica: 1 hora por espécimen).

- Establecer el recorrido a realizar. Éste ha de ser el más corto, simple y seguro. Justo antes de iniciar el traslado debemos comprobar que se encuentra totalmente despejado de obstáculos y poco o nada concurrido.
- Preparar las superficies donde se va a colocar la momia en el lugar de destino; asegurándonos de que estén bien niveladas para prevenir deslizamientos, limpias para evitar abrasiones y migración de la suciedad y, si fuera necesario, acolchadas para amortiguar posibles impactos, choques o vibraciones.
- Decidir qué tipo de cubrimiento o embalaje primario<sup>2</sup> se usará para protegerlas durante el traslado. Las cajas o contenedores ligeros proporcionan una protección más eficaz contra las fuerzas directas –del tipo que causan abrasiones, aplastamientos, arañazos– o una manipulación negligente que un simple cubrimiento. No obstante, su uso puede aparejar unos procedimientos de embalaje más complejos y la consecuente dilatación de la duración del traslado. Es importante, por tanto, sopesar los riesgos potenciales que plantea cada traslado frente a factores como el tiempo y los recursos disponibles para ejecutarlo. Lo más recomendable, cuando se trate de mover momias grandes y/o pesadas en distancias cortas, es usar un embalaje primario. Éste puede consistir en su soporte de almacenamiento o en un tablero acolchado (García, capítulo 3.5) cubierto con un cobertor de tisú laminado, Tyvek® o un material similar (tabla 2). Por el contrario, cuando los restos a trasladar sean de pequeño tamaño o vayan a permanecer en la dependencia de destino (ej. laboratorio de conservación) durante un tiempo, es más recomendable usar cajas o contenedores ligeros que permitan, a su vez, el uso de sistemas pasivos de control ambiental (ej. Art Sorb®, Ageless™).
- Preparar el carro que usaremos para efectuar el traslado. Por regla general sólo contaremos con los carritos de transporte estándares que tenga

<sup>1</sup> Un ejemplo de este tipo de soporte se puede ver en el video que recoge el traslado de una pequeña momia egipcia del ZM Zeeuws Museum, <<http://www.youtube.com/watch?v=hn7aLI AHPSl>> [Consulta: 14 de marzo de 2012].

<sup>2</sup> Según terminología empleada por Paul Marcon (2009: 27).

el museo para los movimientos internos de sus colecciones, los cuales tendrán que ser modificados y acondicionados para que se adapten a estas piezas tan singulares.

- Saber con cuánto personal contaremos para efectuar el traslado y reunirnos con él para programar cómo se va a efectuar.

#### Otras consideraciones a tener en cuenta son:

- Aunque se trate de un movimiento interno, debería quedar registrado. Los cambios a los que se somete una momia son siempre datos importantes en su biografía, que nos pueden

ayudar a señalar y comprender mejor el deterioro que presente en un futuro.

- Actualizar la ficha de estado de conservación (Rufino, capítulo 3.2).
- Las momias no deben introducirse nunca en la vitrina de exposición antes de que esté completamente terminada. Es decir, antes de que los acabados se hayan dejado secar durante 4 semanas como mínimo (Tétreault, 2001), se compruebe el perfecto funcionamiento de sus sistemas mecánicos, en el caso de tenerlos, o se haya limpiado a fondo. Lo ideal es colocarlas unas pocas horas antes de la inauguración, cuando la sala esté ya ordenada y limpia y sólo queden por concluir los últimos retoques.

**Tabla 2. Materiales que se pueden usar para envolver las momias durante el transporte**

Material	Descripción	Nombre comercial	Disponible	Características	Observaciones
<b>Batista</b>	- Tejido fino de algodón 100% con ligamento de tafetan	- Batista		+ - Ligera, se tiñe con facilidad y es resistente a los lavados  - Adsorbe la humedad - Se arruga. Resiste mal los ácidos	- Usar calidad conservación con apresto mínimo, si no lavarlas antes de usar. Las mezclas de algodón y poliéster pueden usarse con precaución
<b>Fieltro sintético</b>	- Tejido de poliéster 100%, sin tejer, abatanado	- Polyfelt	- Rollo	+ - Químicamente inerte, reutilizable  - Costoso, retiene la humedad, el polvo y la suciedad. Las fibras pueden engancharse	
<b>Film de nailon</b>	- Nailon 100% sin aditivos ni plastificantes	- Dartek®	- Rollo	+ - Suave, transparente, moldeable, fácil de sellar  - Puede adherirse	- No se puede usar en contacto directo con la momia
<b>Hollytex</b>	- Tejido 100% poliéster sin tejer. No tiene aditivos ni aprestos	- Hollytex®	- Rollo o por metros - Varios grosores	+ - Suave, ligero e impermeable. Resiste la acción de la mayoría de agentes químicos	- Se suelda con calor
<b>Muselina</b>	- Como la batista pero más gruesa y sin descrudar	- Muselina	- Varios pesos y tramas - Natural o blanca	+ - Ligera, solida, fina, económica  - Adsorbe la humedad - Se arruga con facilidad	- Si no es de calidad conservación debe lavarse antes de usar
<b>Papel Nomex</b>	- Es un papel hecho de fibra de aramida, material desarrollado por DuPont	- Nomex®	- Rollo	+ - Químicamente inerte, ignífugo, antiestático - Resistente a los hongos  - Sensible a la radiación UV y a la humedad	
<b>Papel tisú de pH neutro</b>	- Papel libre de ácido		- Rollo - Pliegues	+ - Suave, ligero, reutilizable. Relativamente barato y fácil de conseguir	

Material	Descripción	Nombre comercial	Disponible	Características	Observaciones
<b>Papel tisú laminado</b>	– Papel tisú laminado de polietileno	– Lampraseal®	– Rollo	+ – Muy suave, resistente al rasgado, transpirable – Relativamente caro	
<b>Plástico de burbujas</b>	– Polietileno de baja densidad		– Rollo distintos grosores	+ – Fácil de encontrar y económico – Puede contener aditivos potencialmente dañinos lo que limita su tiempo de uso (traslados, acolchado temporal), superficie áspera	– Evitar ponerlo en contacto directo con la momia
<b>Sontara</b>	– Tejido hecho de fibras sintéticas mezcladas y compactadas mediante un proceso que usa agua a alta presión	– DuPont Sontara®	– Rollo, dos grosores	+ – pH neutro, superficie muy suave, químicamente inerte, antiestática, resistente a los agentes químicos – Coste elevado	– Producto relativamente nuevo. No está suficientemente probado
<b>Tyvek</b>	– Tejido de fibras de polietileno de alta densidad	– Tyvek® (DuPont)	– Rollo	+ – Fuerte, ligero, antiestático y difícil de desgarrar – Resistente al agua, los UV y el calor – Fácil de cortar. Reutilizable y reciclable	– Usar el transpirable

## Traslados para la realización de análisis

En este apartado incluimos aquellos movimientos fuera del museo que se efectúen por carretera, con un recorrido que no sobrepase, en general, un radio de 100 kilómetros y una duración de unas horas, con el propósito de someter a las momias a una radiografía, TAC u otro tipo de test<sup>3</sup>. En estos casos el procedimiento a seguir sería el siguiente:

### Preparación del traslado

- Evaluar el estado de conservación de los restos a analizar (Rufino, capítulo 3.1) para establecer si podrán resistir el traslado y la consiguiente manipulación durante la ejecución de los análisis. Si la momia estuviera tan frágil como para hacernos temer por su integridad debemos sopesar los beneficios que se esperan obtener frente a los riesgos potenciales de su traslado. Si éstos justificaran los riesgos

debemos entonces establecer que tratamientos de estabilización podemos aplicar (Herráez, capítulo 3.8).

- Comentar con el personal científico que llevará a cabo las pruebas e interpretará los datos obtenidos, los tratamientos de estabilización y/o el tipo de soporte que llevará. De esta forma nos aseguraremos, por un lado, que los productos usados no van a distorsionar los datos obtenidos. Por otro que la forma y materiales del soporte no interferirán en la ejecución de los análisis sino que por el contrario los facilitarán.
- Elaborar un soporte o embalaje primario<sup>4</sup>. Si ya tuviera uno comprobar que es adecuado, tal cual está, para el desplazamiento que se va a realizar o si requiere modificaciones. Dedicar tiempo y recursos a la elaboración de soportes que puedan ser usados para almacenaje y transporte –e incluso si fuera posible

<sup>3</sup> Las recomendaciones dadas en este apartado se pueden aplicar también a traslados para exposiciones temporales que tengan lugar en la misma ciudad.

<sup>4</sup> Ejemplos de embalaje primario elaborados para trasladar momias animales para la realización de TAC pueden verse en <http://conservationblog.hearstmuseum.dreamhosters.com/?p=460> [Consulta: 29 de marzo de 2012] y <http://conservationblog.hearstmuseum.dreamhosters.com/?p=460>.

para exposición— supone a la larga un ahorro y ayuda a preservar mejor las momias (García, capítulo 3.5).

- Decidir sobre los controles climáticos que vamos a realizar. Por lo general, un traslado de estas características supone cambios rápidos de entorno: desde el almacén o exposición a la caja de transporte, a la sala del hospital o universidad donde se desembala, a la sala donde se encuentra el equipo y vuelta atrás, por lo que los controles habituales no son de gran eficacia. No obstante, las siguientes recomendaciones pueden ayudar a estabilizar las momias:
- Aclimatar cajas y embalajes a las condiciones de temperatura y humedad en que se encuentran habitualmente.
- Cuidar que los materiales en contacto con ellas estén libres de polvo y suciedad en todo momento.
- Embalarlas 24 horas antes de la partida.
- Acondicionar el interior de la caja con Art Sorb®.
- Mantenerlas en la caja cubiertas hasta el momento de la prueba.
- Lo más importante es estudiar bien los tiempos de ejecución (embalaje, transporte e introducción en la máquina) para devolverlas al museo lo antes posible.
- Visitar el hospital, universidad o centro de investigación donde se llevará a cabo la prueba para estudiar los accesos y el espacio disponible para realizar la apertura de la caja.

- Redacción de un plan de traslado que recoja, de forma sucinta, todos los aspectos del mismo ajustándolos a un cronograma (tabla 3). Conviene realizar el recorrido previamente para comprobar que los tiempos se ajustan al cronograma propuesto.

### Elaboración de las cajas de transporte

Podemos elegir entre dos tipos de cajas:

- Ligeras, de cartón corrugado de doble o triple pared fijado a un esqueleto de madera<sup>5</sup>.
- Las usuales de madera contrachapada descritas más adelante.

La opción entre una y otra dependerá del tipo de vehículo disponible para el transporte, del trayecto y de las características de la institución. Si tenemos un camión con suspensión neumática, plataforma de carga y descarga y bodega isotérmica, podemos usar cajas de cartón. Por el contrario, si se trata de un vehículo más simple tendríamos que compensarlo con cajas más resistentes y acolchadas.

También podemos usar una combinación de ambos tipos: cajas de cartón dentro de una caja de madera. Este sistema va bien con restos de pequeño tamaño (ej. momias de animales).

<sup>5</sup> Snutch y Marcon (1997) explican en detalle la forma de elaborar una caja de cartón corrugado de triple pared en la CCI Note 1/4.

**Tabla 3. Ejemplo de cronograma de un traslado**

Día	Hora	Lugar	Tarea
5/03	9:00	Almacén	Introducir embalaje momia en caja
	9:00	Almacén	Traslado caja al muelle de carga
	9:10	Muelle carga	Introducir la caja en el vehículo
	9:20		Partida del museo (ver plano adjunto con el recorrido)
6/03	9:50	Hospital Universitario	Llegada hospital. Descarga Comprobación del recorrido en el interior del hospital (ver plano adjunto del recorrido interno)
	10:00		Traslado hasta sala TAC Apertura caja en pasillo fuera sala Colocación momia en camilla e introducción en sala Cerrar caja llevar a habitación para almacenaje temporal
	10:10		Retirada de la envoltura protectora Introducción en el TAC

En cualquier caso, debemos intentar, siempre que sea posible, reutilizar cajas ya existentes, adaptándolas a los requerimientos particulares de cada traslado.

No podemos olvidar que los hospitales, universidades o centros de investigación no están ideados para el trasiego de obras de arte, por lo que es muy importante que el tamaño y peso de las cajas se adapten al tipo de accesos.

### Elección del vehículo

Si el museo no dispone de su propio furgón o camión, lo más seguro es contratar este servicio con una empresa especializada en el transporte de obras de arte. No obstante, no siempre contaremos con una en la zona o dispondremos del presupuesto necesario para hacerlo. En uno u otro caso, lo importante es que el vehículo a utilizar cumpla con los siguientes requisitos imprescindibles:

- La bodega de carga debe ser estanca.
- Tiene que disponer de un sistema de anclajes en su interior que nos permita fijar la carga.
- Llevar un extintor de polvo químico seco ABC (BOE, Orden del 27 de julio de 1999).
- Estar en perfecto estado de mantenimiento. Conviene comprobar que tiene la cartilla de mantenimiento en regla.

Además de estos requisitos sería deseable que tuviera:

- Suspensión neumática para disminuir las vibraciones aleatorias, una de las fuerzas físicas que se encuentran entre los agentes causantes de deterioro (Marcon, 2009: 2-3).
- Plataforma hidráulica de carga y descarga.
- Cierre centralizado.
- Aislamiento isotérmico de la bodega para evitar cambios bruscos de temperatura.

Estos dispositivos se hacen imprescindibles cuando se trata de recorridos largos, con etapas y/o transbordos.

Una vez se ha efectuado el traslado, y antes de volver a colocar los restos en el almacén o sala de exposición debemos:

- Realizar una inspección detallada de su estado, para comprobar que no ha habido ningún daño apreciable<sup>6</sup>. Asentar cualquier cambio en el informe o ficha de estado de conservación.
- Retirarles el polvo mediante una suave microaspiración.
- Incorporar al historial de la pieza<sup>7</sup> los detalles básicos de este traslado.

170



### Traslados para exposiciones temporales

En este apartado analizaremos aquellos movimientos que conlleven trayectos largos, ya sea dentro o fuera del territorio nacional, donde se combinen distintos medios de transporte y con una o varias escalas, y cuál debe ser el papel del conservador-restaurador en todas sus fases.

Este comienza en el instante en que se recibe la solicitud de préstamo. Los museos que cuentan con una normativa reguladora condicionan su aceptación al estado de conservación del objeto solicitado; estado que debe ser determinado por un conservador-restaurador, preferiblemente con

<sup>6</sup> La mayor parte de los daños causados por la manipulación y el transporte son de tipo acumulativo, es decir, que sólo se manifiestan tras un cierto tiempo cuando su suma llega a hacerse claramente perceptible.

<sup>7</sup> Son generalmente expedientes asociados al registro conteniendo información de carácter secundario.

experiencia en momias o materiales orgánicos. Los resultados de su evaluación han de quedar asentados en un informe donde se valoren, además, los pros y contras de este traslado, no sólo en base al estado de conservación, sino a las garantías dadas por la institución solicitante de que puede proporcionar las condiciones ambientales y de seguridad que requieren los restos momificados, desde que salen de su institución hasta que regresan. Esta labor del conservador-restaurador, debería ceñirse a criterios estrictamente conservativos –aunque no por ello inflexibles– y estar libre de presiones socio-políticas. Algunos museos evitan posibles confrontaciones incluyendo en esta normativa una lista de obras que, por su naturaleza o estado de conservación, no estarían sujetas a préstamo bajo ninguna circunstancia. Los restos momificados deberían entrar en esta categoría.

Una vez aceptada la solicitud de préstamo es esencial seguir contando con el asesoramiento de un conservador-restaurador tanto en la planificación como en la ejecución del traslado.

### Planificación del traslado

Las siguientes tareas deberían estar bajo la responsabilidad de un conservador-restaurador:

- Elaborar un informe exhaustivo del estado de conservación, apoyado en una documentación gráfica detallada. Si ya existiera, comprobar que está actualizado, especialmente las fotografías.
- Establecer los parámetros ambientales que deben imperar durante el traslado y en la sala y/o vitrina de exposición; condiciones que quedaran recogidas en el contrato. Puede que la normativa del museo se acoja a los estándares ambientales internacionalmente aceptados para exposiciones de obras de arte (50-55% + 5%, 18-20° C el 95% del tiempo), pero para restos momificados es más recomendable niveles de humedad inferiores entre 30-45% (Maekawa, capítulo 3.4) o recrear las condiciones a las que están habituadas.
- Estipular los sistemas que se usaran para monitorizar estos parámetros durante el tiempo que dure el traslado (ej. inclusión de un *datalogger* para medir la temperatura y la HR% en el embalaje).

- Redactar instrucciones de manipulación específicas cuando fuera necesario. Asegurarse que el personal que va a manejar los embalajes y acarrear las cajas las conozcan, ya sea del museo o de una empresa transportista.
- Decidir si son necesarias medidas adicionales para prevenir ataques biológicos. Generalmente una caja bien construida y unas condiciones ambientales controladas son suficientes.
- Participar en la elección de la compañía de transporte, señalando aquellos requisitos que deben cumplir para garantizar la adecuada conservación de los restos durante el traslado. Lo más seguro es optar por una empresa especializada y con una amplia experiencia en el sector.
- Una práctica habitual entre estas empresas es subcontratar agentes o transportistas locales, para cubrir aquellos tramos del recorrido que están fuera de su campo de acción. Por eso es aconsejable asegurarnos, antes de firmar el contrato, que los transportes se ajustan a las especificaciones en todos los puntos del recorrido.
- Discutir las características de las cajas de transporte con los carpinteros. Una colaboración estrecha con los mismos propicia compartir conocimientos y experiencias, redundando en la mayor seguridad de los restos durante el traslado.
- Responsabilizarse de que la empresa transportista recibe toda la información que necesita para elaborar los embalajes.

### Preparación de los restos

Los restos momificados han de ser cuidadosamente preparados previamente a su introducción en la caja donde se van a transportar. Esta preparación se inicia con una inspección organoléptica, se continúa con una microaspiración del polvo y se concluye, cuando sea necesario, con la elaboración de un soporte y/o la aplicación de un tratamiento de estabilización.

- Inspección organoléptica (Rufino, capítulo 3.1). Cada vez que una momia sale del museo debe ser sometida a una inspección visual, no sólo para poner al día su informe del estado de conservación, sino para establecer el tipo de preparación que necesita para soportar el viaje. Esta inspección deberá realizarse de nuevo a su regreso, para comprobar que no se han producido

daños o alteraciones durante este tiempo. El que no se detecten alteraciones tras un traslado no significa que no se hayan producido, sino que al ser en su mayor parte de tipo acumulativo se manifestarán tiempo después. De ahí la importancia de emitir informes con una descripción detallada de los daños, su localización y su extensión, y de archivarlos.

- Retirada del polvo y la suciedad superficial mediante microaspiración (fig. 1). El polvo y las partículas de suciedad al entrar en contacto estrecho con los materiales de embalaje pueden ser causa de abrasión. Además, retienen la humedad.
- Elaboración de un soporte o embalaje primario (García, capítulo 3.5).
- Tratamientos de estabilización. Algunos restos momificados pueden necesitar además de un soporte o embalaje primario, de tratamientos de estabilización que le proporcionen una mayor resistencia a las vibraciones, como la fijación de elementos sueltos de la piel o el vendaje.

### Cajas para el transporte

Las cajas son la principal barrera defensiva que tienen las momias en tránsito contra las posibles agresiones causadas por fuerzas físicas o agentes ambientales. De ahí la importancia de que estén bien construidas, tengan un aislamiento y acolchado interno en consonancia con los restos a transportar, y un diseño que permita su reutilización, alteraciones posteriores y fácil almacenaje en aras de una mayor sostenibilidad y reciclaje. Su solidez vendrá determinada por el tipo de trayecto, el número de transbordos y su duración.

La madera sigue siendo el material más utilizado en su elaboración debido a su precio razonable y su versatilidad:

- Es fácil de conseguir en distintas calidades y grosores.
- Permite hacer cajas con tamaños y volúmenes muy diversos.
- Es bastante resistente.

172



Figura 1. Microaspiración de restos momificados previamente a su introducción en el embalaje. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.

- No requiere herramientas ni operarios altamente cualificados. Un buen carpintero o el personal de mantenimiento del museo suelen estar capacitados para hacerlas.

Una caja estándar para momias, y en general para cualquier bien patrimonial de naturaleza orgánica, debería ajustarse a los siguientes requisitos básicos:

- Estar construida con paneles de contrachapado<sup>8</sup> de entre 10 y 20 mm de grosor, reforzados en los cantos por listones de madera. La tapa puede tener unos milímetros menos para facilitar su manejo, ya que es el lado que, por lo general, se verá menos sometido a impactos. El material utilizado debe estar exento o haber sido sometido a los tratamientos fitosanitarios prescritos en la normativa. Esto es especialmente importante para las cajas que viajen fuera de las fronteras nacionales (Rotaeché González de Ubieta, 2007: 133-136).
- Tener asas. No sólo ayudan a asirla mejor, evitando accidentes, sino que al reducir la altura a la que se eleva la caja se reduce también la intensidad del impacto en caso de caída.
- Tener patines en la base para posibilitar su deslizamiento y elevación con transpaletas.
- Un interior revestido con un material que lo aisle de agentes ambientales externos como la temperatura, la humedad, partículas y gases contaminantes. El Marvelseal<sup>9</sup> es uno de los más empleados pues protege del agua, la temperatura y los componentes orgánicos emitidos por la madera (García, capítulo 3.5, tabla 3). Una forma de revestimiento económico es la pintura, pero tiene el inconveniente de que debe dejarse secar al menos cuatro semanas. Además, no se pueden usar las de base oleosa, alquídica o algunas epoxy<sup>10</sup> (Tétréault, 2001; Marcon, 2009). Estas restricciones no se aplican a los acabados del exterior de la caja.

<sup>8</sup> El contrachapado de Okumen y el pino de Suecia son de los más utilizados en la fabricación de cajas para el transporte de obras de arte.

<sup>9</sup> Una alternativa económica al Marvelseal<sup>®</sup> 360 es usar papel de aluminio y plástico (polietileno de baja densidad) pegados a la madera con una plancha (Tétréault, 2010).

<sup>10</sup> Marcon (2009) recomienda pinturas acrílicas de latex, emulsiones acrílicas de uretano, 2 partes epoxy o 2 partes de poliuretano y poliuretanos curado en húmedo.

- Un interior acolchado con materiales que amortigüen las vibraciones, sacudidas e impactos. Las espumas de polietileno y poliestireno tienen una buena capacidad de adsorción además de servir como aislantes térmicos y de la humedad (García, capítulo 3.5, tabla 2). Lo importante es seleccionar la espuma o el material que por sus cualidades (grosor, resiliencia) se adapte mejor a nuestro espécimen. Marcon (2011: 14-17) recomienda acolchados con un grosor mínimo de 50 mm para objetos frágiles en embalajes pequeños o medianos que, en el caso de embalajes de menos de 15 kg u objetos tan delicados como las momias, se podría aumentar a 75-100 mm. Asimismo, aconseja dividir el peso del espécimen por el área total del acolchado propuesto y comparar el resultado con los rangos P/A admitidos por cada material, para comprobar que hemos elegido el tipo y la cantidad adecuada<sup>11</sup>.
- Tampoco podemos olvidar que cuanto más reducido sea el espacio libre dejado por el acolchado –sin llegar por ello a restringir totalmente la movilidad de los restos– mayor será su capacidad como aislante contra las vibraciones, humedad y temperatura .
- Ser lo más hermética posible. Así, no sólo evitamos que penetre polvo, suciedad, contaminantes, insectos, agua, sino que aumentamos la eficacia de los materiales aislantes usados en el interior.
- Sus dimensiones y peso deben adaptarse al tipo de accesos del museo solicitante y el prestatario.

Si los materiales que tenemos a nuestro alcance –por disponibilidad o recursos– no concuerdan con los recomendados (García, capítulo 3.5; tablas 2, 3 y 4) por sus propiedades y estabilidad química, no tenemos por qué angustiarnos. Podemos optar por otros alternativos siempre y cuando:

- No se usen por largos períodos de tiempo, ni para almacenaje. Las cajas fabricadas con materiales inestables (ej. acolchados hechos con

<sup>11</sup> El Instituto Canadiense de Conservación ha desarrollado un programa, el PadCAD, para diseñar acolchados que facilita la realización de estos cálculos. Información sobre el mismo se puede encontrar en <http://www.cci-icc.gc.ca/tools-outils/padcad-eng.aspx>.

espumas de poliuretano) son más difíciles de reutilizar.

- Sean compatibles (Tétreault, 1994) con el tipo de traslado (ej. no usar materiales poco resistentes a la humedad o el agua si hay un alto riesgo de que estén expuestos a las mismas).
- No vayan en contacto directo con los restos.

### Técnicas de embalaje

En la actualidad las más utilizadas son el sistema de plantillas, en sus distintas vertientes, y el de doble caja; dos técnicas que han mostrado su eficiencia en traslados de larga distancia (Stolow, 1979).

- Sistema de plantillas. Consiste en recortar la espuma que rellena el interior de la caja para que se amolde a los contornos de la momia, que queda así encajada entre varias capas (fig. 2). Si usamos espumas rígidas (ej. poliestireno, polietileno extruido Ethafoam®) conviene acolchar bien y forrar los compartimentos practicados (ej. con guala de poliéster y algodón elástico 100%); si por el contrario usamos espumas blandas (ej. poliuretano) es suficiente con envolver la momia (Rufino, 2008). La gran inversión de tiempo y trabajo que requiere se ve compensada por la protección que proporciona.
- Sistema de caja doble. Consiste en una caja dentro de otra, de la que se separa mediante espumas amortiguadoras o un mecanismo de suspensión<sup>12</sup>. La caja interna puede ir, a su vez, acolchada ya sea con un sistema de plantillas u de otro tipo. Esto permite aumentar considerablemente, tanto su capacidad de absorción de vibraciones y golpes, como de barrera aislante frente a las condiciones climáticas externas (fig. 3).

Marcon (2009) ha desarrollado un sencillo diseño de caja doble, separadas entre sí por esquineras de espuma cuyas dimensiones y espesor vienen estipulados en una tabla en función del peso a soportar. Una vez conocido el peso de la caja interna –incluido su contenido– sólo tenemos que consultar la tabla para seleccionar las esquineras adecuadas.

