

# Nuevas tecnologías aplicadas al estudio y conservación de bienes culturales. Estado de la cuestión en los museos españoles.

Salvador Rovira Llorens (\*)

\* Museo Arqueológico Nacional.  
C/ Serrano, 13  
28001 MADRID  
e-mail: srl@man.es

## Resumen

Utilizando como modelos los laboratorios de investigación de dos museos importantes como el British Museum y el Musée du Louvre se hace una revisión de los métodos físico-químicos utilizados actualmente para el análisis de materiales de los objetos de los museos de cara a su estudio y conservación, evaluando las disponibilidades de los museos españoles y las perspectivas de futuro.

## Palabras clave

Conservación, restauración, métodos de análisis, bienes culturales, ciencia de materiales.

## Abstract

A review of the analytical methods used nowadays for analysing museum objects in order to their study and conservation is made using as models the research laboratories of two important museums such as The British Museum and the Musée du Louvre. An evaluation of the Spanish museums facilities on this subject and the perspectives for future is drawn into consideration.

## Keywords

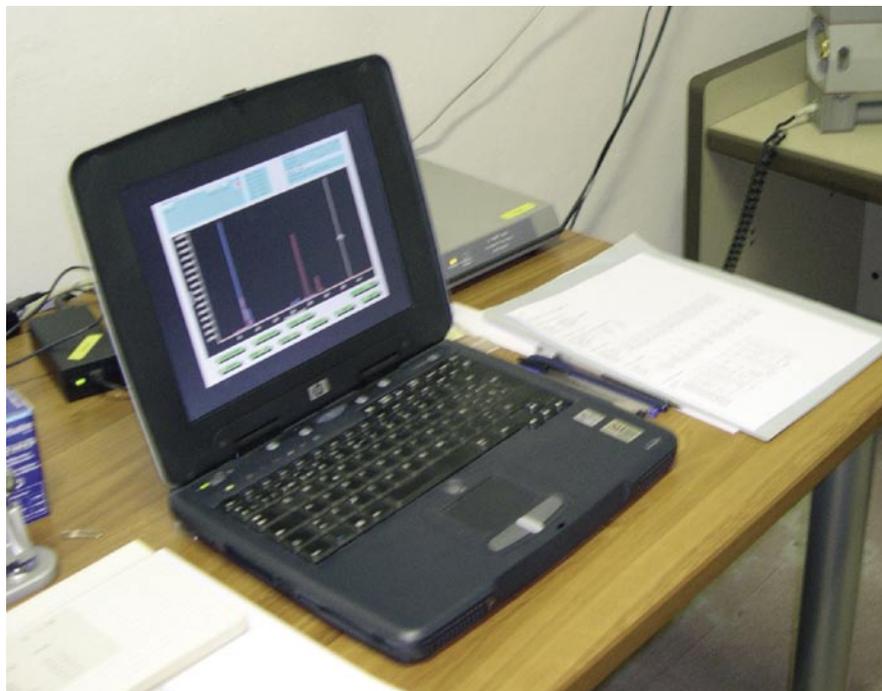
Conservation, restoration, analytical methods, cultural heritage, material science.

## Introducción

La sensibilización de la sociedad hacia la conservación de los bienes culturales ha ganado cotas cada vez más elevadas en los últimos años, de la mano, sin duda, de la apertura que los museos van experimentando tras su inclusión en la categoría de productos culturales que deben satisfacer las nuevas demandas de ocio cultural. Existe todavía una aparatosa distancia entre las necesidades reales de inversión en conservación y la inversión real que los organismos oficiales destinan para fines de conservación de los bienes patrimoniales bajo su custodia, a pesar de que los programas políticos, particularmente los autonómicos, en la justificación de sus raíces, cuando utilizan velada o abiertamente su pasado histórico como bandera, no pueden evitar la referencia a la necesidad de la conservación de los restos materiales de las culturas pretéritas, ya que son los puentes ineludibles que conectan con su personalidad histórica.

Hay, pues, un acuerdo unánime acerca de la necesidad de conservar, aunque la realidad política y social española impone prioridades de intervención entre las que la conservación no es precisamente de las primeras de la lista. Pero hay intenciones y gestos positivos, lo cual siempre es esperanzador.