<sup>12</sup> Estos mecanismos se usan cada vez menos, pues las espumas resultan muy eficientes, económicas y fáciles de usar.



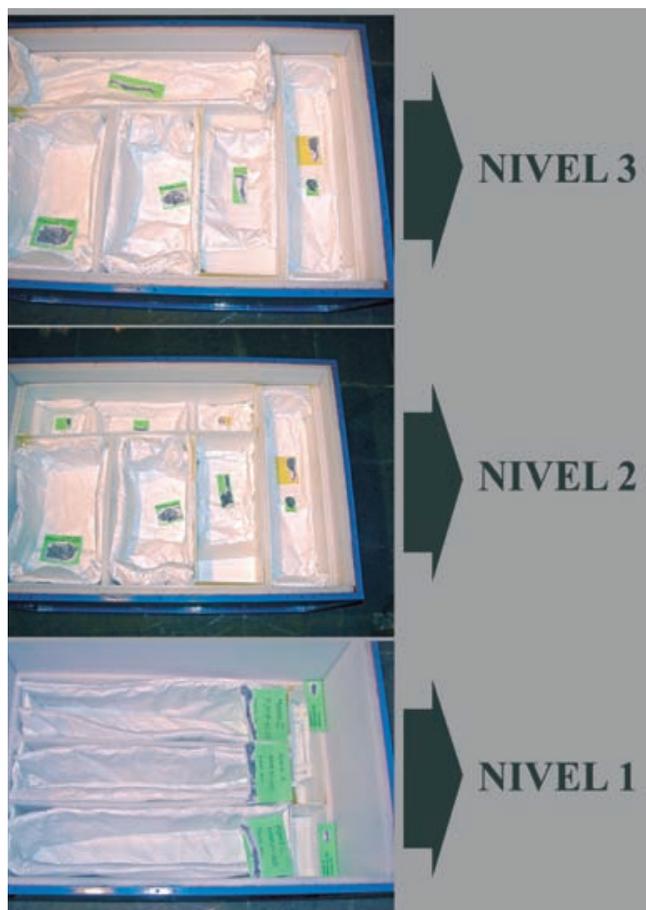
**Figura 2.** Embalaje de una momia guanche para su traslado desde Necochea (Argentina) hasta Tenerife (España). Se usaron planchas de espuma de poliuretano recortadas siguiendo el contorno regular de la momia, que se envolvió en tisú laminado (Lampraseal®). Fotografía: Ruth Rufino. OAMC.

### Control de las condiciones ambientales durante el traslado

Dada la naturaleza de las momias se hace imprescindible controlar lo más posible las condiciones ambientales durante el tiempo que dure el traslado. Esto puede hacerse tanto al nivel de diseño de la caja, recubriendo su interior con materiales aislantes y reduciendo el volumen de aire al mínimo<sup>13</sup>, como introduciendo gel de sílice modificado (Art-Sorb®).

Para saber si las medidas de control establecidas han sido eficaces es imprescindible introducir un *datalogger* en el embalaje, que registre la temperatura y la humedad relativa durante todo el tiempo que dure el traslado.

<sup>13</sup> También podemos ayudarnos de bolsitas absorbentes de oxígeno Ageless™.



**Figura 3.** Adaptación del sistema de caja doble para un traslado de tres momias muy fragmentadas e incompletas desde Madrid a Tenerife. Los restos se acomodaron en cajas de plástico corrugado (Coroplast®) acolchadas con guata de poliéster y Tyvek®. A su vez, estas cajas se distribuyeron en tres niveles, separadas del fondo, los laterales y entre sí por espuma de polietileno (Ethafoam®). Cada nivel se aislaba del siguiente mediante una lámina de Ethafoam. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.

### Medios de transporte

Siempre que no existan impedimentos las momias deberían viajar en avión. Es un transporte rápido y estadísticamente seguro, que si se gestiona con antelación no tiene porque resultar particularmente costoso. Su mayor desventaja es que, una vez dentro del aeropuerto, la carga y descarga de las cajas queda totalmente a merced de sus operarios de estibación. Los riesgos que conlleva esta manipulación no especializada pueden, no obstante, minimizarse si contratamos un transportista de obras de arte que tenga agentes de carga y descarga IATA (International Air Transportation Association) que supervisen su estibación. Además, estas empresas suelen

tener depósitos climatizados cerca de los aeropuertos, donde se puede almacenar temporalmente la carga. Los depósitos de un aeropuerto no ofrecen estas garantías climáticas y no siempre podremos acoplar la recogida en el museo, el traslado por carretera hasta el aeropuerto y su carga en el avión dentro del mismo día.

El transporte por carretera debería limitarse al traslado hasta el aeropuerto. No obstante, si nos decidiéramos a usarlo para recorridos más largos debemos elegir un vehículo que reúna todos los requisitos ya expuestos.

### Correo

En los apartados precedentes hemos puesto de manifiesto la complejidad que representa un traslado de restos momificados. En consecuencia, deberían ir siempre acompañadas por un correo con la misión de supervisar:

- Que el traslado se efectúa de acuerdo a los términos y con las garantías establecidas en el contrato con la empresa de transportes.
- Que las condiciones de la sala y/o vitrina de exposición se ajustan a lo estipulado en el contrato de préstamo. Para evitar sorpresas es preferible exigir los registros de temperatura y humedad relativa con antelación al traslado. Si el museo no puede proporcionarlos quizás deberíamos volver a considerar la conveniencia del préstamo. También puede ser útil llevar un luxómetro y un termohigrómetro digital para hacer comprobaciones *in situ*.
- La apertura de los embalajes y la manipulación del contenido. Un correo no debe abandonar la sala de exposiciones hasta que los especímenes se hayan colocado en sus vitrinas y hayan sido cerradas.
- Que los restos no hayan sufrido daño, mediante la realización de una inspección visual apoyada en el informe del estado de conservación emitido. Por tanto, el correo debería estar cualificado como conservador-restaurador o ser un técnico de museo familiarizado con estos restos.

Un correo es el representante oficial de su institución, con plena capacidad para tomar decisiones, aún difíciles, si ve comprometida la seguridad de las momias bajo su responsabilidad.

A modo de conclusión citaré las palabras de Rotaeche González de Ubieta (2007: 228) exhortándonos a ser más responsables con nuestro patrimonio:

«El patrimonio [...] es perecedero, finito e incluso efímero. Se puede alargar su vida, hacer que su existencia sea lo más digna posible, pero lo que nunca se podrá lograr es que sea eterno. Y es precisamente por esta fragilidad por lo que se debe alcanzar una política responsable de préstamo y exposición».

## Bibliografía

MARCON, Paul (2009): «Corner pads for double case packages» [en línea], Canadian Conservation Institute. Disponible en: <http://www.cci-icc.gc.ca/caringfor-pren-dresoindes/articulos/cp/index-eng.aspx> [Consulta: 13 de marzo de 2012].

— (2009): *Fuerzas Físicas*, ICCROM (edición en español) [en línea], Canadian Conservation Institute. Disponible en: <http://www.cci-icc.gc.ca/caringfor-pren-dresoindes/articulos/10agents/chap01-spa.pdf>. [Consulta: 7 de marzo de 2012].

— (2011): *Six Steps to Safe Shipment Canadian Conservation Institute* [en línea], Canadian Conservation Institute. Disponible en: <http://www.cci-icc.gc.ca/crc/articulos/sixetapes/index-eng.aspx> [Consulta: 13 de marzo de 2012].

ROTAECHE GONZÁLEZ de UBIETA, M. (2007): *Transporte, depósito y manipulación de obras de arte*. Madrid: Editorial Síntesis.

RUFINO GARCÍA, Ruth M.<sup>a</sup> (2008): «Restitución de dos momias. Apuntes de una conservación efectiva», en *Mummies and Science. World Mummies Research. Proceedings of the VI World Congress on Mummy studies (Teguise, Lanzarote, 20-24 de febrero de 2007)*. Edición de P. Atoche Peña; C. Rodríguez Martín, y M. A. Ramírez Rodríguez. Santa Cruz de Tenerife: Academia Canaria de la Historia, pp. 81-88.

SCHLICHTING, Carl (1994): *Working with Polyethylene Foam and Fluted Plastic Sheet*, Ottawa: Canadian Conservation Institute. (Technical Bulletin n.º 14).

SNUTCH, D.; y MARCON, P. (1997): «Making triwall containers» [en línea], *CCI Notes 1/4*. Disponible en: <http://www.cci-icc.gc.ca/publications/notes/1-4-eng.aspx> [Consulta: 21 de marzo de 2012].

STOLOW, Nathan (1979): *Conservation standards for works of art in transit and on exhibition*. París: Unesco.

— (1987): *Conservation and Exhibition. Packing, transport, storage and environmental considerations*. London: Butterworths.

TÉTREAU, Jean (2001): «Guidelines for selecting and using coatings» [en línea], *CCI Newsletter 28*. Disponible en: <http://www.cci-icc.gc.ca/cci-icc/about-apropos/nb/nb28/coat-rev-eng.aspx>. [Consulta: 21 de marzo de 2012].

— (2010): «Low-cost Aluminium Barrier Foil» [en línea], *CCI Notes 1/9*. Disponible en: <http://www.cci-icc.gc.ca/publications/notes/1-9-eng.aspx>. [Consulta: 21 de marzo de 2012].

## Otras referencias

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (5/8/1999): *Orden de 27 de julio de 1999 por la que se determinan las condiciones que deben reunir los extintores de incendios instalados en vehículos de transporte de personas o de mercancías*, n.º 186: 29067-29068.

BROOKLYN MUSEUM (2011): «Ibis carefully packed for trip to @amcny #mummyct». Disponible en: [http://www.flickr.com/photos/brooklyn\\_museum/5839849470/in/photostream/](http://www.flickr.com/photos/brooklyn_museum/5839849470/in/photostream/) [http://www.flickr.com/photos/brooklyn\\_museum/5839849470/in/photostream/](http://www.flickr.com/photos/brooklyn_museum/5839849470/in/photostream/). [Consulta: 29 de marzo de 2012].

HEARST MUSEUM (2010): «In the belly of the beast: CT scanning two crocodile mummies». Disponible en: <http://conservationblog.hearstmuseum.dreamhosters.com/?p=460>. [Consulta: 29 de marzo de 2012].

ZM Zeeuws museum. Disponible en: <http://www.youtube.com/watch?v=hn7aLLAHPsI> [Consulta: 14 de marzo de 2012].

## 3.7. Los imprescindibles del almacén de momias

**María García Morales**

Organismo Autónomo de Museos y Centros  
Área de Conservación Cabildo Insular de Tenerife  
maria@museosdetenerife.org

Sólo una mínima parte de las colecciones de un museo está expuesta. El resto permanece almacenada, fuera del alcance de la vista, a la espera de una solicitud de estudio, exposición temporal o visita. Los restos momificados, pese a su atractivo mediático, no son una excepción.

El no estar en exposición tiene indudables ventajas, pero también inconvenientes. En un almacén podemos reproducir más fácilmente las condiciones de oscuridad, sequedad, bajo nivel de oxígeno y estabilidad climática que tenían en origen –las cuales han propiciado su excepcional preservación– al no tener que preocuparnos tanto por el confort de los visitantes. Sin embargo, por esa misma razón, podemos incurrir en el error de convertirlo en una segunda tumba ya sea por desidia, ante la carencia de recursos o interés, o por un exceso de celo que dificulte su accesibilidad. Construir y mantener un almacén donde se armonicen la implantación de procedimientos de conservación preventiva con un acceso cómodo con fines educativos o científicos puede ser una tarea compleja, por eso hemos creído importante dedicarle unas líneas.

Cuando decidamos sobre los parámetros ambientales que van a regir en nuestro almacén y los sistemas de almacenaje que vamos a instalar, debemos tener en

cuenta dos aspectos fundamentales. Primero, que estos se ajusten realmente a las necesidades de nuestra colección. A tal fin es importante documentarnos sobre el historial museológico de cada momia, sobre todo en lo que se refiere a los niveles de temperatura, humedad, contaminación e iluminación a los que han estado expuestos más recientemente. Si no contásemos con estos registros, sería necesario realizar un estudio climático previo del museo y su entorno. Los criterios de almacenaje para que resulten eficaces tienen que estar basados en una evaluación de los factores de riesgo –en orden de prioridad– que se encuentran en el entorno de nuestra colección y de los recursos de que disponemos para controlarlos, bloquearlos o erradicarlos. No se trata de contentarnos con aplicar mecánicamente estándares y procedimientos utilizados en otros museos, sino de adaptarlos o tomarlos de inspiración para desarrollar nuestras propias soluciones.

Segundo, que sean sostenibles. Cualquier propuesta de implantación de un sistema mecánico o químico de control climático debería ir siempre acompañada de un estudio estimativo del coste de su mantenimiento a medio plazo. Por ejemplo para una instalación de aire acondicionado un informe de este tipo supondría calcular su consumo eléctrico anual, el coste del

mantenimiento por una empresa externa, que incluye la limpieza y cambio periódico de filtros y accesorios, pequeñas reparaciones, ajustes en los parámetros, vida media de las partes componentes (dependiendo del uso entre 5 y 10 años) y actualizaciones tecnológicas. Por tanto, conviene instalar sistemas que puedan mantenerse a un coste razonable. Por otro lado, la conservación del patrimonio no puede ser ajena a la conservación del medio ambiente y eso implica reducir el uso de energías fósiles y contaminantes.

Todo esto se puede conseguir con un cambio de enfoque: dejar de aspirar a un almacén ideal, generalmente fuera del alcance de nuestros medios, y esforzarnos por conseguir uno aceptable cuyos parámetros ambientales podamos mantener la mayor parte del tiempo y a un coste razonable, aunque signifique aceptar cierto grado o un ritmo lento de deterioro para algunos materiales de la colección. En palabras de Sara Staniforth (2007: 14):

«Museums should be seeking an “appropriate” rather than an “ideal” museum environment»<sup>1</sup>

Hay otros aspectos no relacionados directamente con los requisitos de conservación de los restos momificados que van a influir, no obstante, en su almacenaje, como el valor que se les haya asignado respecto del resto de las colecciones del museo. No cabe duda de

que si son percibidos como significativos –las piezas estrellas del museo– su preservación será prioritaria y se le asignaran más recursos.

La misión del museo condicionará los sistemas de almacenaje al influir como será el acceso a sus colecciones. Así, un museo muy orientado a la difusión o con una política de aperturismo de sus colecciones no podrá permitirse usar, por ejemplo, bolsas de anoxia u otros sistemas que restrinjan el acceso a las momias. Por último, son los recursos humanos y económicos con los que cuenta un museo los que determinan su actividad (tabla 1).

## Control ambiental

El primer paso para conseguir un almacén con un control efectivo de los agentes ambientales es aislarlo de las condiciones climáticas externas. Esto puede conseguirse erigiendo paredes gruesas, seleccionando cuidadosamente los materiales de construcción (Padfield; y Aasbjerg Jensen, 2011) con un diseño que aproveche el entorno natural, usando dependencias interiores y estructuralmente sanas o permitiendo un espacio de transición entre el acceso a las momias y el acceso desde el exterior<sup>2</sup>. También deben cuidarse los materiales

<sup>2</sup> Un ejemplo de control ambiental basado en las modificaciones del depósito para sellarlo a las condiciones externas lo encontramos en el Museo Arqueológico San Miguel de Azapa con un importante colección de momias Chinchorro ( Santos Varela, 2002: 82-83).

<sup>1</sup> «Los museos deberían buscar el entorno museístico apropiado en lugar del ideal», traducción de la autora.

**Tabla 1. Los imprescindibles del almacén**

<b>Control ambiental</b>	Requiere sellar el espacio de almacenaje de las condiciones climáticas externas Se puede ejercer en todo el almacén, en el sistema de almacenaje o en ambos Instrumentos para medir las condiciones ambientales (temperatura, HR, Lux, UV) Sistemas mecánicos o químicos de regulación de la humedad (Maekawa, capítulo 3.4)
<b>Sistemas de almacenaje</b>	Compatibles con la naturaleza orgánica de las momias Mobiliario metálico estándar o fabricados a medida para museos Cajas o bolsas que los protejan del polvo y/o agentes ambientales Bolsas de anoxia Soportes o embalajes primarios para facilitar su manipulación y transporte (García, capítulo 3.5)
<b>Mantenimiento</b>	Estricta higiene Cuidado de los equipamientos Inspecciones rutinarias Plan global de prevención y control de plagas
<b>Seguridad</b>	Fuego Agua Vandalismo
<b>Plan de protección ante emergencias</b>	Una actuación rápida, precisa y coherente puede paliar los efectos de una catástrofe

y acabados usados en su interior, porque pueden ser fuente de contaminación (Miles, 1986; Bradley, 2000; Tétrault, 2001), biodeterioro o humedad. No podemos olvidar que aunque los almacenes están generalmente fuera del circuito habitual de los visitantes del museo, alojan la mayor parte de sus colecciones lo que justifica cualquier inversión que se haga para construirlos y mantenerlos en condiciones.

En el espacio destinado a los restos momificados es esencial controlar la humedad relativa, causa principal, ya sea directa o indirectamente, de su deterioro. Lo ideal es mantenerla baja, entre el 35-50% (Maekawa, capítulo 3.4). No obstante, conseguir este grado de sequedad sin la ayuda de sistemas mecánicos puede resultar difícil en zonas climáticas húmedas. Por tanto, lo razonable es intentar aproximarnos a este estándar pero centrando nuestros esfuerzos en mantener cualquiera que sea el nivel conseguido lo más estable posible, con unas oscilaciones diarias y estacionales en torno al 5%.

La humedad relativa la podemos regular tanto a nivel de sala como de los sistemas de almacenaje (ej.: mobiliario, cajas, embalajes). En el primer caso al tratarse de grandes volúmenes de aire tendremos que usar dispositivos y aparatos mecánicos. En el segundo podemos usar además sustancias químicas. A este nivel su regulación resulta mucho más sencilla pues tratamos con volúmenes de aire pequeños, es más fácil sellar el mobiliario o las cajas, y mucho del material usado para el embalaje se puede usar también como aislante o para compensar la humedad.

También es fundamental disponer de un registro previo, pues es lo que nos va permitir determinar el dispositivo de control más adecuado y el rango de humedad al que lo tenemos que ajustar.

Aparte de la humedad tendremos que controlar la temperatura, la calidad del aire y el grado de iluminación. La temperatura en sí misma, salvo que sea extrema, no va a afectar significativamente a las momias, es su relación directa sobre la humedad relativa, la que nos obliga a mantenerla estable, con variaciones diarias de  $\pm 1^\circ \text{C}$ .

Un espacio mal ventilado y/o polvoriento puede aliarse con la humedad para disparar la actividad biológica. Por otro lado, si favorecemos la circulación del aire dentro del almacén tendremos que filtrarlo para bloquear la entrada de partículas y gases contaminantes o, de lo contrario, proteger los restos dentro de armarios, cajas o bolsas.

Si reducimos al máximo los tiempos de iluminación dentro del almacén no tendremos que preocuparnos

demasiado por bloquear sus efectos nocivos, bajando su intensidad o bloqueando la emisión de ultravioletas. Además nos facilitará la estabilización de la humedad relativa, pues las lámparas, según el tipo que se use, pueden emitir calor. Una forma de hacerse es manteniendo los materiales fotosensibles en armarios o cajas y/o limitando las visitas. Un almacén no debe usarse nunca para trabajar con las colecciones, a excepción de las tareas relacionadas con su entrada/salida, rutinas de inspección o pequeñas labores de acondicionamiento de los sistemas de almacenaje. Si existieran razones de peso para no trasladar las momias objeto de estudio, conservación u otros trabajos a los laboratorios o despachos de los técnicos, tendríamos que pensar en habilitar una dependencia anexa al almacén donde se implanten las condiciones de trabajo adecuadas a la par que se intentan mantener los mismos parámetros.

## Sistemas de almacenaje

En la elección del sistema de almacenaje el reto será lograr un equilibrio entre dos exigencias en cierta medida antagónicas: que facilite el acceso, sobre todo visual, a las momias, y que supongan una protección extra frente al fuego, agua, biodeterioro o variaciones de los parámetros ambientales. Muchos museos han optado por sistemas abiertos, ya sea de estanterías convencionales,

179



más o menos modificadas, estantes-camillas o camillas móviles, porque son muy accesibles y tienen un precio razonable (Hori, 1988; Santos Varela, 2002; Vigna, 2005; MNHN Musée de l'Homme; Museo Canario<sup>3</sup>). Las camillas móviles además se pueden trasladar a otras dependencias (laboratorio conservación, registro) con un mínimo de riesgo para las momias. Si deseamos una protección extra contra el polvo podemos cubrirlas con cobertores (algodón 100% o Tyvek<sup>®</sup>), meterlas en cajas (cartón de archivo, polietileno o poliestireno) o fijar cortinas a las estanterías<sup>4</sup>. Estas soluciones pueden colaborar también, dependiendo de los materiales usados, a estabilizar la humedad relativa.

Otros museos, por el contrario se han decantado por cajoneras o armarios con distintos grados de hermeticidad (fig. 1). Este tipo de mobiliario proporciona una mayor protección contra los niveles de radiación lumínica, polvo, contaminantes, fluctuaciones de la temperatura y la humedad e insectos. Además permite el uso de dispositivos de control de la humedad relativa tanto mecánicos (ej.: pequeños dispositivos eléctricos

de deshumidificación-humidificación) como químicos (ej.: Art Sorb<sup>®</sup>) en su interior. En contrapartida tienen un precio más elevado y los restos son menos accesibles.

Lo importante es que el mobiliario elegido sea, en la medida en que lo permita nuestra economía, inerte y resistente al fuego, agua, biodeterioro y agentes químicos<sup>5</sup>. Las armarios metálicos con un acabado de pintura electrostática son los idóneos, tanto los modelos estándar diseñados para museos que se encuentran en el mercado como los hechos a medida del cliente.

Por último, tenemos que hablar de las bolsas de anoxia como método de almacenaje. Su utilización es recomendable en aquellas situaciones en las que el peligro de biodeterioro, tanto por microorganismos como por insectos, es muy alto porque bloquean totalmente el acceso a las momias. La anoxia se puede conseguir bien insuflando un gas inerte como el nitrógeno o argón, o con absorbentes de oxígeno (Valentín, capítulo 3.3).

Independientemente del sistema de almacenaje elegido cada espécimen almacenado tiene que tener un soporte o embalaje primario individualizado que nos permita manipularlo y transportarlo con total seguridad (García, capítulo 3.5).

<sup>3</sup>La autora visitó el almacén donde guardan su colección de restos momificados en octubre del 2011.

<sup>4</sup>El polietileno es un material barato y que se consigue con facilidad en distintas densidades, pero sólo deberíamos usarlo si tenemos la seguridad de que no existe riesgo de condensaciones. También tenemos que tener en cuenta que retiene el polvo.

<sup>5</sup>Esta recomendación no es aplicable a los almacenes temporales erigidos en los yacimientos donde la limitación de recursos y los problemas de suministro pueden hacerla inviable. Ver el capítulo 2 de este manual: «Las momias en el yacimiento».



**Figura 1.** Armario metálico fabricado a medida para el almacenamiento de cuerpos enteros, almacén de momias del Museo Arqueológico de Tenerife. Las puertas tienen un burlete de goma para lograr una mayor hermeticidad y permitir el uso de paquetes de Art Sorb<sup>®</sup>. Los estantes son deslizantes para permitir visualizar bien los restos sin necesidad de extraerlos. La temperatura y la humedad relativa en el interior están permanentemente monitorizadas. Fotografía: Alejandro de Vera. OAMC.

## Mantenimiento

En el almacén es fundamental mantener una higiene estricta porque de ello dependerá la eficiencia de muchas de las medidas de control de la humedad y la eficacia en la prevención de plagas. El suelo debe limpiarse regularmente, preferiblemente con aspiradora para no aportar humedad ni levantar el polvo. Si no fuera posible podemos pasar una fregona muy escurrida y secar inmediatamente después. Hay que evitar añadir productos de limpieza al agua, con unas gotas de amoníaco o lejía es suficiente en caso de necesitar cierta desinfección. También debemos retirar el polvo de los estantes y muebles con una bayeta. La periodicidad de la limpieza estará en función de las características del almacén: calidad del aire, frecuencia de las visitas, ubicación, etc.

Tiene que estar totalmente prohibido acumular cajas y embalajes desechados en el almacén, ni aún a la espera de una ocasión para tirarlos. No sólo son un problema de higiene sino que suponen un riesgo añadido a la propagación del fuego. Tampoco hay motivos para tener papeleras. Si se genera algún tipo de desecho mientras estamos en el almacén tendremos que llevarnoslo con nosotros a la salida.

Tanto el mobiliario como el equipamiento deben ser sometidos a inspecciones periódicas de mantenimiento. En el caso de los sistemas de detección y extinción de incendios, son las propias compañías instaladores las que hacen el seguimiento. En el resto seremos nosotros los que tengamos que cuidar del estado de paredes y piso, cambiar filtros y bombillas, lubricar los rodillos de las gavetas, cambiar las pilas a los sensores y archivar los registros de temperatura y humedad relativa entre otras tareas.

Las inspecciones rutinarias para la detección de posibles focos de infestación son también fundamentales en un almacén de momias, sobre todo si no hemos podido mantener unos niveles de humedad relativa satisfactorios. Estas podemos combinarlas con la colocación de trampas para insectos<sup>6</sup>, bio-sensores o muestreos del aire con un analizador Microbio Air Sampler (Valentín, capítulo 3.3). Lo idóneo sería incorporar estas inspecciones a un plan global de prevención y control de plagas en el museo (Pinninger, 2001).

<sup>6</sup>La eficacia de las trampas varía mucho en función del tipo de insecto, la zona climática, la ubicación del almacén y su nivel de higiene. En el caso de las momias resulta mucho más eficaz el uso de biosensores o la inspección visual directa.

## Seguridad

Las medidas de seguridad en el almacén de momias deben dar respuesta a dos consideraciones. Primera, cuáles son las amenazas a las que tenemos que hacer frente en nuestro almacén, priorizadas en base a la probabilidad de que ocurran (ej.: inundación, incendio, allanamiento, movimientos sísmicos, etc.). Segunda, la gravedad de las consecuencias en caso de producirse y no disponer de los sistemas de prevención y control apropiados para paliarlas. En el caso de los restos momificados, dada la fragilidad de su naturaleza orgánica, la respuesta es evidente: su deterioro irreversible o pérdida.

Una vez que tengamos claros los riesgos podemos establecer las medidas más adecuadas a tres niveles:

- Estructura del edificio, con construcciones sólidas, compartimentadas para no propiciar la propagación del fuego y adecuadas al tipo de fenómenos naturales que ocurren en la zona (riadas, huracanes, terremotos, etc.) o modificando las ya existentes con cortafuegos, sistemas de drenaje, modernización de la instalaciones eléctricas, etc.
- Instalando sistemas automáticos: detección de intrusos, alarmas, detección de humos, extinción de incendios.
- Implantando procedimientos de seguridad de obligado conocimiento y cumplimiento por parte del personal. Está estadísticamente demostrado que la mayor parte de los incendios, inundaciones, robos y pérdidas que ocurren en los museos tienen su causa en prácticas negligentes o doloosas. Esto es especialmente importante en museos sin muchos recursos para permitirse medidas de seguridad sofisticadas. Lo idóneo sería que estos procedimientos formaran parte de un plan más general de seguridad en el museo.

Serán no obstante los imperativos económicos los que determinen en última instancia las medidas que se adoptarán. En cualquier caso, el almacén de restos momificados debería intentar cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Recinto lo más aislado posible del exterior, sin ventanas o accesos directos a la calle.
- Libre de tuberías y cables eléctricos, a excepción de los de los sistemas de detección y extinción automática.

- Que no se encuentre por debajo del nivel de la calle. Si así fuera, que cuente con sistemas de drenaje en caso de inundación.
- Tener sólo los enchufes imprescindibles y con capucha protectora.
- Mobiliario resistente al fuego y al agua.
- Disponer los restos a una distancia mínima de 10 cm del suelo, preferiblemente más.
- Puertas ignífugas con una cerradura gemelada, es decir que pueden ser abiertas por una llave maestra además de la propia.
- Sistema automático de detección de incendios.
- Disponer de los suficientes extintores manuales de polvo químico ABC conforme a la normativa.

Lo ideal sería poder contar también con un sistema de extinción automático.

En cuanto a las normas básicas que deben regular la entrada en el almacén tenemos:

- El acceso debe estar restringido. La llave sólo se proporcionara al personal autorizado y su entrega se sentará en un libro de registro. La llave maestra estará a cargo del personal de seguridad, si lo hubiera, o del técnico del museo al que se le haya asignado esa responsabilidad.
- Las visitas deben ir siempre acompañadas por un técnico responsable.
- Comprobar siempre a la salida que se han apagado las luces y cerrado las puertas.
- Desenchufar cualquier dispositivo, salvo los de control de los parámetros climáticos.
- Nunca almacenar materiales y/o equipos, aunque se usen en labores relacionadas con el estudio o embalaje de los restos.
- Nunca bloquear los accesos (puertas, pasillos), sistemas de detección o de extinción.
- No colocar nunca las momias debajo de los aspersores (agua) o difusores (gas) de los sistemas de extinción, salvo si están protegidas dentro de armario o recipiente resistente. Tanto si es agua como gas sale con mucha presión.

## Plan de protección ante emergencias

Es conveniente que el museo tenga un protocolo de actuación para proteger su colección de restos momificados ante cualquier emergencia producto de una catástrofe natural o provocada por la acción del

hombre. Este protocolo debe estar incluido en un plan general de protección de sus colecciones tanto las almacenadas como las expuestas (Hidalgo Brinquis, 2010: 81-93).

Su elaboración tendría que hacerse de forma consensuada entre conservadores-restauradores, responsables de la colección y personal de mantenimiento. Además, debería contar con el asesoramiento de los cuerpos y fuerzas de seguridad, que serán los que intervengan para evacuar las colecciones cuando ya no sea posible la actuación del personal del museo. Saber como tenemos que actuar en una situación concreta de emergencia ayuda a controlar el pánico y a reaccionar con mayor celeridad y eficiencia, lo que minimiza los daños y permite una recuperación más rápida. Muchos de los daños ocasionados a las colecciones durante una catástrofe son consecuencia de intentos descoordinados de evacuación y de primeros auxilios inadecuados.

El alcance de este manual no nos permite desarrollar en profundidad este importante tema, por lo que nos limitaremos a recomendar una serie de actuaciones:

- Todos los especímenes de la colección tienen que tener asignado un valor, que permita establecer categorías y prioridades en la protección.
- Los más valiosos se colocaran siempre en las zonas más accesibles. Por ejemplo, en un armario de cajones los más valiosos se dispondrán en el cajón superior y a partir de ahí se colocará el resto en orden de importancia decreciente.
- Todos deben tener un soporte, caja o embalaje primario que facilite su manipulación segura durante la evacuación.
- Tiene que haber siempre uno o dos carros o una caja con ruedas disponible para proceder a la evacuación. Por razones de seguridad no habría que guardarlos en el mismo almacén sino en una zona cercana.
- Crear una brigada de salvamento con miembros del personal del museo, que se responsabilice de poner en marcha las medidas de protección y evacuación que se hayan establecido. Esta brigada sólo podrá actuar allí donde no exista un peligro para su integridad física, por lo que será esencial también que coordinen su actuación con la de bomberos u otros cuerpos de seguridad.

- Designar un sitio dentro o fuera del museo, dependiendo del tipo de catástrofe, donde reunir los especímenes evacuados.
- Por último, cualquier norma o plan de protección debería ser conocido por todo el personal,

en especial por los que tienen contacto directo o son responsables de las colecciones. Así mismo, debería ser obligación del museo proporcionar la formación necesaria, sobre todo a la brigada de salvamento, y organizar simulacros.

## Fichas técnicas

<b>Dataloggers</b>	Son dispositivos electrónicos que registran la información proporcionada por los sensores que incorporan o a los que están conectados conforme a una temporalidad preestablecida (ej. cada 15 min), la almacenan y, tras ser transferida a un ordenador, la analizan estadísticamente y mediante gráficos. Pueden medir la humedad relativa, la temperatura, la iluminancia y ultravioletas	
<b>Requisitos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Accesibilidad a un ordenador</li> <li>– Tenemos que añadir al coste de adquisición el de su mantenimiento: calibración, reparaciones y/o actualizaciones</li> </ul>	<b>Ventajas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Proporcionan unos registros fiables</li> <li>– Funcionan con baterías de larga duración.</li> <li>– Apenas necesitan mantenimiento</li> <li>– Hay varios tipos disponibles en el mercado con precios accesibles dependiendo del tipo de prestaciones</li> <li>– Se pueden colocar en el almacén o en el interior de un armario o caja</li> </ul>	<b>Inconvenientes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Los <i>datalogger</i> que incorporan varios sensores son caros</li> <li>– Necesitan de un ordenador para visualizar los datos y/o obtener gráficas y estadísticas</li> <li>– Su calibración tiene que hacerse por una empresa o técnico cualificado</li> </ul>
<b>Deshumidificadores</b>	Son aparatos que aspiran el aire de su entorno, lo enfrían para desecarlo mediante condensación y luego lo vuelven a calentar antes de expulsarlo nuevamente. El agua que se condensa se deposita en una cubeta que cuando llega a su máximo de capacidad apaga el aparato para evitar que se desborde	
<b>Requisitos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Registro previo de la humedad relativa que nos permita establecer el nivel que queremos alcanzar</li> <li>– Aislar el almacén todo lo posible de las condiciones climáticas externas</li> <li>– Estar conectados a un humidistato de precisión, bien calibrado, que los encienda y apague en función del nivel de HR preestablecido</li> <li>– Contar con un higrómetro –preferiblemente del tipo <i>datalogger</i>– de forma permanente en el almacén</li> </ul>	<b>Ventajas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zonas climáticas cálidas y húmedas</li> <li>– Ahorran energía</li> <li>– Se pueden combinar con calefactores para conseguir una mayor sequedad o incorporar a sistemas de ventilación pasiva (Maekawa, capítulo 3.4)</li> </ul>	<b>Inconvenientes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dependen de la energía eléctrica</li> <li>– No son muy eficientes en espacios grandes</li> <li>– Hay que vaciar regularmente la cubeta del agua. Esto puede subsanarse conectándoles una manguera de desagüe</li> <li>– Son algo ruidosos</li> </ul>
<b>Calefactores</b>	Dispositivos eléctricos que disipan al exterior la energía calorífica que se origina al pasar por ellos la corriente eléctrica	
<b>Requisitos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aislar el almacén todo lo posible de las condiciones climáticas externas</li> <li>– Estar conectados a un humidistato de precisión, bien calibrado, que los encienda y apague en función del nivel de HR preestablecido</li> <li>– Contar con un higrómetro –preferiblemente del tipo <i>datalogger</i>– de forma permanente en el almacén</li> </ul>	<b>Ventajas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zonas climáticas frías y como alternativa a la calefacción central</li> <li>– Se pueden combinar con deshumidificadores o incorporar a sistemas de ventilación pasiva (Maekawa, capítulo 3.4)</li> <li>– Muy asequibles</li> </ul>	<b>Inconvenientes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dependen de la energía eléctrica</li> <li>– Consumen mucha energía</li> <li>– Son ruidosos</li> </ul>

<b>Ventilación mecánica</b>	Consiste en usar ventiladores de impulsión y extracción para forzar una corriente de aire en el interior del almacén que, aprovechando las condiciones climáticas externas, mantenga la humedad por debajo del 60% (Maekawa, capítulo 3.4)		
<b>Requisitos</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El almacén tiene que ser bastante hermético a las condiciones externas</li> <li>- Suficiente potencia eléctrica dependiendo del número de ventiladores</li> <li>- Adaptar las puertas, ventanas o respiraderos existentes para encajar los ventiladores</li> <li>- Para recintos medianos o grandes hace falta un estudio de ingeniería previo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumen poca energía</li> <li>- Aprovechan las condiciones climáticas externas</li> <li>- Se pueden combinar con deshumidificadores y/o calefactores para conseguir un mejor rendimiento</li> <li>- Evita la proliferación de mohos</li> <li>- Mínimo mantenimiento</li> <li>- Equipo asequible</li> <li>- Favorecen la adaptación de los especímenes a un cierto grado de fluctuación de la humedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si queremos conseguir fluctuaciones &lt;5% tenemos que combinarlo con otros métodos</li> </ul>	
<b>Aire acondicionado</b>	Su funcionamiento se basa en enfriar el aire (unidad generadora de frío) para extraerle la humedad mediante condensación y luego volverlo a calentar (resistencia o caldera de agua) para reducir la humedad relativa y la temperatura al nivel preestablecido		
<b>Requisitos</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para edificios medianos a grandes luz trifásica y &gt; 380 V</li> <li>- Empresa externa de mantenimiento</li> <li>- Limpieza mensual de filtros</li> <li>- Control de calidad mensual</li> <li>- A partir de los 10 años cambio de componentes debido a desgaste o quedarse obsoletos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si están bien diseñados y mantenidos proporcionan un ambiente muy estable con oscilaciones en torno al 5% HR% y 1° C de temperatura</li> <li>- Su eficacia es mayor cuando se aplica a espacios reducidos y herméticos tales como vitrinas o cuartos de almacenaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dependen de la energía eléctrica para su funcionamiento</li> <li>- Excesivamente costoso de instalar y mantener</li> <li>- La mayoría están diseñados para un control preciso de la temperatura pero no de la humedad, pudiendo producirse fluctuaciones indeseables</li> <li>- Vibraciones, ruidos</li> <li>- Alto consumo energético: 100 A</li> <li>- No se pueden instalar en edificios históricos</li> </ul>	
<b>Sustancias buffers</b>	<p><b>Art-Sorb®:</b> es un gel de sílice mejorado con cloruro de litio</p> <p><b>Soluciones salinas:</b> no son recomendables para el almacén por el peligro que tienen de emigración</p> <p><b>Materiales higroscópicos:</b> madera, cartón, papel ayudan a equilibrar la humedad relativa pero no permiten un rango de <math>\pm 5\%</math></p>		
<b>Requisitos</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los sistemas de almacenaje tienen que ser bastante herméticos</li> <li>- Acondicionarlo al 40-50%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena velocidad de respuesta</li> <li>- Puede reutilizarse</li> <li>- Precio accesible</li> <li>- Consigue un rango de estabilidad de <math>\pm 5\%</math></li> <li>- Vida media de 10 años</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las momias emiten ácidos orgánicos que aceleran su degradación</li> <li>- Pierde efectividad con volúmenes de aire &gt; 1 m<sup>3</sup></li> <li>- No funciona para HR &lt; 40%</li> </ul>	
<b>Bolsas de anoxia</b>	Son bolsas herméticas hechas con plástico de baja permeabilidad, en cuyo interior se ha creado una atmósfera con un nivel de oxígeno mínimo, bien mediante la insuflación de un gas inerte (nitrógeno o argón) y/o un adsorbente de oxígeno (ej. Ageless™)		
<b>Requisitos</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plástico barrera de baja permeabilidad al oxígeno y larga vida media</li> <li>- Medidor de la concentración de oxígeno</li> <li>- Selladora de plástico</li> <li>- Válvulas</li> <li>- Generador o bombona de nitrógeno</li> <li>- Bolsas de Ageless™</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Previenen procesos de oxidación</li> <li>- Alta protección contra microorganismos e insectos (Valentín, capítulo 3.3)</li> <li>- Protegen contra la contaminación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hay que volver a insuflar gas periódicamente</li> <li>- Los plásticos más durables no son transparentes</li> <li>- Dificultan el acceso a la momia</li> <li>- Ocupan mucho espacio</li> <li>- No protegen contra las fluctuaciones de humedad relativa</li> <li>- La adquisición del equipo requiere una inversión inicial elevada</li> <li>- El plástico barrera es más caro y difícil de conseguir que un plástico estándar</li> </ul>	

<b>Extintores portátiles</b>	Según sea el agente extintor los tenemos de polvo químico universal para fuegos ABC, polvo químico seco y dióxido de carbono para fuegos BC. Los que funcionan mediante un agente espumante no sirven para un almacén porque el agente además de humectar es ácido		
<p><b>Requisitos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesitan un mantenimiento regular por empresa especializada</li> <li>- Deben colocarse en número y tipo conforme a la normativa y carga de fuego (cantidad de material susceptible a arder). A excepción de los archivos y bibliotecas, los almacenes de colecciones suelen tener parámetros de carga de fuego normales</li> <li>- A partir de 20 kg necesitan un carro</li> </ul>	<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fáciles de mantener</li> <li>- No requieren ningún tipo de instalación</li> <li>- Fáciles de usar</li> </ul>	<p><b>Inconvenientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No apagan todos los fuegos</li> <li>- No son automáticos</li> <li>- Su eficacia depende de que se usen correctamente</li> </ul>	
<b>Extintores de gas</b>	Actúan por sofocación. El gas o mezcla de gases usados desplaza el oxígeno hasta un nivel en el que la combustión no es posible. Gases usados son el CO <sub>2</sub> , halocarbonados e inertes		
<p><b>Requisitos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estanqueidad del almacén</li> <li>- Instalación de detectores</li> <li>- Instalación de tuberías adecuadas al calibre de la instalación</li> <li>- Mantenimiento por una empresa especializada</li> <li>- Formación del personal</li> </ul>	<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Descarga automática</li> <li>- Permiten también la activación manual</li> <li>- No dejan residuos</li> <li>- Extinción inmediata</li> <li>- Retardo entre activación alarma y descarga para evitar accidentes y evacuar</li> </ul>	<p><b>Inconvenientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Peligroso productos descomposición para humanos halocarbonados</li> <li>- Peligro de asfixia, sobre todo el CO<sub>2</sub></li> <li>- La presión de salida puede dañar objetos no cubiertos</li> <li>- Reposición muy cara</li> </ul>	
<b>Extintores automáticos de agua pulverizada</b>	Actúan por enfriamiento		
<p><b>Requisitos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de drenaje para evitar la inundación</li> <li>- Conveniente la instalación de detectores</li> <li>- Instalación de tuberías adecuadas al calibre de la instalación</li> <li>- Mantenimiento por una empresa especializada</li> <li>- Formación del personal</li> <li>- Se necesita un aljibe conforme a la normativa</li> </ul>	<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Descarga automática</li> <li>- Permiten también la activación manual</li> <li>- La extinción tarda mucho más que el gas</li> <li>- Retardo entre activación alarma y descarga para evitar accidentes y poder realizar la evacuación</li> <li>- Es más económica</li> <li>- Al tener dispositivo de disparo en el difusor actúa localmente</li> <li>- No es peligrosa para los humanos</li> </ul>	<p><b>Inconvenientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La presión de salida puede dañar objetos</li> <li>- El agua daña objetos sensibles</li> </ul>	
<b>Detector iónico</b>	Detectan la presencia de gases y humos de combustión que no son visibles a simple vista. Se basa en la creación de una cámara donde se ionizan las partículas del aire. Cuando los gases y/o el humo de la combustión la alcanzan, interrumpen el proceso de ionización y se dispara la alarma		
<p><b>Requisitos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación y mantenimiento por empresa especializada</li> <li>- El código técnico de la edificación española obliga a los edificios públicos a instalar sistemas de alarma</li> </ul>	<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiene una central de alimentación propia</li> <li>- Precio razonable</li> </ul>	<p><b>Inconvenientes</b></p>	

## Bibliografía

BRADLEY, Susan (2000): «*Appropriate Standards for Conservation*» [en línea], *Third Indoor Air Quality Meeting, Presentation 2*. Disponible en: [http://iaq.dk/iap/iaq2000/2000\\_02.htm](http://iaq.dk/iap/iaq2000/2000_02.htm) [Consulta: 26 de abril de 2012].

HIDALGO BRINQUIS, M.<sup>a</sup> del Carmen (2010): *Conservación preventiva y plan de gestión de desastres en archivos y bibliotecas*. Madrid: Ministerio de Cultura.

HORIE, C. Velson (1988): «Storage Improvements to Manchester's Mummies», en *Conservation of Ancient Egyptian Materials*. Edición de S. C. Watkins and C.E. Brown. London: United Kingdom Institute for Conservation, pp. 95-100.

MILES, C. (1986): «Wood coatings for display and storage cases», en *Studies in Conservation*, n.º 31, pp. 114-124.

PADFIELD, T.; y AASBJERG JENSEN, L. (2011): «Humidity buffering of building interiors by absorbent materials» [en línea], *9th Nordic Symposium on Building Physics*, NSB,V1, pp. 475-481. Disponible en: [http://www.conservationphysics.org/ppubs/humidity\\_buffering\\_building\\_interiors\\_nsb2011.pdf](http://www.conservationphysics.org/ppubs/humidity_buffering_building_interiors_nsb2011.pdf) [Consulta: 26 de abril de 2012].

PINNINGER, David (2001): *Pest Management in Museums, Archives and Historic Houses*. London: Arctype.

SANTOS VARELA, Mariela (2002): «Conservación preventiva de una colección única en el mundo: cuerpos momificados Chinchorro» [en línea], *Conserva*, n.º 6, pp.75-86. Disponible en: [http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto\\_28.pdf](http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_28.pdf) [Consulta: 26 de abril de 2012].

STANIFORTH, Sarah (2007): «Conservation heating to slow conservation: A tale of the appropriate rather than the ideal» [en línea], *Contribution to the experts' roundtable on sustainable Climate Management Strategies, held in April 2007, in Tenerife, Spain*. Los Angeles: Getty Conservation Institute, pp. 1-11.

TÉTREAU, Jean (2001): «Guidelines for selecting and using coatings» [en línea], *CCI Newsletter*, n.º 28. Disponible en: <http://www.cci-icc.gc.ca/cci-icc/about-apos/nb/nb28/coat-rev-eng.aspx> [Consulta: 21 de marzo de 2012].

VIGNA, L. (2005). «The Mummies Deposit of the Egyptian Museum of Turin», en *Journal Biological Research*, vol. LXXX, n.º 1, pp. 272-273.

VILLANUEVA MUÑOZ, J. L. (2005): *NTP 44: Sistemas fijos de extinción*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [en línea]. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/Fichas-Tecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp\\_044.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/Fichas-Tecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_044.pdf) [Consulta: 28 de abril de 2012].

## Otras referencias

Muséum National d'Histoire Naturelle Département Hommes, Natures Sociétés, Musée de l'Homme. Disponible en: <http://www.museedelhomme.fr/blog/index.php/post/2009/06/10/23-momies> [Consulta: 26 de abril de 2012].

## Agradecimientos

Las autoras María García y Ruth Rufino expresan su más sincero agradecimiento a los compañeros M.<sup>a</sup> Teresa Henríquez, Pedro Díaz, Pedro Ignacio Pérez y Conrado Rodríguez por sus desinteresados aportes en la elaboración de los capítulos expuestos en este manual.

## 3.8. Intervención-restauración. En busca de la eterna juventud

Isabel Herráez

Instituto del Patrimonio Cultural de España

isabel.herraez@mecd.es

### Introducción

¿Hay algo más preciado que un cuerpo carente de vida?

Casi con seguridad, la respuesta es no. Sin embargo, el hombre, lejos de rendirse ante esta evidencia, ha desarrollado múltiples técnicas y procesos para la permanencia de los cuerpos, con más o menos éxito, pudiendo encontrar ejemplos de ello en los más diversos tiempos, áreas geográficas, culturas o credos.

Como se expone en otros capítulos, son múltiples los tipos de momificación existentes, sin olvidar los cuerpos conservados accidentalmente, y como consecuencia también son múltiples las necesidades de conservación-restauración de los especímenes. Por otra parte, la práctica cultural de momificación de los cuerpos se ha realizado durante cientos o miles de años, pudiendo presentar notables variaciones en el proceso y materiales desde sus inicios hasta su declive y desaparición. Este principio también es aplicable a los conjuntos, fardos o ajuares, cuyos materiales constituyentes y técnicas de factura son tan amplios como pueda serlo el conocimiento humano.

Del mismo modo que en las intervenciones sobre bienes culturales se tiene en cuenta la procedencia del objeto, condiciones medioambientales, su historia reciente, materiales constituyentes, técnicas de fabricación, intervenciones, uso, alteraciones, etc., para determinar el tipo de tratamiento a aplicar, las intervenciones directas que se realicen deberán estar ajustadas a sus características únicas y distintivas, aplicando procesos específicos. Es evidente que los tratamientos de conservación-restauración que pueda precisar una momia desecada no son los mismos que un cuerpo extraído de los pantanos.

En cualquier caso, todo proceso de conservación debe ir dirigido a la estabilización integral del conjunto: restos momificados y materiales asociados.

### ¿Qué entendemos por conservación y restauración?

En la 15.<sup>a</sup> Conferencia Trienal del ICOM-CC, Nueva Delhi (2008), se adoptó una resolución, relativa a los términos utilizados en la conservación del patrimonio cultural tangible.

Según esta resolución las definiciones de los términos son los siguientes:

- *Conservación*. Todas aquellas medidas o acciones que tengan como objetivo la salvaguarda del patrimonio cultural tangible, asegurando su accesibilidad a generaciones presentes y futuras. La conservación comprende la conservación preventiva, la conservación curativa y la restauración. Todas estas medidas y acciones deberán respetar el significado y las propiedades físicas del bien cultural en cuestión.
- *Conservación preventiva*. Todas aquellas medidas y acciones que tengan como objetivo evitar o minimizar futuros deterioros o pérdidas. Se realizan sobre el contexto o el área circundante al bien, o más frecuentemente un grupo de bienes, sin tener en cuenta su edad o condición. Estas medidas y acciones son indirectas, no interfieren con los materiales y las estructuras de los bienes. No modifican su apariencia.
- *Conservación curativa*. Todas aquellas acciones aplicadas de manera directa sobre un bien o un grupo de bienes culturales que tengan como objetivo detener los procesos dañinos presentes o reforzar su estructura. Estas acciones sólo se realizan cuando los bienes se encuentran en un estado de fragilidad notable o se están deteriorando a un ritmo elevado, por lo que podrían perderse en un tiempo relativamente breve. Estas acciones a veces modifican el aspecto de los bienes.
- *Restauración*. Todas aquellas acciones aplicadas de manera directa a un bien individual y estable, que tengan como objetivo facilitar su apreciación, comprensión y uso. Estas acciones sólo se realizan cuando el bien ha perdido una parte de su significado o función a través de una alteración o un deterioro pasados. Se basan en el respeto del material original. En la mayoría de los casos, estas acciones modifican el aspecto del bien.

En el presente capítulo, nos centraremos en los procesos de conservación curativa y restauración.

## Criterios de intervención

Cualquier acción sobre un espécimen implica un riesgo para este, debiendo prever un nivel de daño asumible, o no, según los beneficios esperados de la intervención.

Para minimizar el daño, todos aquellos procesos de conservación curativa o restauración que se realicen sobre un espécimen deberían cumplir los siguientes requisitos:

- Determinar si existe una necesidad real, que obligue a una intervención directa.
- La estabilización del espécimen para su permanencia es el principal objetivo de la intervención.
- Debe mantenerse la integridad del espécimen.
- Equipo multidisciplinar de especialistas cualificados.
- Guiarse por alguno de los protocolos éticos aceptados internacionalmente.
- Intervenciones ajustadas a los criterios internacionales de conservación y restauración patrimonial.
- Mínima huella antrópica posible.
- Mínima intervención y máxima reversibilidad de materiales y procesos.
- Identificación clara de las intervenciones.
- Documentación exhaustiva de todos los procesos.

Según expone Balanchandran (2009), hay que tener en cuenta que la intervención no solo preserva los restos materiales de un individuo, también las trazas narrativas de su vida terrena y su «otra vida». Como se expone en otro capítulo de este manual, el conservador-restaurador tiene responsabilidades éticas o morales en la interacción personal con los especímenes, durante la cual el papel técnico tradicional del conservador-restaurador puede ser inapropiado o inadecuado cuando lo que hay que preservar son los aspectos tangibles e intangibles de los restos humanos. El trabajo implica una cierta empatía y respuesta emocional por los restos. Sugiere que aún la más mínima intervención y las habituales prácticas de conservación pueden ser invasivas o cambiar un significado ritual cuando se realizan sobre restos humanos.