**Figura 1.** Aspecto general del laboratorio de análisis no destructivo del Museo Arqueológico Nacional. Espectrómetro Metorex XMET920.



Conservar, por qué y para qué. Se podría decir a bote pronto que porque lo mandan las leyes específicas. Pero, descendiendo al universo cotidiano de los museos, conservamos porque los objetos que constituyen las colecciones son los instrumentos básicos y fundamentales de la exposición permanente, aquellas reliquias históricas que el visitante quiere ver para encontrarse con un pasado que no necesariamente ha de ser el suyo pero que sabe (o debe saber) que constituye una celda en la compleja red de la Historia Universal. Conservamos también porque la cultura material es la piedra angular sobre la que descansan las posibilidades de investigación del pasado histórico y prehistórico, sobre todo de este último. Si no conservamos adecuadamente se irán perdiendo ciertos vestigios del pasado que no siempre será posible reponer mediante nuevos trabajos de arqueología de campo. Las posibilidades del registro arqueológico no son ilimitadas en ningún sentido. Tampoco es posible sustituir las grandes obras maestras de los genios de las artes.

La conservación es, por otro lado, un reto moderno (al menos en Occidente) porque la entendemos ahora como un esfuerzo universal que valora de igual modo (al menos en teoría) los vestigios del pasado, con independencia de factores geográficos, raciales, religiosos y políticos. Pero no siempre ha sido así y hay pruebas bien recientes de comportamientos cerriles con los restos del pasado histórico que sólo se entienden desde la estrecha óptica de los fundamentalistas atávicos. Desde la conciencia moderna y abierta se es consciente del valor intrínseco de todos los bienes culturales. En puridad, sin embargo, los desvelos conservadores son probablemente tan antiguos como la propia humanidad. Lo que probablemente ha cambiado es el criterio de selectividad de lo que hay que conservar, haciéndose más abierto.

La preservación de las colecciones de los museos descansa en dos pilares fundamentales: la conservación preventiva y la restauración. No voy a entrar aquí en aspectos discursivos sobre estos dos conceptos, para lo que existen excelentes manuales. Sí que me interesa destacar, porque así voy arrimando el ascua a mi sardina, que ambos pilares se fundamentan en una ciencia común de la que, quizás por estar oculta en los cimientos, no siempre se percibe su importancia: es la ciencia de los materiales. A nadie se le puede escapar que cualquier buen programa de conservación preventiva o cualquier intervención restauradora ha de pasar necesariamente por un estudio exhaustivo de los materiales constitutivos de los objetos que hay que conservar porque, no lo olvidemos, la más excelsa obra maestra es, al fin y al cabo (y no es un demérito), un soporte material, agregados de átomos regidos por la Química y la Física, que el genio creador modela a su antojo. Un buen programa requiere conocer con el mayor detalle la materia, su grado de alteración actual, las posibles interacciones con el medio ambiente y, en el caso de un tratamiento en el que a la materia existente se le agregan otros materiales, la interacción entre ellos y con el medio.

Es verdad que existen las recetas de intervenciones "a la carta". Para tal problema en tal material, tal tipo de intervención... Para mejorar tal situación medioambiental recurramos a los números mágicos de humedad relativa, temperatura y polución atmosférica que nos enseñan los manuales... No estoy en contra

de esos procederes, y más teniendo en cuenta la precaria dotación instrumental de los laboratorios de restauración de la mayoría de los museos (no sólo los españoles) y las carencias infraestructurales de las salas de exposición y de reserva en cuanto a climatización automatizada y autorregulable. En todo caso, las recetas y los números mágicos no han surgido por generación espontánea ni son fruto de la práctica cotidiana. Cuando uno estudia sus orígenes se percata de que, detrás y al principio, hay todo un estudio minucioso de los materiales y de sus respuestas.