## Evolución de los procesos

Es conocida la antigua práctica de desvendar momias egipcias, en público, en alguna fiesta social a la que se asistía previa invitación. En estos actos, una auténtica busca del tesoro, se despojaba el cuerpo de cartonajes, sudarios y vendajes, buscando joyas y amuletos ocultos. De igual manera con las momias americanas, cuyos fardos se deshacían dividiendo el conjunto en múltiples piezas como mantos, objetos cerámicos, cestería, adornos personales, etc. Estas prácticas rompen

la unidad del espécimen, alterando la voluntad individual o cultural depositada en una práctica realizada intencionadamente, con tiempo y esfuerzo.

La integridad de una momia no sólo depende de la conservación de la piel, haces musculares y huesos, también de su envoltura protectora que la aísla del medioambiente. Al privarlos de ella, muchos especímenes se deterioraron y acabaron perdiéndose, conservando múltiples objetos de ajuar fuera de contexto sobre los que sí se realizaron intervenciones de conservación, por otorgarles un valor mayor.

Posteriormente, con el reconocimiento de los valores intrínsecos de los restos momificados, empezaron los estudios científicos sobre ellos y la necesidad de mantenerlos en el tiempo.

La complejidad de los procesos y su coste, ha llevado a tomar decisiones difíciles, como estudiar los restos y volver a enterrarlos en una zona protegida, sobre todo en países con un elevado número de ejemplares.

Las primeras noticias de intervenciones directas nos llegan de Egipto, donde muchas de las tumbas reales habían sido víctimas de los saqueadores, produciendo numerosos daños a las momias en su búsqueda de objetos que pudieran vender. Los restos quedaban fracturados, desmembrados, expuestos. Durante la XXI dinastía, las momias fueron reunidas por los sacerdotes, reparadas y escondidas en nuevas tumbas, en Deir el-Bahri y Biban el Molouk. Durante estas reparaciones se reunieron los miembros dispersos, volviendo a vendar y amortajar con nuevos sudarios, colocando de nuevo las momias en sarcófagos; a veces reutilizados. Las alteraciones y discrepancias cronológicas pueden llevar a pensar que se trata de reparaciones modernas o daños reparables.

También es conocida la creencia común entre los egipcios sobre la necesidad de mantener la integridad física y la apariencia formal del cuerpo, para poder gozar de la vida del más allá. Por este motivo, pueden aparecer refuerzos internos de madera o huesos ajenos; incluso falsos miembros, prótesis, realizados en madera, lino engomado o fibras vegetales que sustituyen los elementos perdidos. Pérdidas *antemortem*, sufridas por el sujeto a lo largo de su vida, y *postmortem* producidas durante un embalsamamiento descuidado.

En este proceso pueden producirse alguno de los daños característicos que se encuentran con frecuencia en las momias egipcias, y más en época ptolemaica y romana, con la decadencia técnica del proceso (figs. 1 y 2). La pérdida y desplazamiento de elementos óseos, el aplastamiento, desmembrado o las fracturas

en tórax, pelvis o cráneo, son daños *postmortem* comunes, causados durante los procesos de momificación, durante el vendado o enfardado, o relleno con paquetes de vísceras, material absorbente o aromático (Reeves, 1999; Giuffra *et al.*, 2001; Pedersen, 2004).

En el otro extremo de la línea de evolución de los procesos nos encontramos con las intervenciones realizadas por Beckett en el año 2008, con momias del pueblo Anga, en Papua Nueva Guinea; uno de los escasos ejemplos en la práctica actual de la momificación.

El proceso de mantenimiento de las momias, desecadas mediante ahumado, se realizó en un trabajo común con sus descendientes; en aplicación de las guías éticas locales sobre conservación, manipulación y tratamiento de restos humanos. Se desecharon los materiales habituales en conservación y se utilizaron suministros locales como cepillos de bambú, para la limpieza, o una solución fungicida de plantas autóctonas. La piel levantada o desprendida se adhirió con la savia del árbol *Komaya* y se recuperó la integridad de los restos, colocando en disposición anatómica los elementos desprendidos, mediante tiras de *tapa* (morera) adheridas con el mismo material. La intervención terminó con la aplicación en la superficie de una mezcla de arcillas y ocre naturales, y volviendo a colocar los restos en su lugar de veneración.

189

### ¿Qué tratamientos se han practicado?

Las diferencias existentes entre los distintos tipos de momificación son enormes, por lo cual también son diferentes los procesos de conservación y restauración aplicados, incluso se pueden apreciar diferencias por áreas geográficas.

Dependiendo del tipo de momificación podemos clasificar las intervenciones en varios grandes grupos:

- El primero sería el formado por tejidos deshidratados, siendo los más habituales las momias egipcias, con o sin ajuar.

Una de las primeras intervenciones documentadas es la realizada sobre una momia egipcia, conservada en el Royal College of Surgeons de Londres, y que fue tratada por J. H. Plenderleith (1934), del British Museum. Se identificó como la momia de Ra-Nofer, de la IV dinastía, excavada por Petri en 1891, cerca de Snefru (Egipto). El espécimen se presentaba incompleto y muy deteriorado, con desmembramiento y múltiples fracturas y pérdidas.



Figura 1. Momia egipcia infantil. Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.



Figura 2. Momia egipcia infantil. Estructuras óseas con elementos desplazados.

La restauración comenzó con la limpieza de los restos, retirando los paquetes textiles, y aplicando un barniz (Bakelita®) a 120°. Se talló una pieza de madera para sostener la pared abdominal y otra con la curvatura de la columna vertebral, además de un nuevo esternón de galalita (resina de caseína, formaldehído) para poder reconstruir la caja torácica. Las partes huecas del cuerpo se rellenaron con esponjas impregnadas en cera de abeja, resina y esencia de trementina; usando esta misma mezcla como relleno de fisuras y lagunas o como adhesivo en el engasado de fragmentos.

El tratamiento terminó con el ensamblado de las piezas y recuperación de la integridad del cuerpo sobre un soporte plano. Por desgracia, no podemos comprobar el resultado de esta antigua intervención ya que la momia resultó

destruida durante un bombardeo de la II Guerra Mundial.

Johnson y Wills (1995) llevaron a cabo una intervención integral sobre dos especímenes predinásticos no eviscerados, deshidratados naturalmente, sin ajuar textil asociado. Fueron descubiertos a finales del siglo XIX en Gebelein (Naga el-Gherira, Egipto), llegaron a Inglaterra en 1900 y se expusieron inmediatamente en el British Museum. Los autores describen que en 1985 un informe alertó de la existencia de levantamientos y grietas en la piel y de una gran acumulación de suciedad. El tratamiento aplicado iba dirigido a su adecuada exhibición pública, manteniendo el título de ser la primera momia en exposición permanente en Europa; siendo uno de los primeros que encontramos con criterios actuales de conservación-restauración.

La intervención comenzó con una limpieza superficial, para eliminar los depósitos de suciedad, realizada con pincel y aspiración suave; seguida por limpieza húmeda con hisopos impregnados en IMS® y Synperonic®. Las zonas de piel levantada se pegaron con una resina acrílica (Paraloid® B72 al 3-15% en xileno o en acetona y IMS® 50/50). La piel deformada se impregnó con *white spirit* y una resina polivinílica (Mowilith 50®) al 10% en IMS®, que actuaron como humectante, permitiendo llevar la piel a su lugar y adherirla mediante espátula caliente. Recolocación de miembros y pegado con la misma resina, al 20% en IMS®. Se recuperó la integridad del sujeto con espigas de madera y Mowilith 50® insertadas en las cavidades óseas. Las pérdidas de materia en las zonas de fractura se rellenaron con una resina epoxy (Devcon 5®) y carga de gel de sílice micronizada. Los restos de cabello, que presentaban un estado muy friable, se consolidaron con una resina acrílica (Pliantex®) en acetona. Con motivo de un préstamo temporal en el año 2001, se realizó una inspección del estado de conservación, resultando evidente la necesidad de una nueva intervención.

Algunos elementos anatómicos desprendidos, como varios dedos y una costilla, se sujetaron con papel japonés (*kozo*) impregnado en HMG® (nitrato de celulosa) al 20% en acetona; previo entonado de color con colores acrílicos. La piel se aseguró con Klucel G (hidroxipropilcelulosa) en IMS® y agua destilada al 50/50. Se utilizaron espumas de PE (Plastazote®) para colocar los miembros y el pelo en su posición correcta, asegurándolos con tiras adicionales de papel japonés.

Para una exposición más correcta se realizaron apoyos específicos: el primero con grava artificial y arena para simular el lugar de hallazgo; el más reciente, con poli estireno (presentación en bolitas). Para ello se rellenó un contenedor con el poliestireno, depositando el espécimen sobre él con suavidad. La impronta dejada al retirarlo se impregnó con una emulsión de acetato de polivinilo (Mowilith DMC2® al 40%), aplicada con *spray*. Una vez seco y rígido se forró con tejido de calidad museo, colocando los especímenes en los apoyos. Los restos del hombre necesitaron un apoyo suplementario para la cabeza, realizado con espuma de polietileno

(Plastazote®), doble capa de almohadilla de poliéster y tejido calidad museo.

Con relación a estos especímenes, podemos ver con claridad que los tratamientos aplicados tienen «fecha de caducidad», a pesar de mantener unas medidas adecuadas de conservación preventiva, y que la evolución de los criterios de intervención en los últimos años ha ido avanzando hacia una menor intervención y tratamientos más reversibles.

En el caso de hallazgos íntegros, con ajuar asociado, uno de los tratamientos más antiguos documentado es el realizado por Leveque en el año 1987.

Los vendajes se presentaban parcialmente desprendidos y removidos, al igual que la malla de cuentas. Se procedió a una primera limpieza mediante cepillado suave y micro aspiración, seguida por la fijación de las vendas con hilo de seda y agujas quirúrgicas. Las zonas textiles que presentaban un elevado grado de alteración que impedía el cosido, se cubrieron con piezas amplias de crepelina de seda, teñida al tono y sujeta con hilo de seda en puntos que ofrecían resistencia mecánica. A la malla se le proporcionó un soporte nuevo y se protegió con crepelina, sujetándola puntualmente.

Con posterioridad, son abundantes las intervenciones realizadas sobre momias egipcias y, aunque suelen repetirse los tratamientos aplicados (Glover, 1992; Melville, 1995; Harvey, 2001; Nicola *et al.*, 2008), aparecen algunas soluciones alternativas a problemas comunes.

Johnson *et al.* (1995) solucionan el problema que representa no poder usar la técnica tradicional de restauración textil, con cosido y aplicación de nuevo soporte, a los vendajes y sudarios muy degradados. Utilizaron parches de papel japonés (*kozo*) y pasta de alginato de sodio y almidón. Donde se precisó una mayor sujeción, el adhesivo utilizado fue la metilcelulosa al 10% (Blanose 7MC®).

Nicola *et al.* (2008) utilizan un adhesivo acrílico y papel japonés para fijar el recubrimiento de bitumen de un ejemplar y Harvey *et al.* (2001) la hidroxipropilcelulosa (Klucel G®) (Cruickshank *et al.*, 1995; Peacock, 1995).

Los fracturas y desmembramientos, David *et al.* (1995) las repararon utilizando tiras de



192

aluminio y vendas nuevas. Cubriendo la reparación con los vendajes originales.

En otros especímenes deshidratados, como son las momias guanches, Harris, en el British Museum en 1968, procedió a la rehidratación y posterior liofilización de una mano (Brotwell, 1986). En Tenerife se retiraron las envolturas de piel de las propias momias guanches dejando al descubierto el cuerpo, procediéndose a un cepillado y aspiración suaves de ambos. Se colocaron los fragmentos y miembros en disposición anatómica, sujetándose con cinta de algodón. En las zonas donde podría ser visible se procedió a entonar el color con colores de restauración (Maimeri®) y pigmentos naturales. Algunos fragmentos óseos se unieron mediante el uso de un acrílico (Mowilit DCM 2®). La intervención terminó con la reposición de las envolturas en su lugar original, que ha quedado previamente registrado (Rodríguez-Martín, 1996).

- Mientras que los restos anatómicos deshidratados, tras su hallazgo y extracción, se conservan

con cierta facilidad manteniendo unas condiciones medioambientales de baja humedad, sin necesitar intervenciones curativas o de restauración; no ocurre lo mismo con las momias empapadas o congeladas: el hombre de Similaun (Italia), las momias de Altai (Siberia), el Niño del Cerro del Plomo (Chile), los niños de Llullaillaco (Argentina), etc. son ejemplos sobradamente conocidos. En estos casos, es necesario recurrir al uso de refrigeradores, atmósferas saturadas de humedad, baños, impregnaciones, etc. Todos ellos, sistemas costosos y que precisan unas instalaciones específicas y un seguimiento continuo.

Tras la extracción de los restos del hombre de Similaun se envolvieron en tela impregnada con fenol para evitar un posible ataque biológico, a pesar de que esta práctica altera las proteínas y puede comprometer posteriores análisis. Después se mantuvo en refrigerador, con salidas de corta duración para su estudio. A pesar del riesgo, el equipo italiano necesitó subir ligeramente la temperatura del cuerpo, de manera controlada, para la toma de muestras y estudio por endoscopia.

Del mismo modo, la momia infantil hallada en 1964 en Grottarossa (Roma), y de enorme importancia por tratarse de uno de los pocos ejemplares de momificación intencionada en la antigua Roma, empezó a descomponerse a los pocos días de su descubrimiento, siendo trasladada a una habitación refrigerada en el Istituto di Medicina Legale. En 1991 a «La Sapienza» y en 1993 al Museo Romano, sometida a condiciones medioambientales controladas y tratamiento con paradiclorobenceno (Catalano *et al.*, 2003).

Otro sistema, utilizado sobre momias chinas empapadas, es la plastinación. El sistema fue ideado por el anatomista alemán Hagens en 1977, modificado por Schult y Brandt en 1988, con fines histológicos. Se usa ampliamente en la conservación de cadáveres recientes, como alternativa al embalsamamiento, y para la preparación de muestras biológicas, anatómicas y zoológicas usadas en la enseñanza. El procedimiento necesita una deshidratación previa de los tejidos, mediante el uso de baños en disolventes como la acetona y el etanol, con el fin de eliminar todos los líquidos y fluidos del cuerpo que serán sustituidos por polímetros de silicona,

epoxídicos o poliésteres, con catalizador o endurecedor, y aplicación por impregnación al vacío. Existen variantes sin deshidratación o desengrasado, y liofilizado combinado con plastinación.

Su aplicación en la conservación de restos antiguos es muy puntual, debido a que su reciente aparición impide la existencia de estudios contrastados sobre su comportamiento a medio y largo plazo. Por otra parte, no existen datos sobre su reversibilidad tras la impregnación y se ha comprobado que produce diversos grados de contracción, aumento de peso, cambios de color, además de la desnaturalización del material (Tianzhong *et al.*, 1998).

También se han utilizado el Tiwanaku<sup>®</sup>, Revecad<sup>®</sup>, Complucad<sup>®</sup> o Gerdex<sup>®</sup>, productos registrados para la conservación de cadáveres, cuya principal aplicación es la enseñanza.

- Son numerosos los cuerpos o partes de cuerpos hallados en los pantanos o turberas. Los hallazgos, de los que existen noticias desde el siglo XVII, se enterraban creyendo que eran los restos de personas desaparecidas accidentalmente o atacadas en los pantanos. Pasaron muchos años antes de que se viera la verdadera antigüedad de los restos encontrados y que empezaran a aplicarse los primeros métodos de conservación, aún bastante precarios, mediante ahumado y secado al aire, con el hombre de Rendswühren (Alemania), encontrado en 1871.

Los tratamientos de conservación y restauración aplicados a esta clase de restos son de los que más han evolucionado con el tiempo, tanto en materiales como procedimientos. Así, con el hombre de Tollund (Dinamarca), descubierto y tratado en 1950, cuando las técnicas de conservación no estaban todavía muy desarrolladas, se utilizó una solución de formaldehído y ácido acético, seguido por deshidratación en concentraciones progresivas de etanol (del 30 al 99%, más 1% de tolueno). El etanol fue siendo sustituido por tolueno con cera, en cantidad progresiva. Se produjo entre un 10-15% de contracción del material (Knudsen, 1990).

El hombre de Grauballe (Dinamarca), encontrado en 1952 y tratado por Glob, se curtió como un cuero, utilizando baños de corteza de roble. Con posterioridad al curtido se le aplicó agua destilada y aceite rojo turco, seguido por impregnación con glicerina, aceite de hígado de

bacalao y lanolina. Para evitar la posible contracción o deformación de los restos se inyectó «Collodion» (solución de alta viscosidad de nitrato de celulosa) (Coles, 1988). Su aspecto actual parece deberse a los trabajos realizados por Lange-Kornbak, que rellenó con cera el espécimen, ya que en los pantanos los restos óseos se vuelven blandos y esponjosos, haciendo que el cuerpo se colapse.

En 1976 se descubrieron los restos de la mujer de Meenybradan (Irlanda) que se mantuvieron en un congelador doméstico hasta 1985. Ésta y el hombre de Lindow (Inglaterra) se trataron en el British Museum mediante impregnación con polietilenglicol 400 (PEG 400) al 15% en agua y liofilización (Omar *et al.*, 1984; Brothwell 1986).

- Entre los primeros trabajos realizados sobre ejemplares ahumados encontramos el de Vandyke-Lee (1974), sobre una cabeza desecada y ahumada, procedente de Papua Nueva Guinea. Sobre el ejemplar se realizó una limpieza acuosa con un detergente (Lissapol L<sup>®</sup> 1cc/l), con secado rápido mediante aire. Los pigmentos que la adornaban se consolidaron con nailon soluble (Calaton CB<sup>®</sup> al 2% en IMS<sup>®</sup>). El relleno de arcilla y fibras vegetales se trató con una resina acrílica (Bedacryl<sup>®</sup> 122x en xileno al 5%<sup>®</sup>).

En el British Museum, Rae (1996) realizó una limpieza superficial, mediante cepillado suave y aspiración, de una cabeza *munduruku* que ya había sido restaurada con anterioridad. Se retiraron la goma laca, el carbonato cálcico y la pintura utilizados en esta antigua intervención. El cabello se limpió con serrín impregnado en *white spirit*, seguido de aspiración. Para los adornos de plumas se usó IMS<sup>®</sup> retirando la suciedad con papel absorbente. Las faltas y grietas se rellenaron con Polyfilla<sup>®</sup> (masilla de acetato de polivinilo y carbonato cálcico y papel japonés (*kozo*) teñido y adherido con Mowilith DMC2<sup>®</sup> al 50%. Otro ejemplar similar, tratado con motivo de una exposición temporal en 2001, se limpió mediante cepillado y aspiración, aplicando fragmentos de papel japonés teñido con colores acrílicos. Se adhirió con hidroxipropilcelulosa (Klucel G<sup>®</sup>) al 5 % en IMS<sup>®</sup> como refuerzo y al 20% como adhesivo para pegado de fragmentos.

Los trabajos realizados por Mendoça *et al.*, (2003) sobre otra cabeza reducida de los *munduruku*, también restaurada con anterioridad,

comienzan con la limpieza y consolidación con una resina acrílica (Plextol® 500) en emulsión acuosa, y Lissapol N® como agente humectante. Plumas y fibras vegetales tratadas con nailon soluble (Calatón CB®) y tricloroetileno. Reconstrucción de lagunas con intestino de vaca. Aplicación final a toda la piel de PEG &00 y 0,1% Panacide®.

## ¿Y en la Península?

En la Península Ibérica no son abundantes los hallazgos de momias y son bastante escasos los estudios de conservación y restauración sobre este tema, excepto las guanches, ya citadas.

Suele tratarse de momificaciones «espontáneas» que, una vez hallado el espécimen, obliga a mantenerlo en condiciones medioambientales similares. Dadas las dificultades existentes para su adecuada conservación y una vez estudiados, en algunos casos, se ha optado por un nuevo enterramiento de los restos. Aunque esto puede llevar a una alteración sustancial de los mismos, ya que han sido manipulados, expuestos, viendo alterado y modificado su medio ambiente.

194 En otras ocasiones, los hallazgos de restos con momificación natural, cuya incorruptibilidad se interpreta como un signo mágico o divino, se conservan expuestos al público; realizando algunas modificaciones como retirada de indumentaria original o aplicación de mascarillas de cera policromada. Asociados a cultos y comunidades religiosas, no es habitual encontrar información de los tratamientos a los cuales son sometidos (Armendáriz *et al.*, 1989; 1995; Etxeberría, 1999).

En el año 1976, encontramos el caso de la momia de un hombre del siglo XVI-XVII, en la iglesia de N.<sup>a</sup> Señora de la Asunción, en Colmenar Viejo (Madrid), que fue sometida a un tratamiento por radioesterilización para eliminación de la contaminación biológica. Al poco tiempo, viendo que no se habían obtenido los resultados previstos, se propuso su tratamiento con ortofenilfenol (Pérez, 1979).

El ejemplo más actual sería el hallazgo, en el año 2002, de los restos parcialmente momificados de un hombre y un niño de la Edad del Bronce, en Galera (Granada). Su descubrimiento causó gran interés, ya que se trata de los restos humanos más antiguos, tras el hombre de Similaun. Para su extracción fue necesaria un espumado y consolidación previa de los restos,

que se conservan en una vitrina con gases inertes en el Museo Municipal de Galera (Molina *et al.*, 2003).

Otra de las escasas intervenciones sobre las que tenemos noticias es la realizada sobre los restos momificados de doña Inés Ruiz de Otalora, del siglo XVII. Descubiertos en Arrasate/Mondragón (País Vasco), fueron despojados de su indumentaria para la autopsia. El cuerpo se limpió mediante absorción para eliminar el polvo y suciedad acumulados. A base de bisturí y proyección de aire caliente se eliminaron los goterones de cera que cubrían la parte que antaño había estado expuesta directamente al público. Por último, se impregnó toda la piel con una fina y homogénea capa protectora de cera (Armendáriz *et al.*, 1989).

En las figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se muestran algunos ejemplos sobre restauraciones realizadas en el Instituto del Patrimonio Cultural de España.

## Consecuencias de los estudios y tratamientos

Aunque los ejemplares puedan presentar daños de origen y otros atribuibles al lógico proceso de envejecimiento, también están los causados por estudios previos y procesos de conservación o restauración. Daños inmediatos, visibles o a largo plazo y diferidos.

El estudio antropológico más frecuente es la autopsia, que causa graves daños físicos en los especímenes. Fragmentación, cortes, colapso de las cavidades torácica y abdominal, etc. obligan a la adecuación de los ejemplares para su conservación y presentación; lo que implica un complejo proceso de recuperación de la integridad física del sujeto, mediante procesos de conservación curativa y restauración.

Otra de las prácticas habituales durante el estudio de restos momificados es la realización de estudios radiográficos o de imágenes. Las primeras radiografías (Rx) fueron realizadas en 1896 por Koenig, Holland y Dedeknel, poco tiempo después del descubrimiento de la técnica de los Rx por Roentgen.

Posteriormente, en 1898, Petrie realizaría sus famosos estudios radiográficos sobre momias. La tomografía computerizada (CT), desarrollada por Cormack en 1963, empezó a aplicarse en 1973, con el aparato diseñado por Newbold.

Ambas técnicas han tenido una gran difusión ya que, desde el punto de vista de la conservación, se consideran procedimientos no-destructivos, debido a la falta de daños evidentes.



**Figura 3.** Examen de momia egipcia en proceso de intervención. Se utilizó una crepelina teñida para sujetar las vendas desprendidas. Fotografía: Nieves Valentín. IPCE.



**Figura 4.** Selección de fragmentos desprendidos de material textil (vendas), para análisis. Fotografía: Eduardo Seco. IPCE.



**Figura 5.** Limpieza de momia egipcia por microaspiración. Fotografía: Isabel Herráez. IPCE.



**Figura 6.** Restauración de textil de una momia egipcia procedente del Museo Arqueológico de Madrid. No se utilizan guantes para fijar, con el mayor tacto posible, el delicado material que protege el textil original; la momia ha sido previamente desinfectada. Fotografía: Jesús Herrero. IPCE.



**Figura 7.** Restauración de una máscara correspondiente a una momia egipcia procedente del Museo Arqueológico de Madrid. Fotografía: Jesús Herrero. IPCE.



**Figura 8.** Restauración de cartonajes dorados que cubren los pies de una momia egipcia. Museo Arqueológico de Madrid. Fotografía: Jesús Herrero. IPCE.

Sin embargo, es de sobra conocido que la radiación que se utiliza tiene efectos perjudiciales sobre las células. La radiación rompe el ADN en pequeños fragmentos y causa mutaciones. Los organismos vivos pueden soportar niveles moderados de radiación, incluso pueden llegar a tener cierto grado de regeneración frente a sus efectos.

Esto no sucede con el material antiguo. A partir del momento en que se produce la muerte, el ADN empieza a deteriorarse por hidrólisis, oxidación, pH, presencia de agua libre, oxígeno, técnicas de momificación, etc. y se presenta alterado, modificado, fragmentado.

Es sabido que la repetida exposición de la momia de Ramsés II a rayos gamma para eliminar microorganismos, realizada en Grenoble en una época en la que se desconocían sus posibles efectos adversos, causó daño molecular e impide realizar nuevas pruebas químicas o genéticas (Maekawa, capítulo 3.4).

Este desconocimiento hizo que Rx y CT se utilizaran con frecuencia en el estudio de restos momificados, mucho antes de que Mullis, en 1986, desarrollara la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), que permitía amplificar cantidades muy pequeñas de fragmentos de ADN.

Sin embargo, los resultados de recientes investigaciones sugieren que la exposición a niveles clínicos de radiación puede incrementar el nivel de daño previo, reduciendo la cantidad de ADN útil, haciendo inviable la réplica de los fragmentos conservados y realizar análisis genéticos (David, 2001; 2008; Rühli *et al.*, 2004; Gilbert *et al.*, 2005; Grieshaber *et al.*, 2008).

Por último, entre los daños que pueden causar las intervenciones de conservación y restauración encontramos las habituales limpiezas que han eliminado posibles rastros originales, grasas naturales y acabados. Resinas y adhesivos envejecidos, cambios

de composición, uniones sin resistencia mecánica, quebradizas o craqueladas; decoloración o virado del color, contracciones, daños mecánicos o químicos en zonas de contacto del original con materiales no inertes o inestables, etc.

Productos como el tetracloruro de carbono, bromuro de metilo, óxido de etileno, fosfina, paradiclorobenceno, pentaclorofenol, formol, timol, arsénico, organoclorados y fosforados fueron ampliamente utilizados hasta los años noventa. En forma sólida, por acción de vapores, o pincelado de soluciones en etanol. Se utilizaban como fungicidas e insecticidas. Sus efectos acumulativos provocan, en el mejor de los casos, eflorescencias y cambios de color. A largo plazo, una hidrólisis de las proteínas y descomposición.

No tan conocidas son las alteraciones que se pueden causar a los especímenes por contaminación con ADN ajeno, aportado por los manipuladores, o las que pueden comprometer las dataciones por materiales de restauración: colas orgánicas de pescado, de pieles o huesos, gelatina, goma laca, goma arábiga, aceites, grasas, ceras, caseína, almidón...; al igual que la aplicación de productos de naturaleza similar a los originales puede llevar a resultados analíticos confusos (Reyman, 2008; David, 2008).

El trabajo realizado por Eklund *et al.* (2010), uno de los pocos existentes sobre el efecto que los productos usados habitualmente en restauración causan sobre los restos momificados, nos muestra que son muy escasos los que pueden considerarse como seguros para un tratamiento. Los ensayos realizados con goma arábiga, nitrato de celulosa, polivinil acetato, polivinil butiral, acrilatos, etc.; acetona, etanol, IMS, tolueno, xileno, *white spirit*, tricloroetileno, etc., buscan resultados que cumplan criterios internacionales de conservación, que obligan a usar productos inocuos, sin efectos adversos, buscando preservar la máxima información posible y no afectar a futuros análisis.

La línea de trabajo abierta por este estudio debería ampliarse en un futuro, permitiendo seleccionar los materiales más adecuados para cada proceso; teniendo en cuenta que la reversibilidad total de los productos es un mito y que siempre estarán presentes en el espécimen.

## Recomendaciones

La certeza de que se desarrollarán futuras técnicas y procesos, hoy desconocidos o inviables, obliga a

ejercer con la máxima prudencia la conservación y restauración de los restos antropológicos.

Las intervenciones que se realicen irán destinadas a garantizar la supervivencia de los especímenes, aquellos para los cuales la conservación preventiva ha sido insuficiente o se han visto sometidos a estudios agresivos que han vulnerado su integridad.

Podemos concluir, adaptando a nuestro ámbito el conocido aforismo:

«Una momia es un libro que solo se puede leer una vez».

Concepto que da también lugar a nuestra regla de oro:

«Intervenir lo mínimo y preservar al máximo».

## Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a Ana García y Ángeles Anaya (Estudios Físicos. IPCE) por los trabajos de digitalización radiográfica.

## Bibliografía

ARMENDÁRIZ, A.; ETXEBARRIA, F.; CARNICERO, M. A.; y HERRASTI, L. (1995): *Cuerpos humanos reconstruidos artificialmente. A propósito de falsas momias en España*. II congreso internacional de estudios sobre momias. Colombia: Cartagena.

ARMENDÁRIZ, A.; ETXEBARRIA, F.; BARRUTIABENGOA, J. A.; y HERRASTI, L. (1989): «Inés Ruiz de Otalora. Estudio de una momia del siglo XVII», en *Revista de Arqueología*, Año X, n.º 99, pp. 6-11.

BALANCHANDRAN, S. (2009): «Among the dead and their possessions: a conservator's role in the death, life and afterlife of human remains and their associated objects», en *Journal of American Institute for Conservation*, 48, n.º 3, pp. 199-222.

BECKETT, R.G. *Smoked bodies: a unique mummy restoration Project* [en línea]. Disponible en: <http://www.quinnipiac.edu/prebuilt/PDF/institutes>. [Consulta: 26 de abril de 2012].

- BROTHWELL, D. (1986): *The bog man and the Archaeology of people*. Londres: British Museum Publications.
- CATALANO, P.; RAPINESI, I. A.; GERARDI, G.; GIULIANI, M. R.; y VERGINELLI, F. (2003): «Studio del microclima per la conservazione della Mummia di Grottarossa», en *Materiali e strutture*, 1, n.º 2, pp. 135-161.
- COCKBURN, A.; COCKBURN, E.; y REYMAN, T. A. (2008): *Mummies, disease and ancient cultures*. Cambridge University Press. Part IV, Mummies and Technology. Chapter 16. New investigative techniques, pp. 353-394.
- COLES, J. L. (1988): *An assembly of death: bog bodies of northern and western Europe*. Ed. Purdy, Barbara A. Telford Press, pp. 219-235.
- CRUICKSHANK, P.; y MORGAN, H. (1995): *An innovative cold-lining technique: the conservation of the Shroud of Resti*. Starch and other carbohydrate adhesives for use in textile conservation. Londres: Ed. Pippa Cruickshank and Zenzie Tinker. UKIC Textile section, pp. 51-54.
- DAVID, A. E. (2008): *Conservation treatment for mummies*. Egyptian mummies and modern science. Ed. Rosalie David. Cambridge University Press. Chapter 16, pp. 247-254.
- DAVID, A. R. (2001): *Benefits and disadvantages of some conservation treatment for Egyptian mummies*. Chungará (Arica), vol. 33 n.º 1, pp. 113-115.
- DAVID, A. R.; y DAVID, A. E. (1995): *Preservation of Human mummified specimens*. The Care and conservation of Palaeontological Material. Oxford: Ed. C. Collins. Butterworth-Heinemann. Chapter 9, pp. 73-88.
- EKLUND, J. A.; THOMAS, M. G. (2010): *Assesing the effects of conservation treatments on short sequences of DNA in vitro*. Journal of Archaeological Science, 37, pp. 2831-2841.
- ETXEBERRÍA, F.; CARNICERO, M. A.; RODRÍGUEZ, J. V.; ARMENDÁRIZ, A.; HERRASTI, L.; y VEGAS, J. I. (1999): *El interés popular por las momias. De la curiosidad natural a la religiosidad popular*. Zainak, vol. 18, pp. 309-319.
- GÄNSICKE, S.; HATCHFIELD, P.; HYKIN, A.; SVODOBA, M.; y MEI-AN TSU, C. (2003): *The ancient egyptian collection at the museum of Fine Arts, Boston*. Part 1. Part 2. JAIC vol. 42, n.º 2, pp. 193-236.
- GILBERT, M. T. P.; BARNES, I.; COLINS, M. J.; SMITH, C.; EKLUND, J.; GOUDSMIT, J.; POINAR, H.; y COOPER, A. (2005): «Long-Term survival of ancient DNA in Egypt: Response to Zink and Nerlich (2003)», en *American Journal of Physical Anthropology*. Notes and Comments, pp. 1-5.
- GIUFFRA, V.; FORNACIARI, G.; y CIRANNI, R.: *A new case of ancient restoration of an egyptian mummy* [en línea]. Disponible en: <<http://www.paleopatologia.it/articoli/stampa2.php?recordID=34>>. [Consulta: 23 de enero de 2012].
- GLOVER, J. (1992): «The mummy bandages of Natsef-Amun», en *SSCR Journal: the quarterly news magazine of the Scottish Society for Conservation and Restoration*, 3, pp. 18-19.
- GRIESHABER, B. M.; OSBORNE, D. L.; DOUBLEDAY, A. F.; y KAESTLE, F. A. (2008): «A pilot study into the effects of X-ray and computed tomography exposure on the amplification of DNA from bone», en *Journal of Archaeological Science*, 35, pp. 3.681-3.687.
- HARVEY, R.; y MCNALLY, R. S. (2001): «The conservation of Ta-Senet-Net-Hor, a XXI dynasty Egyptian mummy», en *Human remains: conservation, retrieval and analysis*. BAR international series 934. Ed. Emily Williams, Archaeopress, pp. 89-94
- JOHNSON, C.; WILLS, B.; PEACOCK, T.; y BOTTO, G. (1995): «The conservation of an Egyptian mummy, cartonage cover and mask», en *Conservation on ancient Egyptian collections*. Archetype Publications, pp. 47-55.
- JOHNSON, C.; y WILLS, B. (1988): «The conservation of two pre-dynastic Egyptian bodies», en *Conservation of ancient Egyptian materials*. UKIC. Archaeology Section, pp. 79-84.

KIPLE, D.; MEIER, D.; OKOYE, M.; y REINHARD, K. (2001): «Tree dimensional (3D) reconstruction applied to mummy conservation and display», en *Human remains: conservation, retrieval and analysis*. BAR international series 934, Ed. Emily Williams, Archaeopress, pp. 167-172.

KNUDSEN, L. R. (1990): «Conservation of the Tollundman», en *Leather conservation news*, 6, n.º 2, pp. 1-7.

LENARES, M.; LONGHERA, M.; VANDINI, M.; LORUSSO, S.; GRUPPIONI, G.; ORZINCOLO, C.; BERNABÓ-BREA, M.; y MACELLARI, R. (2003): «Studio etnoantropologico su una mummia andina conservata presso i civici musei di Reggio Emilia», en *Quaderni di scienza della conservazione*, 3, pp. 69-83.

LEVEQUE, M. A. (1987): «An approach to the conservation of Egyptian mummies: the mummy of Lady Nesmutatneru», en *Recent advances in the conservation and analysis of artifacts*. University of London. Institute of Archaeology, pp. 239-241.

198 MELVILLE, B. (1995): «Examination and conservation considerations of an unwrapped mummy in the National Museums of Scotland», en *Conservation in ancient Egyptian collections*. Archetype Publications Ltd, pp. 77-84.

MENDOÇA DE SOUZA, S.; y RUANO MARTIN, M. (2003): «A cabeça troféu munduruku do Museu Antropológico da Universidade de Coimbra: análise do objeto e os seus desafios», en *Antropologia portuguesa*, 20/21, pp. 155-181.

MOLINA, F.; RODRÍGUEZ-ARIZA, M.<sup>a</sup>; JIMÉNEZ, S.; y BOTELLA, M. (2003): «La sepultura 121 del yacimiento argárico de el Castellón Alto (Galera, Granada)», en *Trabajos de Prehistoria* 60, n.º 1, pp. 153-158.

NICOLA, G. L.; MARCO, N.; y ALLESSANDRO, N. (2008): «Preservation and conservation of mummies and sarcophagi», en *e\_conservation online magazine*, n.º 3, pp. 22-47.

OMAR, S.; MCCORD, M.; y DANIELS, V. (1989): «The conservation of bog bodies by freeze-drying», en *Studies in conservation*, vol. 34, n.º 3, pp. 101-109.

PEACOCK, T. (1995): «The repair of textiles using starch and cellulose-based adhesives», en *Starch and other carbohydrate adhesives for use in textile conservation*. Ed. Pippa Cruickshank and Zenzie Tinker. UKIC Textile section, pp. 41-43.

PEREZ, P. J.; ARSUAGA, J. L.; y GRANDA, J. M. (1979): *Ensayo de aplicación de técnicas convencionales e inéditas en la investigación de cadáveres desecados y momias*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Publicaciones del Departamento de Paleontología, n.º 15.

PERLA COLOMBINI, M.; MODUGNO, F.; SILVANO, F.; y ONOR, M. (2000): «Characterization of the balm of an Egyptian mummy from the seventh century B.C.», en *Studies in conservation* 45, n.º 1, pp. 19-29.

PLENDERLEITH, H. J. (1934): «La restauration d'une momie égyptienne de la III<sup>e</sup> dynastie», en *Museion: bulletin de l'Office international des musées*, 25-26, pp. 202-204.

PROEFKE, M. L.; RINEHART, K. L.; RAHEEL, M.; AMBROSE, S. H.; y WISSEMAN, S. U. (1992): «Probing the mysteries of ancient Egypt; chemical analysis of a Roman period Egyptian mummy», en *Analytical chemistry* 64, n.º 2, pp. 105-111.

RAE, A. (1996): «Dry human and animal remains: their treatment at the British Museum», en *Human mummies: a global survey of their status and the techniques of conservation. The man on the ice*. Springer-Verlag, vol. 3, pp. 33-38.

REEVES, N. (1999): «New light on ancient Egyptian prosthetic medicine. British Museum», en *Studies in Egyptian Antiquities*, pp. 73-77.

REYMAN, C. (2008): «Mummies and technology. New investigative techniques», en *Mummies, disease and ancient cultures*. Ed. Aidan Cockburn, Eve Cockburn, Theodore A. Reyman. Cambridge University Press. Part IV, chapter 16, pp. 353-394.

RODRIGUEZ-MARTÍN, C. (1996): «Guanche mummies of Tenerife (Canary Islands): conservation and scientific studies in the CRONOS Project», en *Human mummies: a global survey of their status and the techniques*

*of conservation. The man on the ice.* Springer-Verlag, vol. 3, pp. 183-193.

RÜHLI, F. J.; CHHEM, R. K.; BÖNI, T. (2004): «Diagnostic paleoradiology of mummified tissue: interpretation and pitfalls», en *JACR*, vol 55, n.º 4, pp. 218-227.

SALTER-PEDERSEN, E. (2004): *The myth of eternal preservation: patterns of damage in Egyptian mummies*. Thesis Louisiana State University [en línea]. Disponible en: <<http://etd.lsu.edu/docs/available/etd.03252004-165820>>. [Consulta: 23 de enero de 2012].

SINGER, P.; y WYLIE, A. (1995): *The conservation of a fourth-century AD painted Egyptian mummy shroud*. *The conservator* 19, pp. 58-64.

SVOBODA, M.; y WALTON, M. (2010): «Material investigation of the J. Paul Getty Museum's red-shroud mummy», en *Decorated surfaces on ancient Egyptian objects. Technology, deterioration and conservation*.

Ed. J. Dawson., C. Rozeik & M. M. Wright. Archetype Publications Ltd., pp. 148-155.

VANDYKE-LEE, D. (1974): «The conservation of a preserved human head», en *Studies in Conservation* 19, pp. 222-226.

WALKER, S.; y BIERBRIER, M. (1997): *Ancient faces: mummy portraits from Roman Egypt*. Londres: British Museum Press.

WEBSTER, L. (1990): *Altered states: documenting changes in Anthropology research collections*. American Museum of Natural History, *Curator* 33, n.º 2, pp. 130-160.

ZHENG, T.; YOU, X.; LIU, J.; y ZHU, K. (1998): «A study on the preservation of exhumated mummies by plastination», en *Journal international society plastination*, vol. 13, n.º 1, pp. 20-22.



Capítulo 4  
Museos singulares.  
Propuestas para su preservación



# 4.1. Momias americanas. Contexto histórico y estado de conservación. Museo de América de Madrid

**Carmen Cerezo**

Museo de América. Madrid  
carmen.cerezo@meacd.es

**Teresa Gómez-Espinosa**

Museo de América. Madrid  
teresag.espinosa@meacd.es

**Ana Verde**

Museo de América. Madrid  
ana.verde@meacd.es

El Museo de América de Madrid está ubicado en la Ciudad Universitaria de la capital. Fue creado en el año 1941 y abrió sus puertas al público en 1962 en el edificio que se encargó, a tal efecto, a los arquitectos Luis Moya y Luis Feducchi. Tanto el inmueble como el montaje fueron remodelados posteriormente, por lo que el museo se mantuvo cerrado durante algo más de una década. En 1994 volvió a reabrirse presentando una moderna museografía, un innovador discurso museológico y una mejora de sus dependencias y condiciones ambientales, tanto en salas como en áreas de depósito.

No obstante, la historia del museo se remonta al siglo XVIII, ya que es heredero de las antiguas colecciones reales que se albergaban en el Gabinete de Historia Natural, pues las anteriores se perdieron en el incendio que destruyó Los Reales Alcázares de Madrid en 1724. Estas colecciones, que se han ido conformando a lo largo de la vida del museo fueron recogidas por las expediciones científicas, por las primeras excavaciones realizadas en América o han sido fruto de diferentes donaciones y adquisiciones a lo largo de los siglos XIX y XX. Entre sus fondos de arqueología, arte colonial y

etnografía se encuentran también algunas colecciones de antropología física, nos referimos a diez momias de procedencia chilena y peruana.

203

## Tipología y procedencia de las momias prehispánicas depositadas en el museo. Tipo de momificación y estado de conservación

Aunque son numerosas las referencias relativas a la conservación de los cuerpos y prácticas de momificación en diferentes culturas americanas a lo largo de todo el continente, las informaciones se incrementan al referirse al mundo andino, donde la aparición de cuerpos conservados es abundante y presentan una antigüedad de más de 6.000 años siendo la cultura Chinchorro (7000-2500 a. C.) del desierto de Atacama, en el norte de Chile, la primera manifestación compleja americana de culto a los muertos mediante una momificación intencionada.

La sedentarización, el desarrollo de la estratificación social y de las creencias en la existencia de otra vida en el más allá van a dar como resultado

el incremento del culto a los muertos, una mayor elaboración y sofisticación de los rituales funerarios con el desarrollo de unos patrones definidos y el proceso de conservación de cadáveres o de momificación de los mismos, generalmente referidos a una determinada élite política o religiosa, ya que el tratamiento de la muerte está condicionado por el estatus y consideración que la persona alcanzó en vida. Estos aspectos se van a convertir en una constante a lo largo del desarrollo cultural de las sociedades andinas y se van a caracterizar por una gran diversidad de tradiciones, de estilos mortuorios y de enterramientos, mediante la aplicación, en algunas culturas, de métodos naturales y experimentales de preservación artificial.

El Museo de América posee entre sus fondos un total de 10 momias, cuya adquisición obedece a diferentes momentos históricos. Se pueden dividir en grupos diferenciados según se tenga en cuenta su procedencia: de Chile o de Perú; su tipología: cuerpo desnudo, momia vestida y fardo funerario; su ubicación: almacén o salas de exposición; o su adquisición: excavación o donación.

Desde 1993, las momias se guardan en el almacén en condiciones medioambientales estables, exceptuando la de Paracas y el fardo de la Costa Central de Perú que se encuentran en la exposición permanente. El museo cuenta con un sistema de climatización que permite regular la temperatura y la humedad en todas las dependencias del inmueble. Los valores medios de temperatura y HR oscilan entre 20/22° y un 45-50%, valores que pueden ajustarse en caso de necesidad. El clima seco de Madrid resulta favorable para la conservación de estas momias y reduce el riesgo de proliferación de microorganismos, sin embargo hay que tener en cuenta el entorno en que se encuentra este edificio, un parque con abundante vegetación y numerosas aves, lo que supone un riesgo considerable de contaminación biológica.

Podemos manifestar que gran parte de la degradación sufrida por estas momias se debe a razones históricas; a los numerosos y poco cuidadosos traslados de que han sido objeto e, incluso, a su abandono en los almacenes de las diversas instituciones por las que han pasado. Ya en el propio Museo de América sufrieron, como el resto de las piezas, unas condiciones climáticas extremadamente adversas durante las obras de rehabilitación del edificio. Al final de estas obras, en 1991, fueron

sometidas a una fumigación realizada en una cámara de gases con óxido de etileno. Hoy día esta cámara se ha reconvertido para integrarse en una instalación fija de tratamientos con gases inertes con su propio generador de nitrógeno y sistema de humectación.

## Momias de Chile

El grupo de momias que proceden de Chile se corresponde con las momias desenterradas por la Comisión Científica del Pacífico. En 1865 ésta trajo, tras su expedición por tierras americanas, treinta y siete momias de Perú y Bolivia que fueron repartidas entre diferentes instituciones y de las que el Museo de América conserva un total de cinco. Tres de ellas son infantiles, de las que dos están completas (MA-15407 y MA-7866) y la tercera fragmentada (MA-15408); la otra es de un adulto varón (MA-2003/03/1). Proceden de Chiu-Chiu, en el valle del río Loa del desierto de Atacama, territorio que en la actualidad forma parte de Chile y donde Almagro, antropólogo de la referida expedición, obtuvo permiso para excavar. Mientras que la quinta es un fardo funerario peruano que veremos más adelante. La momia de adulto tras ser expuesta en la llamada «Exposición del Pacífico» que tuvo lugar en el Jardín Botánico de Madrid en 1866, fue enviada a la Universidad de Sevilla, junto con otras colecciones de Historia Natural y en 1929 fue exhibida allí en la Exposición Universal. En el año 2003 fue donada por dicha Universidad al Museo de América con motivo de la exposición realizada por el mismo, «Historia de un olvido. La Expedición Científica del Pacífico (1862-1865)».

Estas momias, que posiblemente fueron desenterradas en origen, se encuentran desnudas con el cuerpo en posición sedente –excepto una–, con las extremidades inferiores vueltas hacia la derecha –salvo en la de adulto que vuelven hacia la izquierda–, en posición flexionada y los brazos cruzados sobre el tronco o sujetando la cabeza. Las infantiles presentan deformación craneal. La momia de adulto y una de las infantiles (MA-7866) (fig. 1), están recubiertas con una especie de barniz. Según Reverte Coma, a veces las momias se ungían con diversas resinas, siendo las más frecuentes el bálsamo de Tolú (*Myroxylum Toluifera*) y la Caraña

Hedionda (*Elaphrium Simaruba Rose*) que otorga a las momias un olor característico.

### Análisis químico

En el año 2009, se tomaron muestras del recubrimiento «tipo barniz», de las dos momias indicadas para su análisis, por medio de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier y cromatografía de gases-espectrometría de masas. En la momia del niño se identificó una baja proporción de aceite secante y materiales de protección añadidos en época relativamente reciente; mientras que en las muestras obtenidas del adulto se encontraron aceite secante muy envejecido y restos de resina



**Figura 1.** Momia infantil de Chiu-Chiu, desierto de Atacama (MA-7866). Fotografía: Joaquín Otero. Museo de América.

de pino. Sin embargo, no se ha podido determinar cuando se aplicaron estos recubrimientos. Se ha propuesto seguir esta línea de investigación, acerca de los aceites y resinas empleados en la momificación de los ejemplares chilenos obtenidos por la Expedición al Pacífico. Se ha observado que las momias tienen huellas de ataque de insectos y manchas producidas por hongos, aunque actualmente no muestran indicios de actividad.

### Otros aspectos

Las momias procedentes de Chile se encuentran descontextualizadas y desconocemos su antigüedad ya que la ausencia de documentación referida a las mismas nos impide conocer cualquier dato en relación con las características o tipo de enterramientos en que fueron halladas, que sabemos varían a lo largo de las épocas en la región atacameña, sobre todo a partir de la influencia de Tiawanaco. Tampoco tenemos información sobre la forma de las tumbas, posición y orientación de los cadáveres, si todas tenían la misma riqueza de ajuares o existían diferencias, que tipo de ajuar llevaba cada una, e incluso datos de cómo estaban vestidas, si lo estuvieron, o de cuando fueron desenfundadas, etc. Sin embargo, el museo alberga una importante colección arqueológica atacameña conformada por los ajuares funerarios de las momias traídas por dicha expedición, dado que los factores ambientales que han permitido la momificación natural de los cadáveres también han permitido la conservación de este material orgánico de carácter cultural. Dentro de estos materiales se conservan textiles que en su mayoría han sido restaurados, pero no pueden ser atribuidos de forma concreta y con certeza a ninguna de estas momias.

El Museo posee otras cuatro momias (MA-1976/01/174, MA-1976/01/175, MA-1976/01/176, MA-1976/01/177) también de Atacama, que forman parte de la donación de material arqueológico y antropológico procedente de los yacimientos de San Miguel de Azapa (Arica) y San Pedro de Atacama, realizada por la Universidad del Norte de Chile en 1976; ejemplares que corresponden al periodo Intermedio Tardío (1000-1400). Sin duda estas momias se extrajeron durante los trabajos arqueológicos realizados por el Padre Le Paige, aunque carecemos de documentación específica sobre las

mismas. Constituyen fardos funerarios en posición fetal, envueltos en tela llana y atados con cuerdas elaboradas con distintas fibras vegetales y formas de atado (figs. 2 y 3).

### Análisis de imagen por rayos X

En dos de estos fardos de Atacama (MA-1976/01/174 –figura 4– y MA-1976/01/177), se ha detectado, a través imágenes obtenidas por RX, la figura de un objeto de forma semiesférica a la altura del tórax y del abdomen, que podría corresponder a una calabaza. Algunos elementos del ajuar precisan ser

analizados con mayor detalle, para lograr su identificación definitiva y confirmar la aparente existencia de semillas en su interior.

### Estado de conservación

A partir de las observaciones efectuadas, podría indicarse que todos estos restos antropológicos, tienen su origen en una momificación de tipo natural, producto de la salinidad y altas temperaturas del desierto de Atacama, aunque la bibliografía hace también referencia a tratamientos de evisceración. Actualmente se encuentran estables, aunque en un estado bastante degradado ya que a la pudrición natural de los cuerpos se une el efecto producido por su traslado a España en barco, con pésimas condiciones de embalaje y la lógica humedad del mar, más grave en su caso por provenir de una zona extremadamente seca. Son las piezas que presentan el mayor riesgo de contaminación biológica por: hongos, bacterias, insectos (derméstidos y tineolas), encontrándose restos de crisálidas (fig. 5). Además, presentan suciedad generalizada, sales, inestabilidad, roturas, pérdidas en los esqueletos, en los tejidos y en las cuerdas de fibras. En algunos casos la cabeza está desprendida y sólo se mantiene por la tela que la recubre. La zona inferior de los fardos se encuentra en bastante mal estado por la pudrición dejando en algunos casos escapar los huesos, por lo que hay que tener especial cuidado al manipularlos. En la actualidad se guardan provisionalmente en una caja de embalaje compartimentada, envueltas en

206



**Figura 2.** Fardo funerario del desierto de Atacama (MA-1976/01/177). Fotografía: Joaquín Otero. Museo de América.



**Figura 3.** Fardo funerario del desierto de Atacama (MA-1976/01/176). Fotografía: Joaquín Otero. Museo de América.



**Figura 4.** Fardo funerario con posible calabaza en su interior del desierto de Atacama (MA-1976/01/174). Fotografía: Joaquín Otero. Museo de América.

material resistente al ataque microbiológico Bac-terart® y en unas condiciones climáticas estables. Es necesario someterlas a un proceso de conservación y restauración que incluya la sujeción de las partes desprendidas, así como realizar soportes y protecciones con materiales inertes que se puedan amoldar a la forma de los cuerpos. Según la problemática expuesta, se ha diseñado un proyecto global de conservación que se resume el punto final de este artículo.

## Momia y fardo de Perú

Siguiendo una secuencia cultural pasamos a hablar de la momia Paracas (MA-70311), expuesta en una de las salas del museo. La cultura Paracas, desarrollada en la costa sur de Perú a finales del Horizonte Temprano (300 a. C.-200 d. C.), destaca por la elaboración de fardos funerarios. Aunque no todos los muertos recibían el mismo tratamiento, ya que los entierros sencillos presentan el cuerpo desecado de forma natural, envuelto en telas llanas y con poca ornamentación, en los más elaborados o complejos, que se corresponden con individuos de mayor rango social, el cadáver era sentado en un cesto en posición flexionada con las piernas y los brazos fuertemente atados y los dedos de los pies y de las manos amarrados con hilos, estas últimas sujetando una calabaza bajo el mentón. Láminas y adornos de oro tapaban los orificios faciales. Se añadían ofrendas como armas, agujas, cerámicas, abanicos y tejidos que

eran incorporados en capas sucesivas. Cada determinado tiempo se les incrementaban las ofrendas de forma que la silueta del cuerpo se remarcaba de tres a seis veces mediante grandes sudarios que al envolverlo se amarraban en la parte superior formando una «falsa cabeza» provista de un tocado o turbante, y entre estas sudarios se iban colocando las numerosas prendas hasta alcanzar la forma de un bulto cónico de hasta 1,5 m de altura (Peeters, 2007; 2009).

El proceso de momificación de los cadáveres de Paracas es natural, debido a la sequedad del desierto, pero también hay un proceso de desecación intencionada ya que parece ser que el fardo, con una capa inicial de ofrendas, era expuesto al sol durante los primeros días próximos al fallecimiento, como denota la capa de pupas de moscas e insectos necrófagos que aparecen encima de los envoltorios deteriorados (Peters, 2007).

La momia Paracas que alberga el museo, fue uno de los 490 fardos funerarios desenterrados por Julio C. Tello entre 1925 y 1927 en la Necrópolis de Wari Kayan, ubicada en la bahía de Paracas (costa sur del Perú). Tras su desfardado, realizado en Perú, y posterior montaje para ser exhibida en el Pabellón de Perú de la Exposición Universal de Sevilla, en 1929, fue depositada en el Museo de América por el Gobierno de dicho país. Esta momia, una vez desfardada, fue vuelta a vestir para su exhibición museográfica siguiendo un esquema que se corresponde con los dibujos de Huaman Poma de Ayala, relativos a las momias o *mallquis* Incas (fig. 6). Presenta tres *llautos* o turbantes, una esclavina y dos mantos, uno puesto y posiblemente incompleto, de estilo bloques de color, y un gran manto de estilo lineal que se exhibe en vitrina aparte. El fardo está muy deshidratado y pulverulento. El manto que recubre la parte delantera deja ver por varias roturas un soporte moderno de color morado, que debió ser colocado en el momento del nuevo montaje. Sin embargo, los *llautos* o turbantes que cubren la cabeza están mucho mejor conservados. Se adorna con una gran nariguera, un pectoral de oro y dos collares, uno de concha *Spondylus*, con una concha entera en el centro como colgante, y otro formado por discos circulares de oro, que en realidad constituyen adornos colgantes de orejeras y que han sido reconstruidos como collar. También se encuentra un abanico de plumas deteriorado por un antiguo ataque de insectos y por desprendimiento



Figura 5. Detalle de la contaminación biológica del fardo funerario del desierto de Atacama (MA-1976/01/175). Fotografía: Joaquín Otero. Museo de América.

de sus elementos, que han tenido que ser sujetos con una crepelina para evitar su pérdida. El cesto sobre el que asienta la momia también está muy frágil y parece estar en parte desfondado, por lo que se tiene previsto colocar con el mayor cuidado, y previamente, un nuevo soporte que lo sustente.

Cuando se hizo la mencionada reconstrucción museográfica se debieron introducir los dos palos que mantienen erecta la momia (fig. 7); están por debajo de los mantos que la recubren y sujetan la cabeza. En este sentido, cabe la duda acerca de si los textiles y adornos que la acompañan formaban parte del fardo de esta momia, o si procedían de otra y fueron seleccionados por su estado de conservación, ya que incluso la cesta-costurero que la acompaña como formando parte también de su ajuar y en cuyo interior contiene torteros, husos, ovillos de hilo y una mazorca de maíz, es posterior y pertenece al Periodo Intermedio Tardío (1000-1472 d. C.).

Al plantearnos la necesidad de intervenir en el conjunto de la momia Paracas, en el marco de un plan interdisciplinar de conservación, se ha apuntado la conveniencia de mantener el montaje descrito



Figura 7. Vista posterior y detalle de la sujeción de la cabeza de la momia Paracas. Fotografía: Joaquín Otero. Museo de América.

208



Figura 6. Reconstrucción museográfica de la momia Paracas (MA-70311). Fotografía: Eduardo Seco. IPCE.

por dos razones: la primera, porque puede ser definida como una reconstrucción museográfica histórica realizada sin duda por el mismo J. C. Tello y su equipo en el Museo de Lima; y la segunda, porque la fragilidad de los tejidos hace temer por su integridad, en caso de un desmontaje de las piezas. Es por ello que, nos inclinamos por la aplicación de un enfoque de conservación preventiva y por la restauración puntual de las piezas que presentan roturas, como la parte delantera del manto, el abanico y el cesto. Por otra parte, aunque a la momia no se le han tomado micro-muestras, se han guardado algunos fragmentos de piel y un diente, desprendidos a lo largo del tiempo, para poder realizar los análisis que permitan su estudio, conservación e intervención.

El Intermedio Temprano va a traer cambios en los patrones de enterramiento. En la costa norte de Perú los patrones funerarios mochicas cambiarán y el muerto será enterrado en posición extendida sobre su espalda en cámaras funerarias, dentro de ataúdes de caña con ajuares muy ricos y elaborados. Esta posición se distingue de los modelos anteriores Cupisnique del Horizonte Temprano, así como de los posteriores de Lambayeque y Chimú

del Intermedio Tardío, donde los cadáveres suelen estar flexionados. Estas sociedades destacan por la importancia de los rituales funerarios y la riqueza de los ajuares, no así tanto por la presencia de momias, aunque los cadáveres y las máscaras de orfebrería que portan suelen estar impregnados en cinabrio (sulfuro de mercurio), que es fungicida y bactericida y un mineral de gran toxicidad, por lo que su uso ha sido también considerado un medio para disuadir a los profanadores de tumbas. Hay que destacar la momia de la Señora Cao, cuya momificación se considera que es debida a que su tumba se encontraba en el nivel intermedio de la Huaca de Cao Viejo, dentro del Complejo Arqueológico El Brujo, lejos de la humedad de El Niño y de la capa freática, también a que estaba impregnada de cinabrio que actuó como microbicida.

Posteriormente, durante el Horizonte Medio se van a producir importantes cambios en las prácticas mortuorias, pero no hay momificación en la sierra. El cadáver es enterrado flexionado, envuelto en capas de algodón natural o desmotado y amarrado con cuerdas formando fardos funerarios o bultos cuya cabeza se cubre con una máscara. Esta elaboración de fardos que surge con la cultura Wari va

a llegar hasta los Incas, quienes sí momificaban a sus soberanos dispuestos en cuclillas sobre palanquines.

El fardo funerario (MA-70388) depositado en el Museo de América (fig. 8), es característico de este periodo y probablemente de la costa sur del Perú. Aunque también carece de documentación, su procedencia está asignada a las momias peruanas traídas por la ya mencionada Comisión Científica del Pacífico, en 1865. Presenta forma rectangular y está rematado por una falsa cabeza con peluca de cabello humano y en su composición han sido identificados un total de 10 tejidos (Jiménez, 2009). La radiografía permite apreciar el cadáver flexionado envuelto en múltiples capas de tejido, rodeado de algodón crudo y enrollado con una gruesa cuerda de algodón que sale al exterior del fardo por el centro del bulto, en el que se observa la huella del ataque de insectos. Se observa también lo que parecen ser unas pulseras, compuestas por pequeñas cuentas ensartadas, algunas de alta absorción radiográfica; a falta de un estudio más preciso, la imagen muestra diferencias de opacidad, lo que sugiere que podrían estar constituidas por materiales de distinta naturaleza. Las tablas 1 y 2 muestran las características de las momias y sus ajuares, también los análisis realizados y sus intervenciones.

209



Figura 8. Fardo funerario de la costa sur de Perú (MA-70388). Fotografía: Joaquín Otero. Museo de América.



**Tabla 1. Características de las momias y sus ajuares, correspondientes al Museo de América**

Momias procedencia	Tipo de momificación	Posición	Fardos y ajuares
<b>Desierto de Atacama Chiu-Chiu. Chile Momias desnudas</b>	Momificación natural?	Descontextualizadas  Flexionadas y sedentes –salvo una–	No tuvieron o no los conservan
<b>Desierto de Atacama Arica.Chile Periodo Intermedio Tardío (1000-1400 d. C.) Momias enfardadas</b>	Momificación mixta	Descontextualizadas  Flexionadas y sedentes y decúbito dorsal	Mortajas y camisas de diferentes calidades con amarres vegetales Alguna presenta un objeto de forma semiesférica, quizás una calabaza
<b>Paracas. Perú Horizonte Temprano (300 a. C.-200 d. C.)</b>	Artificial	Descontextualizada  Flexionada, sedente	Amortajada y enfardada con varios mantos y complementos textiles. Adornos de oro, abanico de plumas. Costurero con herramientas de tejer
<b>Fardo Costa Central Perú</b>	Artificial?	Descontextualizada  Flexionada, sedente	Protegida con algodón. Se localizan diez piezas textiles conformando el fardo. Máscara de madera policromada con cabello natural

**Tabla 2. Análisis realizados e intervenciones**

Momias	Intervenciones antiguas	Análisis realizados
<b>Desierto de Atacama Chiu-Chiu. Chile Momias desnudas</b>	Alguna de ellas presenta un recubrimiento en el que se ha detectado un componente acrílico	Recubrimiento de una momia infantil y de la momia de adulto: aceite secante y, en un caso, un componente acrílico
<b>Desierto de Atacama Arica.Chile Periodo Intermedio Tardío (1000-1400 d. C.) Momias enfardadas</b>	No presentan	RX
<b>Paracas. Perú Horizonte Temprano (300 a. C.-200 d. C.)</b>	Fue desenfundada y vuelta a enfardar, para su exhibición. Se hizo en Perú, posiblemente por el equipo de Tello	
<b>Fardo Costa Central Perú</b>		RX

## Propuesta de conservación

Actualmente, se ha planteado una investigación interdisciplinar sobre las momias del museo. Ello debe realizarse con especialistas que aborden el tratamiento de conservación y restauración de las mismas, así como todo lo relacionado con su manipulación, embalaje, almacenamiento y exposición. Asimismo, se pretende diseñar unos soportes y protecciones idóneos para cada caso. El proyecto debe tener en cuenta todos los materiales que componen los ajuares conservados: textiles, metales, pluma, cestería etc., respetando siempre los conjuntos que forman los restos y sus respectivos fardos funerarios.

La propuesta de conservación indicada en el proyecto, involucra tanto a las colecciones como a las

instalaciones del museo y su entorno, donde los restos antropológicos van a ser reubicados. Los puntos básicos a tener en cuenta se resumen a continuación:

1. Profundizar en los aspectos históricos y antropológicos.
2. Realizar las tomas de micro-muestras para el análisis de los materiales. Estudio del diagnóstico de alteraciones y evaluación del estado de conservación.
3. Desinfección preventiva de las momias. Se propone tratamiento combinado de anoxia y control de humedad. Posteriormente, las zonas que hayan tenido indicios de microorganismos se tratarán localmente con etanol al 70% en agua destilada, siempre que no existan pigmentos solubles.

4. Fabricar soportes adecuados para minimizar riesgos de movimientos o desprendimientos de fragmentos de huesos, cabeza. Realizar una correcta manipulación de la momia.
5. Transportar al laboratorio para efectuar:
  - Limpieza mecánica de las superficies, incluyendo la eliminación de concreciones salinas y suciedad general en los tejidos de los fardos.
  - Fijar textiles desprendidos y corregir las alteraciones que hayan podido sufrir los materiales diversos.
6. Aquellas momias que vayan a ser mostradas en sala de exposición, colección permanente del museo, se ubicarán en vitrinas adecuadas en función de la tipología de las momias, sus ajueres y las condiciones ambientales de la sala de exposición.
7. Las momias con mejor estado de conservación que vayan a ser depositadas en el almacén precisarán:
  - a) Una cubierta protectora con tela de gasa, o con un tul de poro pequeño y fibra con tratamiento antiestático. Se trata de utilizar materiales porosos al aire, que además impidan la entrada de polvo o de posibles insectos.
  - b) Condiciones ambientales estables en el almacén y adecuados elementos estructurales; ventanas, puertas con cerramientos apropiados. Se diseñará un programa y método de limpieza.
8. Las momias más delicadas se envolverán en textiles porosos y se ubicarán en embalajes provistos de soportes adecuados, materiales inertes, pH neutro, y absorbentes de humedad equilibrada al 40-45%. Tanto en las vitrinas como en los embalajes, se pueden introducir extractos vegetales inhibidores del desarrollo microbiano y repelentes de insectos.
9. Se revisará y actualizará la rutina de conservación. Se elaborará un programa de inspección de las colecciones y de las instalaciones.
10. Se optimizará el edificio, su climatización y se tendrá en cuenta el impacto del entorno.
11. Se elaborará un plan de mantenimiento y rutina de preservación.

## Bibliografía

ALMAGRO, Manuel (1866): *Breve descripción de los viajes hechos a América por la Comisión Científica enviada por el gobierno de S.M.C. durante los años de 1862 a 1866*. Madrid: Imp. Manuel Rivadeneyra.

JIMÉNEZ, M.<sup>a</sup> Jesús (2009): *Tradición de Tradiciones. Tejidos prehispánicos y virreinales de los Andes. La colección del Museo de América*, Ministerio de Cultura, Madrid.

PEETERS, Ann (2007): «La Necrópolis de Wari Kayan», en catálogo *Hilos del pasado. El aporte francés al legado Paracas*, Instituto Nacional de Cultura, Lima, pp. 23-31.

—(2009): «El cementerio de Paracas necropolis: Un mapa social complejo», en catálogo *Mantos para la eternidad. Textiles Paracas del antiguo Perú*. Madrid: Ministerio de Cultura, pp. 27-36.

VV. AA. (2003): *Historia de un olvido. La Expedición Científica del Pacífico (1862-1865)*. Madrid: Ministerio de Cultura.

## Otras referencias

Reverte <http://www.museorevertecoma.org> [en línea]. [Consulta: 12 de febrero 2012].



## 4.2. Estudio antropológico de los restos momificados. Museo de América de Madrid

Beatriz Robledo

Museo de América. Madrid

beatriz.robledo@mcu.es

El análisis científico de los cuerpos momificados ofrece una oportunidad inestimable de integrar dos áreas de conocimiento esenciales en el estudio del ser humano como son la biología y la cultura. Es evidente que los procedimientos paleoantropológicos permiten obtener información sobre características biológicas (sexo, edad, dimensiones corporales), genéticas (ancestros), patrones de actividad física o indicadores de salud (Aufderheide, 2003); pero las momias suelen estar acompañadas por numerosos elementos que nos acercan a prácticas socioculturales como pueden ser, entre otros, el tratamiento del cadáver y el ajuar (adornos corporales, indumentaria, armas, alimentos, recipientes); es decir, aspectos que conforman el ritual funerario y sus creencias.

A diferencia del estudio de los restos esqueléticos, donde se pueden analizar y manipular estructuras anatómicas de forma independiente y directa, los individuos momificados obligan a afrontar nuevos retos en la forma de investigación. Por ejemplo, pensemos que pueden conservar tejidos blandos que cubran total o parcialmente el esqueleto impidiendo la observación de la superficie del hueso, piezas dentales o inserciones musculares; igualmente, mantener el cuerpo en conexión anatómica dificulta el

estudio de algunas patologías articulares, así como la valoración cuantitativa de las dimensiones morfológicas de las estructuras óseas.

Tradicionalmente los cuerpos momificados se han analizado mediante procedimientos invasivos, sometiéndolos a disección o endoscopias, lo que provocaba la destrucción total o parcial del cadáver y de las estructuras que lo cubrían, por ejemplo, el propio fardo funerario. Afortunadamente, en los últimos años dichas prácticas casi se han abandonado, siendo sustituidas por procedimientos no invasivos, si bien, ocasionalmente, se siguen utilizando para la obtención de pequeñas muestras biológicas con el fin de establecer su datación mediante radiocarbono, efectuar estudios histopatológicos (pelo, uñas), detectar enfermedades pulmonares (tuberculosis), identificar parásitos o efectuar estudios paleoquímicos de isótopos estables, elementos traza (paleodietas) y ADN.

Los métodos no invasivos pueden poner de manifiesto la presencia de bacterias, mohos, hongos, polen o entomofauna; elementos biológicos que ofrecen información sobre el entorno en el que fue enterrada o almacenada la momia tras la excavación. Estos métodos facilitan el estudio descriptivo

del individuo estableciendo la posición relativa de los distintos elementos anatómicos: cabeza, tronco, extremidades superiores e inferiores, lo que permite evaluar la forma, disposición y preservación del cadáver. Macroscópicamente se puede determinar si existen modificaciones culturales intencionales como la deformación craneal, si fue sometido o no a evisceración, si presenta tatuajes, amputaciones, o algún tipo de herida inciso contusa que pudiera considerarse la causa de muerte, e incluso si presenta lesiones que pudieran estar relacionadas con tratamientos médicos o rituales, caso de las trepanaciones.

En un fardo funerario no se dispone de acceso directo al cuerpo momificado y por tanto resulta imprescindible utilizar técnicas radiográficas no invasivas, ya sea mediante rayos X, resonancia magnética o tomografía axial computerizada.

El uso de rayos X (RX) permite analizar principalmente las estructuras esqueléticas de mayor densidad: huesos y dientes. Tiene como principales ventajas que es un sistema económico y muy accesible; entre sus inconvenientes destacan la baja resolución de contraste y la complejidad añadida de la superposición de estructuras anatómicas. Con este método puede establecerse el grado de mineralización ósea, la presencia de malformaciones congénitas, traumatismos, enfermedades infecciosas, metabólicas, cambios degenerativos articulares, tumores, etc.

En el Museo de América se dispone de registro radiológico de cuatro de sus momias que pueden identificarse por su número de inventario: una procedente de la costa sur del Perú (MAM-70388) y tres de la región de Atacama (MAM-1976/01/174, MAM-1976/01/175 y MAM-1976/01/177). A pesar del escaso número de placas realizado hasta la fecha, su baja calidad y de tratarse de imágenes con una sola orientación, su análisis permite establecer que los cuerpos fueron colocados en posición sentada, con las piernas flexionadas (fig. 1) y, al menos en dos casos, con los brazos sobre el pecho. No siempre existe conexión anatómica completa; por ejemplo, la momia MAM-70388 tiene desplazado el esplanocráneo y desarticulada la mayor parte de la parrilla costal que ahora ocupa parte de la zona inferior del fardo funerario. También están desalineadas las vértebras dorsolumbares de la momia infantil MAM-1976/01/177.

Lamentablemente, las placas radiográficas disponibles en este caso carecen de escala, lo que imposibilita la obtención de dimensiones morfológicas de



Figura 1. Imagen radiográfica de una momia infantil (MAM-1976/01/177).

las estructuras esqueléticas, un aspecto que hubiese permitido estimar edades a partir de las longitudes de los huesos largos en los individuos infantiles o calcular la talla de los adultos. Aún así, las imágenes son útiles porque permiten valorar el desarrollo de algunas piezas dentarias y establecer edades basadas en el método de erupción y maduración dental (Ubelaker, 2007). En base a esta técnica, la momia infantil, MAM-70388, parece corresponder a un individuo de 7 años  $\pm$  24 meses dado que presenta dentición mixta. En la mandíbula ha erupcionado el primer molar definitivo, pero mantiene los molares deciduales y en las criptas alveolares tiene, parcialmente formadas, las coronas del segundo molar permanente y de ambos premolares. En el mismo intervalo de edad podría situarse a la también momia infantil, MAM-1976/01/174, dado que la orientación de la placa permite analizar también el desarrollo de la corona de premolares y caninos definitivos. Mucho más joven en el momento de su muerte era el individuo MAM-1976/01/177 que corresponde a un

infantil de unos 18  $\pm$  6 meses ya que tiene emergido el primer molar decidual inferior y casi ha completado el desarrollo de la corona del segundo molar decidual. La momia 1976/01/175 presenta completamente desarrollada su dentición definitiva y fusionadas las epífisis de los huesos largos, lo que permite considerar que corresponde a un individuo adulto.

Respecto a la determinación del sexo, indicar que al reducido número de imágenes radiográficas se añade la dificultad que presentan los restos infantiles en general, ya que antes de la pubertad no se desarrollan los caracteres secundarios que permiten dicha asignación con cierta seguridad. En este caso, y en base al material disponible, sólo puede afirmarse que la momia correspondiente a un adulto, MAM-1976/01/175, pertenece probablemente a un individuo masculino. El diagnóstico puede establecerse en base al tamaño de sus mastoides y a la profundidad de la escotadura ciática del coxal.

En relación a la existencia de indicadores paleopatológicos señalar que corresponde a la momia de



**Figura 2.** Detalle del cráneo deformado correspondiente a la momia de un varón adulto (MAM-1976/01/175).

un varón adulto, MAM-1976/01/175, presenta una deformación craneal intencional de tipo tabular oblicua como resultado de la compresión del frontal y occipital durante su infancia (fig. 2) y refleja, además, un ligero aplastamiento del cuerpo de una de las últimas vértebras torácicas (fig. 3).

El estudio de las placas radiográficas ha permitido detectar distintos elementos de ajuar –que no detallaremos aquí puesto que han sido descritos en otro capítulo de este mismo volumen–, como la presencia de pulseras de cuentas en ambas muñecas en la momia infantil MAM-70388 (fig. 4), o la existencia de un objeto de forma semiesférica a la altura del tórax en la momia MAM-1976/01/174, o del abdomen de la momia MAM-1976/01/177, que precisan ser analizados con mayor detalle para lograr su identificación definitiva.

La utilización de técnicas no invasivas como la resonancia magnética (RM) y la tomografía axial computerizada (TAC), también se han contemplado para un futuro estudio de las momias prehispánicas del Museo de América. La RM permite obtener imágenes internas, pero su aplicación en tejidos momificados tiene dos factores limitantes: el bajo contenido en agua del cadáver desecado y la potencial presencia de objetos metálicos que al ser sometidos a un campo magnético podrían deteriorarse. Ambos inconvenientes reducen su uso en nuestro caso ya que resulta prioritaria la preservación del patrimonio histórico.

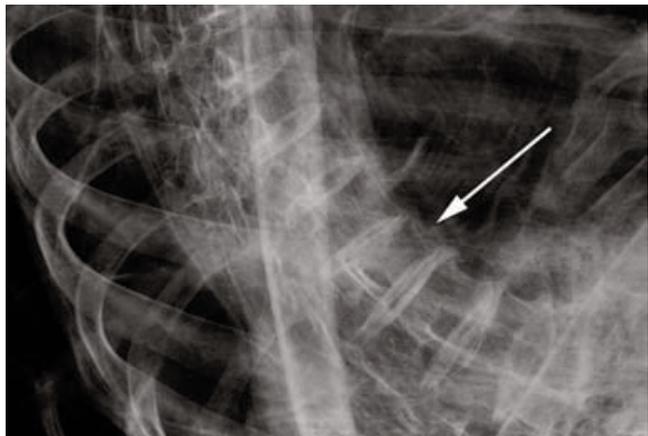
El TAC es una técnica que hoy en día permite realizar una autopsia virtual porque a partir de miles de imágenes que representan cortes transversales de pequeño espesor, se logra reconstruir en dos o tres dimensiones la morfología de huesos, dientes, tejidos blandos y ajuar funerario. De esa forma se hace



innecesario proceder a métodos invasivos destructivos o incluso a utilizar endoscopias que en ocasiones obligaban a realizar orificios de entrada en el cuerpo o sus envolturas. Este será, sin duda, el camino idóneo para seguir avanzando en el conocimiento futuro de este tipo de materiales, y en la práctica será el elegido para mejorar el análisis antropológico de las momias del Museo de América.

Los objetivos y limitaciones de las técnicas indicadas, se resumen en la tabla 1.

216



**Figura 3.** Aplastamiento patológico de un cuerpo vertebral torácico de la momia del varón adulto (MAM-1976/01/175).



**Figura 4.** Pulseras de cuentas en una momia infantil (MAM-70388).

Tabla 1. Procedimientos no invasivos aplicados a restos momificados

Técnica	Objetivo	Limitaciones	Observaciones
<b>RX</b>	Fusión metafisaria	Restringido a huesos y dientes	Bajo coste
	Detección de patologías	Reducida resolución	
	Densidad trabecular	Superposición esquelética	
<b>RM</b>	Análisis de estructuras orgánicas internas	Alteraciones del ajuar metálico	Alto coste
		Poco fiable en tejido deshidratado	
<b>TAC</b>	Reconstrucción 2D y 3D de las estructuras anatómicas	Baja disponibilidad de aparatos	Alto coste
		Dificultad en la interpretación	

## Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a Ana García y Ángeles Anaya (Estudios Físicos, IPCE) por los trabajos de digitalización radiográfica.

## Bibliografía

AUFDERHEIDE, Arthur (2003): *The scientific study of mummies*. USA: Cambridge University Press.

UBELAKER, Douglas (2007): *Enterramientos humanos. Excavación, análisis, interpretación*. Smithsonian Institution. San Sebastián: Edita Sociedad de Ciencias Aranzadi.



## 4.3. Conservación y medidas de protección de los restos de la Señora de Cao, dignataria de la cultura Moche en la costa norte del Perú

**Arabel Fernández**

Programa Arqueológico «El Brujo»-Museo Cao (Fundación Wiese)  
arabelf@yahoo.com

**Régulo Franco**

Programa Arqueológico «El Brujo»-Museo Cao (Fundación Wiese)  
regulofrancoj@gmail.com

A través de las siguientes líneas se presentan diferentes aspectos relacionados con la conservación de uno de los descubrimientos más importantes de los últimos años en la arqueología peruana, realizado en la Huaca Cao Viejo del Complejo Arqueológico El Brujo. Se trata del cuerpo de una dignataria Moche que reinó entre el siglo III y el IV d. C., aproximadamente. Fue bautizada como Señora de Cao por el estatus y lugar del hallazgo. Muchos factores naturales, así como prácticas culturales, favorecieron la preservación extraordinaria del fardo y su contenido sin precedentes en el registro funerario de la cultura Moche. Se da a conocer una serie de aspectos tanto de conservación como de presentación del cuerpo, gracias al constante apoyo económico y ejecución de la Fundación Wiese en convenio con el Ministerio de Cultura de Perú.

### Características del hallazgo y el contexto

Huaca Cao Viejo es un templo Moche que estuvo en uso entre el año 200 d. C. y el 750 d. C. Fue el escenario donde se celebraron ceremonias y rituales que estuvieron vinculados con la ideología y cosmovisión Moche, como fue también sede de entierros

de personajes importantes. En este edificio se han registrado cuatro etapas constructivas superpuestas, con sus respectivas interfases, modalidad que se dio en todas las estructuras ceremoniales Moche. El fardo de la Señora de Cao fue encontrado formando parte del segundo edificio vigente y fue cubierto por el tercer edificio.

En los inicios del año 2005 se descubrió la tumba ubicada en la esquina noroeste de la plataforma superior de la Huaca Cao Viejo, dentro de lo que se está llamando el recinto mausoleo de la Señora de Cao (Franco, 2008; 2010). Lo primero que apareció fue un cántaro con la representación de un búho, y posteriormente se encontraron una superposición de capas culturales hasta el hallazgo puntual del fardo. El nivel en el que se encontró fue a 10 metros de la superficie del templo. El fardo estaba dentro de una fosa con una profundidad de 2,50 metros; la profundidad total de la tumba es de 12,50 metros (fig. 1).

El fardo se encontraba depositado directamente sobre una capa de arena que cubría el piso de uno de los ambientes soterrados del primer templo y presentaba una orientación N-S. Hacia el lado este yacía recostado el cuerpo de una adolescente que murió estrangulada con una soguilla de fibra vegetal. Hacia

el sur se encontraron algunas piezas de cerámica de los estilos Moche temprano y gallinazo.

Sorprendió su excelente estado de conservación debido a la aridez y las escasas precipitaciones pluviales que caracterizan a la costa norte del Perú, así como la ubicación del fardo en medio de la construcción, cubierto por un gran relleno de bloques de adobe tramado.

Durante la liberación del fardo se tomaron algunas medidas preventivas para evitar los cambios bruscos de humedad y temperatura, con la inclusión de un absorbente de humedad granulado para cubrir íntegramente el fardo funerario.

A diferencia de otras tumbas de la élite Moche, el cuerpo de la dignataria no se encontraba dentro de un ataúd de cañas o madera, algo usual en los entierros tardíos. Sin embargo, esto no debe llamar la atención, porque durante esta época muchos entierros ubicados en otras latitudes de la costa norte tienen las mismas características, y aparecen asociados a representaciones de cerámica temprana. En cambio, las tumbas de los personajes de la época tardía se encuentran comúnmente asociadas a sarcófagos o ataúdes.

220

El levantamiento y registro del fardo se inspiró en las escenas de entierro pintadas en los ceramios Moche, recurriendo al mismo mecanismo para retirar el fardo de la fosa. El fardo se colocó sobre una tarima elaborada de caña de Guayaquil y palos, cubierto con planchas de material apropiado. Se creó, así, una superficie suave para mantener incólume el fardo. Se utilizaron sogas amarradas a la tarima para retirar el fardo de la fosa (fig. 2). En el traslado del fardo al

laboratorio participaron varios hombres, lo que puso de manifiesto lo pesado que era el bulto funerario.

## Apertura del fardo

Parte de la tradición funeraria en los Andes Centrales fue la de envolver a los muertos con telas que pudieron haber usado en vida, o que fueron hechas para tales propósitos. Diversos factores han favorecido la preservación de fardos funerarios entre los que podemos mencionar las condiciones climáticas, la localización de los mismos en cuevas o abrigos rocosos, así como también diversas prácticas culturales entorno al enterramiento. De esta manera ha sido posible registrar en numerosos sitios de la costa, sierra y selva fardos funerarios de variados tamaños y formas.

El fardo de la Señora de Cao era de forma alargada, con protuberancias en los extremos, lo que revelaba la presencia de porras, una a cada costado. Se trataba de un caso *sui generis*, ya que era la primera vez que se tenía un fardo de estas dimensiones y características; más aún, se desconocía su contenido. La magnitud del fardo indicaba que se trataba de un personaje importante, la forma alargada del mismo correspondía a la disposición extendida del cuerpo como parte del patrón funerario establecido por los Moche. El fardo medía 1,81 m de largo por 75 cm de ancho, y 42 cm de espesor. Pesaba, aproximadamente, 120 kg.

El equipo que intervino en el proceso estuvo conformado por arqueólogos, conservadores, antropólogos físicos y técnicos en arqueología y conservación, logrando, de esta manera, un complemento entre las



**Figura 1.** Vista panorámica del patio N.O. del segundo edificio. Se aprecia la ubicación de la tumba de la Señora de Cao, así como también las tumbas asociadas. Fotografía: Archivo fotográfico Fundación Wiese.



**Figura 2.** Retirada del fardo de la tumba. Fotografía: Archivo fotográfico Fundación Wiese.

diferentes disciplinas. El trabajo de registro de apertura y de conservación estuvo dirigido por la autora que suscribe el artículo.

El registro arqueológico consistió en identificar las capas y su superposición, así como las ofrendas encontradas en el interior. El trabajo de conservación consistió en delinear el proceso de retiro de las telas u otros elementos que conformaron el fardo, así como el diseño y el sistema de embalaje y almacenaje de los objetos retirados. Los antropólogos físicos se encargaron de determinar del sexo del individuo, así como de investigar las posibles causas de su muerte, identificando las posibles enfermedades y otros datos antropométricos relevantes que pudieran ser obtenidos tanto de la observación del cuerpo como de las placas radiográficas y del examen endoscópico. En este proceso, jugaron un papel importante las personas que se encargaron de realizar por capas el registro gráfico, fotográfico y filmico.

Como primera acción previa al retiro de las telas y otros elementos del interior del fardo, se procedió a la toma de placas radiográficas. Considerando que el traslado del fardo hacia la ciudad de Trujillo era de alto riesgo, se contrató el servicio de un médico radiólogo que contaba con un equipo de rayos X portátil (fig. 3), quien se encargó de revelar las placas radiográficas dentro de un cuarto oscuro. Considerando las dimensiones del fardo fue necesario realizar diversas tomas. Por otro lado, la densidad del bulto funerario implicó realizar graduaciones en el voltaje del equipo hasta obtener el contraste deseado. Al finalizar este proceso, se obtuvo un mosaico de

imágenes que revelaron el contenido del fardo: osamenta, adornos metálicos y joyas ubicadas en la parte inferior del individuo (fig. 4).

Las placas advirtieron sobre el cuidado que se debería tener en la manipulación del fardo. Así, el primer reto fue dar una solución adecuada a la retirada de la banda-mortaja que envolvía el fardo en espiral de arriba hacia abajo y viceversa, conformando varios niveles de superposición. Para esto fue necesario acondicionar una especie de tarima, y sobre dos listones de madera largos y cilíndricos de la misma longitud del fardo se colocaron transversalmente listones más pequeños, también cilíndricos, que cubrían el ancho del fardo, de tal manera que podían deslizarse de acuerdo a nuestras necesidades. Sobre esta tarima se dispuso el fardo. A medida que se iba desenvolviendo la banda-mortaja, los listones (horizontales) podían rodar hacia arriba o hacia abajo, dejando el espacio necesario para retirarla. Con ello, pudo reducirse la manipulación del fardo al mínimo y su riesgo de destrucción. En el caso de los mantos que cubrían el fardo desde abajo hacia arriba, el procedimiento fue retirar las costuras superiores y/o laterales, dejándolos extendidos hasta su ulterior retirada.

El registro de apertura dió como resultado un total de 23 capas, conformadas principalmente por textiles, entre mantos envoltorios, bandas-mortaja, ofrendas textiles y ofrendas metálicas que formaron parte de los ornamentos personales y del ajuar de la dignataria.

La retirada de las últimas capas implicó sacarlas en bloque, porque los tejidos que estuvieron en contacto directo con el cuerpo se habían compactado y



**Figura 3.** Vista de la instalación del equipo de rayos X en el laboratorio del PACEB. Fotografía: Archivo fotográfico Fundación Wiese.



**Figura 4.** Detalle de una de las placas radiográficas; se observan los mangos de estólicas. Fotografía: Archivo fotográfico Fundación Wiese.

se encontraban extremadamente frágiles, debido a la acción de los líquidos corporales que degradaron la fibra de algodón por un mecanismo físico-químico que estaba provocando su desintegración. Todo este conjunto de tejidos formaban una especie de cápsula dentro de la cual descansaba el cuerpo de la Señora de Cao. El hecho de retirar los tejidos en bloque determinó la formación impresa de la huella del cuerpo. Un polvo rojo estaba esparcido tanto en el cuerpo, como en los tejidos; se trataba del cinabrio (sulfato de mercurio), elemento que fue considerado de alto valor simbólico. Solo los personajes de la más alta jerarquía tenían acceso a este componente, como el Señor de Sipán y la Señora de Cao que fueron embadurnados con este polvo. Conjeturamos que la preservación del cuerpo y otros elementos orgánicos fue debido a la presencia de este elemento simbólico que tiene propiedades altamente tóxicas, por lo que tuvo el comportamiento de agente repelente de insectos y de inhibidor de microorganismos degradantes del cuerpo humano.

La presencia de objetos metálicos debía cumplir un papel importante en la preservación de los restos orgánicos, como las telas y la piel. Esto puede ser debido a que los iones de cobre son altamente tóxicos y evitan que los agentes biológicos se reproduzcan con facilidad.

Se observó la presencia de abundantes sales en las extremidades superiores e inferiores, deduciendo que el cuerpo fue bañado con agua de mar, agua sagrada que forma parte de la cosmovisión Moche y que habría ayudado también a la preservación del cuerpo. Posteriormente, el análisis de microscopía electrónica de los fragmentos de piel realizados mostró un alto contenido de cristales de sodio (Régulo, 2010).

## Características del cuerpo y medidas de protección

Al retirar la parte superior de la cápsula textil el cuerpo quedó expuesto por completo, observándose que se encontraba dispuesto de manera extendida con las manos colocadas hacia los costados y los pies colocados uno sobre el otro. El rostro se encontraba cubierto con un textil de fibra de algodón procesada y una fina tela, también de algodón, recubierta por un plato de cobre dorado. Al retirarse el cuenco del rostro se advirtió una densa capa de cinabrio. Sobre la frente apareció el cabello cortado a manera cerquillo.

Su cabello largo se dividía en dos partes sujetas con hilos envolventes.

Al retirar los textiles de la parte superior se observó que el cuerpo estaba sobre restos de las mismas telas, ya que al envolver el cuerpo quedaron en la parte inferior de éste. Estos restos de telas estaban pulverizadas casi en su totalidad. Debajo, como base, apareció un nivel sólido conformado por 23 estólicas (armas) de madera enchapadas con placas metálicas.

Se encontraron faltantes de piel, así como falta de contigüidad de ésta en diversas partes del cuerpo. Sin embargo, en general mostraba gran parte del tejido blando gracias a su excelente preservación. Su conservación ayudó a revelar los tatuajes impregnados con óxido de hierro sobre los antebrazos, con diseños de arañas, serpientes, el animal lunar y figuras geométricas. En las extremidades inferiores, a la altura de los tobillos se observaron líneas que formaban un doble anillo. En el pie derecho aparecieron otros diseños que es preciso estudiar. Finalmente, en la mandíbula inferior se apreciaron manchas difusas de color azul oscuro.

Se identificaron y localizaron los diferentes tipos de deterioro, realizándose un registro fotográfico y descriptivo secuenciado que permite monitorear su posible avance. Entre los diferentes tipos de deterioro observamos: pérdida de piel, manchas negruzcas, orificios provocados por insectos y manchas blanquecinas (acumulación de sales). La localización de estos agentes de deterioro se realizó teniendo como puntos de referencia el cráneo, las extremidades superiores, extremidades inferiores y el torso. El deterioro de mayor riesgo para la estabilidad del cuerpo y de la estructura ósea fue la pérdida de la piel y su fragilidad. Por ejemplo, la pérdida de piel a la altura del pecho fue provocada por el peso de los collares elaborados en metales y piedras semipreciosas que la Señora de Cao llevaba puestos. La parte posterior del cuerpo perdió casi toda la piel, causado probablemente por los fluidos corporales que se depositaron en la parte inferior por efecto de la gravedad. La identificación de los agentes de deterioro fue importante para planificar el traslado del cuerpo a un nuevo soporte, donde se pudiera monitorear sin dificultades.

La fragilidad y resecamiento de la piel provocó su desprendimiento en ciertas áreas, lo que fue remediado usando retazos de tul y Paraloid B72® al 2% para su fijación. Esto fue posible, siempre y cuando la unión por la parte interior lo permitiera y no se alterara la presentación del cuerpo. A pesar de la

fragilidad de la piel, no se ha realizado ninguna otra intervención. Evitar manipulaciones innecesarias y la inmovilidad del cuerpo es lo recomendable, así como controlar el micro-clima una vez que el cuerpo se ha depositado en el interior de la urna.

Para evitar el desprendimiento de la cabellera y la desintegración del cabello se colocó una protección elaborada con tela tul de color similar al cabello.

### Elaboración del soporte para la preservación del cuerpo

La pérdida de piel en la parte posterior del cuerpo de la Señora de Cao requirió su traslado a un nuevo soporte con extremo cuidado y precisión. El cuerpo formó una impronta sobre los restos orgánicos pulverizados amoldándose muy bien sobre estos. Esta característica sirvió de inspiración para diseñar el soporte que finalmente acogería el cuerpo.

Para la confección del soporte se propuso el empleo de los siguientes materiales: cartón plástico, espumas de polietileno, tela notex® y tela polipima®. La elección de estos materiales se hizo teniendo en consideración sus propiedades físico-químicas, que son recomendadas para los trabajos de conservación en restos de esta naturaleza.

Con cartón plástico y espuma de polietileno se formó un soporte firme y plano, que quedó unido al ser forrado con tela notex®. En otra de las planchas de espuma de polietileno (2 pulgadas de espesor) se trazó la silueta del cuerpo para que fuera posteriormente calcada, y que acogiera al cuerpo sobre el soporte plano y en bajo relieve para evitar su deslizamiento. El soporte final fabricado fue, nuevamente, forrado con tela polipima® de color gris. Una vez listo el soporte se procedió al traslado del cuerpo. La fragilidad de la piel exigía que el medio empleado para su traslado tuviera las siguientes características: flexible, resistente y de poco espesor. Se unieron varias láminas de film transparente (transparency film 3M®) hasta lograr el largo y ancho del cuerpo: se pasó por debajo del cuerpo y entre varias personas se trasladó al soporte. Finalmente, de forma provisional se colocó el cuerpo dentro de una urna elaborada con cartón plástico, que consistió en una caja de forma paralelepípeda con tapa, y una ventana que permita observar el cuerpo sin tener que retirarse. En el interior de la caja se colocaron paquetes con cristales de silicagel para disminuir la humedad relativa.

### Conservación preventiva

La conservación preventiva consiste en tomar acciones que nos permitan minimizar el proceso de deterioro, que todo objeto o bien cultural debe afrontar después de haber sido retirado de su entorno para posteriormente colocarlo en una matriz. Mantener estables los parámetros ambientales y en valores adecuados es uno de los principales retos, así como considerar los materiales empleados como soportes para el embalaje y exhibición.

### Registro y control de la temperatura y humedad relativa en el Museo Cao

Desde el descubrimiento del cuerpo de la Señora de Cao hasta la actualidad, se lleva un registro diario de la humedad y temperatura del interior de la urna provisional adaptada para su preservación. En el interior de las urnas –tanto de la provisional de la Dama Cao, como de la urna permanente de la sala de exposición– se han instalado termohigrómetros digitales con lectura para la humedad relativa y temperatura. El registro se realiza cada dos horas de forma manual, empleándose una ficha diseñada para tal fin. Posteriormente estos datos son trasladados a un programa informático que nos permite realizar gráficos comparativos y estadísticos (temperatura y HR, máxima, mínima y media).

Temporalmente se contó con tres *dataloggers*: uno se colocó en la sala 6 (sala donde se encuentra en exhibición el cuerpo); otro se dispuso en el recinto donde se encuentra ubicada la urna con el cuerpo de la Señora de Cao y el tercero se colocó en interior de la urna. Los resultados de estos tres registros fueron comparados a través de gráficos. En resumen, el microclima del interior de la urna de la Señora de Cao, resultó ser el más estable con respecto a los otros puntos donde fueron ubicados los *dataloggers*.

El uso de cristales de silicagel nos permite alcanzar un porcentaje de humedad apropiado para la preservación del cuerpo, que oscila entre el 50% y 55%. Para lograr estos porcentajes se requiere de 12 kg de los cristales. Además, se lleva un control de la entrada y salida de los paquetes de silicagel. Estos son tratados con alta temperatura para deshidratarlos de manera periódica y rotativa (Fernández, 2010).

Por otro lado, para mejorar el clima en el exterior de la urna, se han colocado dos deshumidificadores.

Posteriormente se realizó otro monitoreo con *data-logger* comprobándose la disminución de la humedad en un 3%. Con respecto a la temperatura observamos que durante los meses de invierno alcanza una media de 20° C, mientras que en los meses de verano la media es de 25° C.

La urna en la que se exhibe actualmente el cuerpo de la Señora de Cao fue diseñada de tal forma que hace posible la visibilidad del cuerpo en todo su contorno; también permite controlar el microclima del interior. Esta urna consiste en una base de forma paralelepípeda elaborada con material inerte, con cajones deslizantes que sirven para colocar los paquetes con los cristales de silicagel. La parte superior de la base presenta una plancha perforada sobre la cual descansa el soporte que acoge el cuerpo. La cubierta de la urna, de igual forma que la base, elaborada en vidrio templado, encaja herméticamente sobre la base. Las perforaciones en la plancha permiten que el silicagel dispuesto en las cajas, actúe de manera eficaz absorbiendo el exceso de humedad concentrado en el interior de la urna.

## Exposición del cuerpo en el Museo Cao

224

El Museo Cao cuenta con 6 salas de exposición; unas a continuación de otras. La última de éstas (sala 6) se

ha dedicado a la exhibición del cuerpo y del ajuar de la Señora de Cao. Está acondicionada con estructuras a modo de paredes, fabricadas con material que amortigua la humedad, y dispuestas de manera paralela hacia los muros este, oeste y sur. Hacia el muro sur se hizo una adaptación especial, de tal manera que da lugar a un pequeño cuarto de forma trapezoidal, con una ventana que, a su vez, da hacia el interior de la sala. La urna de la Señora de Cao se encuentra en el interior de este cuarto. Frente a la urna y con una inclinación de 45° tenemos un espejo que se orienta hacia la ventana, de esta manera el cuerpo es visualizado a través del espejo. Este sistema de exposición permite aislar la urna de una visualización directa del visitante, se logra además protegerla del impacto de las variaciones climáticas producidas por los visitantes y también de los contaminantes biológicos (hongos y bacterias) que el público pueda trasladar.

El acceso a este espacio es a través de un corredor (lado este), que se adaptó entre la pared del museo y la construcción de la vitrina 1. Sólo el personal del museo tiene acceso al pequeño recinto.

El cuerpo de la Señora de Cao no se exhibe totalmente desnudo, tanto el torso y la región pélvica se encuentran protegidos con una tela transparente (*stabiltex*®) dispuesta en dos capas (fig. 5).

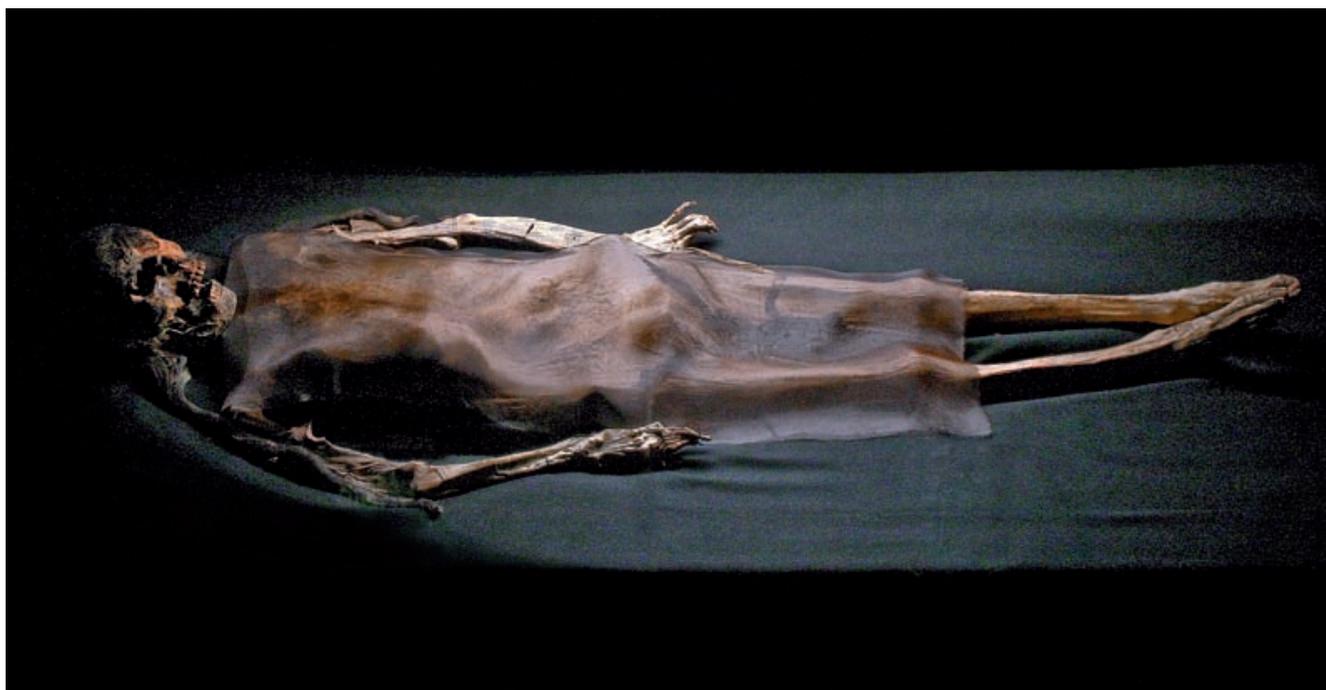


Figura 5. Vista del cuerpo de la Señora de Cao desde su urna de exhibición. Fotografía: Archivo fotográfico Fundación Wiese.

## Exámenes realizados

Los exámenes realizados fueron de naturaleza no invasiva. Entre ellos se practicaron la toma de rayos X. La primera sesión de rayos X se realizó cuando aún el fardo contaba con el grueso de telas y ofrendas metálicas, así como de otra naturaleza que lo conformaban. La segunda sesión se realizó cuando el cuerpo ya se encontraba totalmente liberado.

Otro de los exámenes realizados fue la endoscopia. Para facilitar el examen se contó con un equipo portátil para evitar el traslado del cuerpo. Se aprovechó la pérdida de piel a la altura del pecho para introducir el tubo, explorar la cavidad torácica y la región pélvica. A la altura del tórax se visualizaron restos pulverizados e insectos (escarabajos). El hueso pélvico izquierdo mostraba pronunciados cambios osteolíticos (ranuras) remodelados, los cuales han sido interpretadas por los antropólogos físicos como evidencias de parto.

## Toma de muestras

A lo largo del trabajo de apertura se fueron recuperando una serie de muestras consistentes en piel, cabello, textiles e insectos, entre otros, que fueron documentados de acuerdo al lugar de procedencia y debidamente almacenados. Actualmente, estas muestras son utilizadas para los diversos análisis que se vienen realizando.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de todos los profesionales que intervinieron en la apertura del fardo funerario y en su estudio: César Gálvez, Marco Aveggio, Juan Vilela, Carmen Gamarra, Alicia Romero, Segundo Lozada, Víctor Pascual, Marina Wiese de Aveggio, John Verano y Melisa Lund, Humberto Delgado, Héctor Calvo, Sonia Guillen y Jordi Esteban –que viene realizando estudios de microscopía electrónica y citología con diversas muestras tomadas del cuerpo–.

## Bibliografía

FERNÁNDEZ, Arabel (2010): «Una aproximación a los tejidos Moche procedentes de dos tumbas de élite de Huaca Cao Viejo (valle de Chicama)», en *Conservación de tejidos procedentes de contextos funerarios*. Museo de América. Madrid: Ministerio de Cultura.

FRANCO, Régulo (2008): «La Señora de Cao», en *Señores de los Reinos de la Luna*. Edición de Krzysztof Makowski. Lima: Banco de Crédito del Perú, pp. 280-287.

— (2010): «La Dame de Cao», en *Pour la Science*. París, n.º 390.



# Capítulo 5

## La difusión



# 5.1. Tecnologías visuales y estrategias comunicativas para difundir el patrimonio. El caso de las momias aumentadas

**María Dolores Meneses Fernández**

Universidad de La Laguna  
dmeneses@ull.edu.es

**Jorge Martín Gutiérrez**

Universidad de La Laguna  
jmargu@ull.edu.es

## Introducción

Los avances en las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) están encontrando en el patrimonio histórico-cultural un campo de aplicación y expansión notorio. La bibliografía internacional ilustra cómo expertos en tecnologías de visualización disponen en los museos de un ámbito óptimo para implementar las innovaciones del sector. En este capítulo, los autores revisan los recursos audiovisuales y las tecnologías de visualización que más proyección museística están teniendo, donde se han instalado de forma irreversible. El objetivo es exponer los requerimientos humanos, técnicos y de conocimiento necesarios para explotar sus posibilidades.

El capítulo se centra sobre todo en un estudio de caso: el de las momias, por ser el objeto arqueológico al que se dedican los trabajos de este libro. Los lectores podrán proyectar las propuestas realizadas aquí a otros restos patrimoniales, tras considerar las adaptaciones que merezca cada tipo de pieza y contexto patrimonial, sean obras pictóricas, escultóricas, arquitectónicas o las diversas modalidades de museos.

Tal y como expondremos a continuación, las tecnologías de visualización se refieren a aquellos

dispositivos y *softwares* informáticos que, en combinación con una conexión a Internet, permiten a los usuarios (creadores y consumidores de contenidos digitales) ofrecer y consumir imágenes basadas en lo real y en lo virtual, pudiéndose combinar ambas fuentes para dar lugar a contenidos y escenarios aumentados, también denominados mixtos. Según lo dicho, estas tecnologías permiten combinar imágenes reales, imágenes modeladas en 2 y 3 dimensiones (2D y 3D) estáticas o en movimiento, y texto, complementarios entre sí. Con esta versatilidad, el potencial de recreación, reconstrucción y didáctico queda patente en museología, conservación y restauración del patrimonio.

229

## Estado de la cuestión

Cada vez más autores investigan las posibilidades de las TIC y la convergencia multimedia para el sector profesional del patrimonio histórico-cultural. Tal es así que los museos, la conservación y restauración se muestran como campos de implementación de diversas tecnologías de visualización capaces de recrear escenarios del pasado y de conservación/restauración

mediante la digitalización y virtualización. De hecho, la bibliografía especializada habla de revolución en los museos, de la llegada de los museos a Internet y de innovación en las tecnologías expositivas.

La función divulgativa de los museos se dirige a unos usuarios cada vez más familiarizados con las TIC. La tarea investigadora de los conservadores también se refuerza gracias a la incorporación de estas tecnologías. Además, las nuevas generaciones de nativos digitales, visitantes potenciales de los museos, explican en parte que las TIC hayan conquistado las salas de exposición. Mejoran así la interacción entre técnicos y visitantes, a pesar de su deslocalización geográfica, facilitándoles el acceso y disfrute del patrimonio desde cualquier punto del mundo con Internet. De esta forma, la formación en conservación/restauración y la difusión del patrimonio se benefician de herramientas visuales que facilitan llegar a públicos amplios y heterogéneos.

Experiencias desarrolladas al respecto por equipos de investigación de la Graz University of Technology (Polonia), la Vienna University of Technology (Austria) y la University of Canterbury HIT Lab (Nueva Zelanda) (Schmalstieg y Wagner, 2005: 1; 2008: 3-15; Wagner; Schmalstieg; y Billinghurst, 2006: 85-96; Wagner *et al.*, 2005: 77-95); la Poznan University of Economics (Polonia), la University of Sussex y la University of Bath (Gran Bretaña) (Walczak, Cellary y White, 2006: 93-95; Wojciechowski *et al.*, 2004: 135-187; Patel *et al.*, 2003: 1-8), todas consistentes en aplicaciones de la denominada realidad aumentada o mixta (RA, del inglés *Augmented Reality* o AR, en el apartado 4 expondremos su consistencia) en ámbitos museísticos, ejemplifican la versatilidad ofrecida por esta tecnología visual en las mejoras expositivas y formativas referidas a la difusión del patrimonio en museos.

En España, si bien ya comienza a extenderse el uso de tecnologías, como la realidad aumentada y el código QR (del inglés *quick response barcode* o código de barras de respuesta rápida), en la publicidad y el periodismo, no contamos con casos relevantes en contextos museísticos. Los autores de este capítulo tienen en vías de publicación un artículo titulado «Momias mediáticas. Aportes para comunicar la conservación del patrimonio», en el que desarrollan el ensayo de aplicación de RA a este tipo de restos arqueológicos del Museo de la Naturaleza y el Hombre de Santa Cruz de Tenerife (Islas Canarias), aludido aquí, con el objetivo de aumentar contenido

gráfico impreso en papel con contenidos audiovisuales. Otras muestras de digitalización, más allá de la interactividad con pantalla táctil y de la proyección 2D y 3D, son la reconstrucción virtual de restos arqueológicos, por ejemplo hábitats (casa romana de Hippolytus en el Complutum de Alcalá de Henares y el museo del puerto de Zaragoza, citadas por Castilla San Martín, 2012: 3-4), y la incorporación de contenidos digitales asociados a objetos expuestos en vitrinas o urnas táctiles interactivas (Casa Museo de Mijas Pueblo, *ibídem*). Y la experiencia del Museo Nacional de Ciencias Naturales (citada por Quijano, 2012: 3).

Por el contrario, la bibliografía en español sí incluye artículos compilatorios y descriptivos de innovaciones y experiencias derivadas de la aplicación de las TIC y la digitalización al estudio, conservación, recreación y exposición museística del patrimonio (Quijano Pascual, 2012: 1-10; Castilla San Martín, 2012: 1-6).

## Cómo difundir la conservación de patrimonio

En numerosas situaciones, los técnicos en conservación se plantean vías para dar a conocer no sólo los objetos exhibidos en las salas o depositados en los almacenes de los museos, sino los procesos, técnicas y materiales aplicados en las tareas de conservación y restauración. Es sabido que la difusión de las colecciones tiene en la digitalización un gran aliado (Quijano, 2012: 2-6); si además a la digitalización se suma Internet, es factible proyectarlas hacia cualquier parte del mundo, siempre que se disponga de una conexión de banda ancha. En este caso estamos ante la asociación de las técnicas de visualización, las tecnologías emergentes e Internet. En esta combinación, los conservadores del patrimonio encuentran una herramienta valiosa para mostrar y compartir sus actuaciones y resultados de conservación y restauración sobre los objetos arqueológicos tratados.

Durante la planificación de acciones divulgativas, los conservadores deben diferenciar entre los tipos de soportes, los géneros, los formatos, los enfoques y las ediciones o montajes. Junto con los aspectos técnicos anteriores, los conservadores deben conocer los recursos humanos y materiales necesarios para la puesta en valor de sus actuaciones y resultados profesionales. En la toma de decisiones también influyen los públicos destinatarios de los contenidos, ya

que entre ellos hay, además de un público genérico, técnicos de otros museos interesados en incorporar tecnologías implementadas por otros colegas en su formación continuada e investigación, además de a la divulgación.

Si optamos por elaborar contenidos audiovisuales aumentados, sean en vídeo, en 2D o en 3D, deberemos considerar los puntos siguientes:

### *Soportes*

Hablar hoy de soportes para registrar contenidos digitales se antoja secundario, en unos tiempos en los que, si se dispone de conexión a Internet, la nube informática (*cloud computing*) actúa como un repositorio de *softwares* e información con capacidad enorme, y acceso fácil y controlado por el usuario. No obstante, conviene consultar las condiciones legales sobre la propiedad intelectual y uso establecidas por cada empresa (Google Drive, Dropbox, Skydrive, Box), tras depositar nuestros contenidos en sus servidores, si se carece de uno propio. Téngase en cuenta que los vídeos y las imágenes 2D y 3D que elaboremos deberán ser alojadas en un servidor de Internet, al que accederán los usuarios interesados en visionarlos con sus dispositivos.

### *Géneros*

En el contexto museístico, los géneros más adecuados son, de mayor a menor metraje, el reportaje –de hasta una hora de duración– y el documental –de en torno una hora de duración–, el vídeo tutorial y la píldora formativa –entre unos diez y seis minutos aproximadamente–. Su utilización como objetos audiovisuales de aprendizaje viene aportando resultados positivos en escenarios diversos. Remitimos a los lectores a los vídeos sobre el traslado interno de momias disponibles en la plataforma ULLmedia de la Universidad de La Laguna (Tenerife), <http://ullmedia.udv.ull.es/>, en el enlace:

[http://ullmedia.udv.ull.es/videos.php?cat=217&sort=most\\_viewed&time=all\\_time&seo\\_cat\\_name](http://ullmedia.udv.ull.es/videos.php?cat=217&sort=most_viewed&time=all_time&seo_cat_name)

### *Formatos digitales y de contenidos*

La decisión sobre el formato audiovisual digital requiere del asesoramiento de un experto en imagen y

sonido. Si el museo dispone de servidores, *software* de edición y plataformas de difusión propia (del tipo ULLmedia) o externas (YouTube, Vimeo), se deberá tener en cuenta este aspecto para garantizar una calidad de imagen y sonido adecuada a la infraestructura informática disponible, a la capacidad de ésta, y a los objetivos de los contenidos audiovisuales publicados. Todo ello teniendo en cuenta que Internet requiere de formatos comprimidos. Los más habituales son .avi, .mpeg, .flv y .mod; y las resoluciones, fullHD 1920 × 1080 píxeles y HD 1280 × 720 y 25 fotogramas/segundo.

Pero con formatos también nos referimos a contenidos dosificados en forma de *webepisodios*, un formato de pequeña duración y carácter serial, útil, por ejemplo, en el departamento de didáctica de los museos por permitir secuenciar los contenidos según su grado de complejidad o porque se trata de una técnica de conservación prolongada que requiere exponerla en fases diferenciadas.

### *Enfoques*

Los enfoques –alusivos a aquella faceta o perspectiva con la que se quiere abordar un hecho o a la manera de abordarlo– vienen condicionados por los objetivos que se quiere cubrir con el material audiovisual creado. Variarán en función de si sólo pretendemos aportar datos e información sucinta sobre un objeto arqueológico a través, por ejemplo, de un monitor o de una vitrina de sala, o si aspiramos a editar un documental o una demo sobre una intervención de conservación o restauración, como lo reflejado en las figuras 1 y 2.

Los enfoques aplicados deben ser adecuados a lo que queremos grabar de la actividad de conservación para darlo a conocer, y a los propósitos divulgativos del museo. Al decidir el enfoque y las tecnologías de visualización que se van a utilizar, también conviene tener en cuenta a los periodistas y medios de comunicación, cuya atención podemos captar con experiencias como las que estamos tratando en estas páginas. Téngase en cuenta que la percepción ciudadana del patrimonio y de la inversión en conservarlo para su disfrute son indicadores del desarrollo de las sociedades. Los museos incorporan cada vez más tácticas para optimizar la cooperación con los medios en favor de una mejor difusión del patrimonio, no sólo buscando impacto

social y mejorar la propia imagen, sino también para contribuir a que la sociedad entienda esa necesidad de invertir en la conservación del patrimonio histórico que posee.

### Edición o montaje

Es una tarea relativamente fácil, si no se aspira a grandes cotas artísticas y sí a elaborar contenidos técnicos y didácticos. Se realiza con *softwares* de edición de complejidad variada, según el producto deseado.

### Guion

La fase de edición o montaje exige tener en cuenta las cuestiones de compatibilidad de formatos, la resolución de los archivos de vídeo y sobre todo la coherencia y didacticidad de los contenidos audiovisuales, que deben estar basadas en un guión literario pormenorizado y en otro técnico pautado, aunque vayamos a grabar unos pocos minutos de imágenes. Por ello resulta básico definir el objetivo general y los específicos de cada vídeo destinado a ser difundido.

### Modelado de imágenes 2D y 3D

Estamos ante la fase que quizá plantea las mayores dificultades a la hora de crear contenidos audiovisuales sobre conservación y restauración patrimonial. Para explotar las posibilidades de una tecnología de visualización del tipo RA (realidad virtual aumentada) y realidad virtual, deberemos contar con un diseñador gráfico que modele y anime las imágenes que queremos mostrar, por ejemplo, un proceso o técnica de conservación/restauración, la recreación del contexto prehistórico del individuo momificado, el traslado interno o externo de restos arqueológicos o el sistema de catalogación, embalaje y almacenamiento, entre otros. El modelado de imágenes se basa en *softwares* informáticos de modelado y animación.

### Recursos humanos

De lo expuesto arriba se deduce la necesidad de contar con profesionales de la comunicación audiovisual, de la imagen y sonido, del diseño gráfico y la informática; la supervisión de un pedagogo experto en TIC puede garantizar el componente didáctico de los contenidos.

232



**Figuras 1 y 2.** Fotogramas de un documental y una introducción dedicado al traslado de momias entre dependencias de un museo, disponible en la plataforma audiovisual de la Universidad de La Laguna. [http://ullmedia.udv.ull.es/watch\\_video.php?v=YU4WAR627RNY](http://ullmedia.udv.ull.es/watch_video.php?v=YU4WAR627RNY) y en [http://ullmedia.udv.ull.es/watch\\_video.php?v=B68OX118BMAX](http://ullmedia.udv.ull.es/watch_video.php?v=B68OX118BMAX). Fotografía: ULLmedia.

### Recursos técnicos

Se resumen en un equipo compuesto por videocámaras digitales, micrófonos, iluminación, equipos informáticos, *softwares* de edición, modelado y animación y una plataforma en Internet como repositorio y administrador de los contenidos digitales audiovisuales.

### Públicos

Hemos mencionado antes dos tipos fundamentales de destinatarios de los contenidos que podemos ofrecer mediante tecnologías de visualización: el público experto, compuesto por técnicos en conservación y restauración, y los visitantes de los museos. En función de que diseñemos acciones dirigidas a uno u otro, las tecnologías permitirán elaborar contenidos

versátiles y eficaces, sean de un nivel especializado, didáctico o divulgativo; además, el componente de espectacularidad que aporta la RA encaja con las tareas de los responsables del patrimonio histórico y las instituciones museísticas.

Los recursos humanos y técnicos mencionados se pueden tener en el museo o establecer colaboraciones con otros centros que elaboran contenidos audiovisuales, como el servicio ULLmedia de la Universidad de La Laguna, que colabora con el Museo de la Naturaleza y el Hombre del Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife, u otras instituciones. La colaboración en la creación de contenidos digitales culturales es una alternativa idónea para rentabilizar recursos e infraestructuras, cubrir objetivos y aunar sinergias.

### Tecnologías de visualización y difusión de objetos arqueológicos

Los museos, en su apuesta por reinventarse e innovar, han comenzado a incorporar en sus tácticas comunicativas tecnologías que hacen más didáctica, agradable y entretenida la estancia de los usuarios. Además, permite abrir sus puertas a los visitantes deslocalizados, es decir, los que no visitan el edificio físico sino el virtual a través de Internet.

Con frecuencia, los resultados de acciones de conservación, restauración, traslado y exhibición de restos momificados van destinados a expertos en patrimonio, una muestra es este manual. Para ir más allá del soporte papel, o en combinación con él, los nuevos escenarios en los que el técnico en patrimonio y en conservación se desenvuelve para satisfacer objetivos laborales, formativos y divulgativos exigen respuestas sustentadas en las TIC. Ante estos requerimientos de innovación museística, las tecnologías de visualización ofrecen posibilidades que van más allá de la digitalización de los objetos arqueológicos, sea en fotografía o en vídeo.

Estas tecnologías aluden a la convergencia de dispositivos y *software* de imagen y audio e Internet, que permiten capturar en vídeo porciones de la realidad para visualizarlas solas –como los vídeos de las figuras 1 y 2– o en combinación con imágenes modeladas en 2D y 3D (véase, por ejemplo, <http://youtube/D0ojxzS1fCw>). La RA ofrece varias modalidades, una de ellas es la mostrada en la figura 4 y otra, la que permite al usuario verse inmerso en



**Figura 3.** Un realizador audiovisual graba ejemplares de la colección de momias prehispánicas del Museo de la Naturaleza y el Hombre de Tenerife. Fotografía: ULLmedia.

un escenario digital recreado en una pantalla, según muestran experiencias de museos de todo el mundo (<http://youtu.be/lQfCndsnXUc>).

Muchos procesos técnicos de conservación y restauración generan resultados espectaculares que constituyen un material valioso para expertos y sorprendente para el gran público. Aun ciñéndonos al ámbito que nos ocupa en este libro, se entiende que los museos sean un entorno óptimo para la RA, en plena expansión en ámbitos profesionales diversos, gracias a su versatilidad comunicativa y de entretenimiento.

Si en conservación buscamos aliados para lograr un mayor proyección e impacto de los resultados obtenidos, la RA facilita la creación de escenarios inmersivos, participativos e interactivos, idóneos para el tratamiento mediático de restos arqueológico. La interactividad y la inmersión son características distintivas de esta tecnología que la revalorizan y destacan entre otras. Por tanto, es idónea para la divulgación museística y el periodismo arqueológico (aquel que informa sobre el patrimonio histórico-artístico). Como se ha aludido más arriba, dado que es necesario partir de un escenario real, físico, esta tecnología beneficia a los visitantes de los museos «reales», frente a los virtuales en Internet que, por otro lado, sí recurren a la realidad virtual. La RA también enriquece la lectura de periódicos y trabajos científicos impresos sobre

patrimonio, ya que las imágenes aumentadas vinculadas al papel suponen un valor añadido fuera de dudas para el lector.

Conservadores, restauradores y periodistas pueden incorporarlas a sus trabajos en las salas de exposiciones y medios impresos, a semejanza de lo que mostramos con la fotografía de una momia (figura 4), ofreciendo otra forma de acercarse a los objetos arqueológicos a partir de sus reproducciones impresas.

### Momias aumentadas

Hemos venido citando una tecnología de visualización: la realidad aumentada. R. Azuma (1997: 355-385; 2001) y P. Milgran y Kishino (1994: 1321-1329) la definen como una tecnología que reúne tres características simultáneas: la mezcla o superposición del entorno real con elementos o entornos virtuales, la interactividad e inmersión del usuario en tiempo real, y el registro tridimensional (3D) para crear escenarios mixtos, es decir, realidad física más realidad virtual.

Los contenidos virtuales o aumentados se introducen en un escenario real –por ejemplo una sala, una vitrina, un panel, un folleto, la fachada del edificio o cualquier otro soporte físico del museo– mediante el uso de etiquetas o marcadores, fotografías, figuras geométricas y coordenadas de geolocalización. Éstas

234



**Figura 4.** Marca de RA (realidad aumentada) integrada por la imagen de una momia prehistórica y el logotipo del Museo de la Naturaleza y el Hombre de Tenerife (Islas Canarias). Fotografía: ULLmedia.

se comportan como enlaces que serán reconocidas por la cámara web de un *smartphone* o una tableta conectada a Internet que, tras leerlas mediante un *software* de RA instalado en el dispositivo o disponible en la web del museo, desplegará en la pantalla ante el usuario contenidos superpuestos a los reales. Las tabletas y *smartphones* destacan entre todos los dispositivos por su usabilidad en una visita museística, a falta de que se popularicen las gafas de RA. Cuando el visitante enfoca la etiqueta-marcador o la fotografía ubicada en un lugar de la sala de exposición, o la fachada del edificio del museo (con sus coordenadas GPS), el dispositivo reconoce las coordenadas espaciales o las figuras, pasando a ver en el *display* contenidos que trascienden lo que está observando en el escenario real de la sala, la vitrina, el panel, el cartel o el papel impreso. De ahí la denominación de realidad y contenidos aumentados o mixtos.

Los técnicos deben ubicar las fotos o marcadores en lugares estratégicos y visibles, en donde se quiere que los visitantes accedan a ellos con facilidad y en coherencia con el discurso de la exposición. Si se trata de una publicación, como este libro, vincularíamos a una figura incluida en el texto los contenidos aumentados (sea un vídeo o una recreación modelada en 2D o 3D). El museo y el autor de la publicación deben indicar al destinatario que enfoque con su cámara web el marcador-etiqueta. De esta forma se añade interacción, didacticidad y sorpresa a través de un escenario mixto.

A continuación pautamos las instrucciones para visualizar en una tableta, *smartphone* u ordenador el contenido aumentado asociado a la figura 4: 1) conectarse a Internet con la tableta o *smartphone*; 2) descargar e instalar la aplicación gratuita Aurasma Lite, desde iTunes para dispositivos con sistema operativo iOS y desde Play Store/Market para dispositivos con sistema operativo Android; 3) abrir la aplicación Aurasma Lite; tras activarse la cámara web pulsar el icono antena de la parte superior izquierda de la pantalla y buscar en el icono lupa Search el canal denominado MomiasTF; 4) suscribirse; 5) volver con la flecha retroceso del dispositivo a la pantalla con la cámara activada; 6) enfocar con la webcam del dispositivo la figura 4 para aumentar el contenido del capítulo visionando un vídeo. El canal de YouTube denominado DehaesULL ofrece un vídeo tutorial del proceso.

Como se observa, no nos limitamos a proyectar en pantallas contenidos audiovisuales, ya habituales

en las salas de los museos, sino a ofrecer contenidos mixtos; en este caso el libro que el lector está leyendo aumentado con vídeos sobre momias. Si sustituimos el libro por una visita a un museo con restos momificados, al enfocar con la cámara de un *smartphone* o tableta un punto de la vitrina, surgirían en la pantalla, sobre el material expuesto en sala, 1) información arqueológica del objeto; 2) la reconstrucción del individuo; 3) el proceso de momificación o 4) las técnicas de restauración y conservación aplicadas, entre otras posibilidades.

Las imágenes aumentadas pueden estar animadas, visualizándose, por ejemplo, cómo se incorpora el cuerpo para observar sus rasgos anatómicos, vestimenta y adornos; en un monitor instalado en la sala, el visitante se vería junto al individuo reconstruido virtualmente a partir de la momia. La interactividad le permitiría girarlo y rotarlo tridimensionalmente. De esta forma, la utilización de la RA en conservación y restauración explota la espectacularidad como estrategia divulgativa, atrayendo la atención de técnicos y gran público con experiencias visuales novedosas.

## Síntesis

En la conservación y restauración del patrimonio, al abordar actuaciones formativas y de difusión de objetos como las momias, los enfoques se enriquecen de forma sustancial cuando recurrimos a tecnologías de visualización audiovisual. Por un lado, los conservadores de museos demandan más y mejor atención mediática, y, por otro lado, al público hay que descubrirle el resultado de su trabajo de manera comprensible, entretenida y sorprendente. La necesidad de sensibilización social hacia la conservación del patrimonio cuenta con herramientas y procedimientos como los descritos en estas páginas. Por ello, las nuevas generaciones de profesionales del patrimonio deben conocer estas innovaciones, por serles de indiscutible utilidad para llegar a la sociedad.

Así, las tecnologías de visualización, del tipo realidad aumentada, posibilitan explicar las acciones de conservación y restauración arqueológica, ganándose la implicación de expertos y visitantes, gracias a la interactividad y a la inmersión en escenarios insólitos.

## Bibliografía

AZUMA, R. (1997): «A survey of Augmented Reality», en *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, n.º 4, pp. 355-385.

CASTILLA SAN MARTÍN, Pablo (2012): «Entornos museísticos. Nuevas tecnologías expositivas», [en línea] *Revista TELOS Cuadernos de Comunicación e Innovación*, n.º enero-marzo. Fundación Telefónica, pp. 1-10. Disponible en: [www.telos.es](http://www.telos.es) [Consulta: 15 de enero de 2012].

MILGRAM, P.; y KISHINO, F. (1994): «Taxonomy of mixed reality visual displays». *IEICE Transactions on Information Systems, E77-D*, n.º 12, pp. 1321-1329.

PATEL, M.; WHITE, M.; WALCZAK, K.; y SAYD, P. (2003). «Digitisation to Presentation-Building Virtual Museum Exhibitions», en *Vision, Video and Graphics*. (Eds.) P. Hall, P. Willis, pp. 1-8.

QUIJANO PASCUAL, Mario (2012): «Introducción. La revolución de los museos y las instituciones culturales» [en línea], *Revista TELOS Cuadernos de Comunicación e Innovación*, n.º enero-marzo. Fundación Telefónica, pp. 1-6. Disponible en [www.telos.es](http://www.telos.es) [Consulta: 15 de enero de 2012].

SCHMALSTIEG, D.; y WAGNER, D. (2005): «A Handheld Augmented Reality Museum Guide», en *Proceedings of IADIS International Conference on Mobile Learning (ML2005)*, p.1.

SCHMALSTIEG, D.; y WAGNER, D. (2008): «Experiences with Handheld Augmented Reality», en *The Sixth IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2007)*, IEEE and ACM, pp. 3-15.

WAGNER, Daniel (2007): *Handheld Augmented Reality. Dissertation Graz University of Technology*. Institute for Computer Graphics and Vision Graz (Austria), 210 p.

WAGNER, D.; PINTARIC, T.; LEDERMANN, F.; y SCHMALSTIEG, D. (2005): «Towards Massively Multi-User Augmented Reality on Handheld Devices», en *Proceedings of Third International Conference on Pervasive Computing*. Pervasive, n.º mayo, pp. 77-95.

WAGNER, D.; SCHMALSTIEG, D.; y BILLINGHURST, M. (2006): «Handheld AR for Collaborative Edutainment», en *Proceeding ICAT'06 Proceedings of the 16th international conference on Advances in Artificial Reality and Tele-Existence*. (Eds.) Z. Pan, A. Cheok, M. Haller, R. W. H. Lau, H. Saito y R. Liang. Springer-Verlag. Berlín: Heidelberg, pp. 85-96.

WALCZAK, K.; CELLARY, W.; y WHITE, M. (2006): «Virtual Museum Exhibitions», en *IEEE Computer*, marzo, vol. 30 n.º 3, pp. 93-95.

WOJCIECHOWSKI, R.; WALCZAK, K.; WHITE, M.; y CELLARY, W. (2004): «Building Virtual and Augmented Reality museum exhibitions», en *Web3D '04 Proceedings of the Ninth International Conference on 3D Web technology*. Nueva York: Association for Computing Machinery, Inc, ACM, pp. 135-187.

Este libro se terminó de imprimir  
en los talleres de Punto Verde, S.A.,  
en noviembre de 2012







ISBN: 978-84-8181-524-5



9 788481 815245