### Estructura de los museos

Los grandes museos con una fuerte concienciación por el estudio de los materiales no abundan. En Europa son paradigmáticos el British Museum y el Musée du Louvre, pero con ellos se agota prácticamente la cuenta. Estos dos museos, aunque con particularidades estructurales, se organizan en torno a dos grandes bloques (1):

- *Departamento Científico*. Tiene las siguientes secciones:
  - *Documentación*. Se ocupa de todos los aspectos relacionados con la documentación que genera la catalogación, información gráfica y estudio de los materiales constitutivos y su estado de conservación.
  - *Conservación-Restauración*. Elabora, pone en práctica y vigila los programas de conservación preventiva de las salas y almacenes, y programa y realiza las intervenciones restauradoras necesarias.
  - *Líneas de investigación*. Elabora la línea investigadora del museo y ejecuta proyectos de investigación, bien propios (a veces en conexión con otras entidades externas), bien conjuntamente con el Departamento de Colecciones.
  - *Laboratorios*. Se encargan del estudio de materiales para los diversos programas de investigación, catalogación y conservación-restauración. Cuentan con equipamiento moderno en técnicas de análisis físico-químico.
  - *Colecciones*. Se ocupan de la catalogación y estudio por colecciones.

En cambio los grandes museos españoles (2) se estructuran de diferente modo:

- *Departamentos Científicos*. Se ocupan, básicamente, de las siguientes funciones:
  - *Catalogación de las colecciones*.
  - *Líneas de investigación* propias de cada Departamento. En general no existe una línea investigadora del museo sino las de cada Departamento. Cuando se trata de proyectos financiados con fondos externos, los museos que no son organismos autónomos y no disponen de cuenta bancaria propia para gestionar sus presupuestos han de buscar la colaboración de la Universidad, del CSIC o de otros organismos con autonomía para la gestión económica.
- *Departamento de Conservación*. Se ocupa de:

(1) Esta información se puede obtener fácilmente consultando sus respectivas páginas WEB: <http://www.thebritishmuseum.ac.uk/science> y <http://www.culture.fr/conservation>. En cambio, no hay manera de obtener este tipo de información en las WEBS de los grandes museos españoles.

(2) Los de titularidad estatal, de los que poseo información.

- *Conservación y Restauración.* Líneas de conservación preventiva y programas de intervenciones restauradoras sobre los objetos bajo custodia del museo.

- *Laboratorio.* Muy pocos museos poseen laboratorio con equipamiento científico para estudio de materiales. Entre los de titularidad estatal hay que mencionar el Museo del Prado, el Centro de Arte Reina Sofía, el Museo Arqueológico Nacional, el Museo de Ciencias Naturales (CSIC) y el Museo de América. Las necesidades analíticas se suelen resolver con los medios propios o recurriendo a los laboratorios del Instituto del Patrimonio Histórico Español (IPHE) o a los Institutos homólogos en las diferentes Comunidades Autónomas (cuando existen y cuentan con equipamiento) o mediante convenios con la Universidad.

### **Un ejemplo paradigmático: Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (CRRMF)**

Es un servicio con competencias nacionales dependiente de la Direction des Musées de France del Ministère de la Culture et de la Communication. Físicamente se encuentra distribuido en tres sedes, una en Versalles (Petit Ecurie du Roy) y dos en París, en el Louvre (laboratorios del Carrousel y talleres de restauración en el Pavillon de Flore). Los recursos humanos están formados por unas 150 personas distribuidas en los departamentos de investigación, conservación preventiva, conservación-restauración, documentación y prevención.

El CRRMF ejecuta, en coordinación con los conservadores responsables de las colecciones, la política de la Direction des Musées de France en materias de investigación, de conservación preventiva y de restauración, aportando:

- Los medios y estudios necesarios para el análisis de los objetos de los museos.
- Los diagnósticos previos a cualquier adquisición de objetos por los museos.
- Líneas de investigación pluridisciplinar.
- Expertización y valoración de obras.
- Formación de especialistas.

Según la información más reciente sus estudios se dirigen en la actualidad en tres direcciones:

- La caracterización físico-química de materiales.
- Las artes del fuego, estudiando las cuentas de fayenza, las técnicas de los esmaltes de Limoges, la metalurgia europea de metales no ferrosos, entre otras.
- El envejecimiento de las obras, su conservación y restauración, con un programa de actuaciones concretas

El conjunto de estos estudios produce información científica de primera mano sobre las obras para su identificación, datación, autenticación, procedencia, atribución, problemas de alteración, historia de las técnicas del arte y de la tecnología, para su mejor exposición y para su óptima conservación.



**Figura 2.** SSPS1 del espectrómetro Metorex XMET920 dispuesto para efectuar el análisis de un puñal de la Edad del Bronce.

Centrándonos en los laboratorios, que es donde se concentra la aplicación de nuevas tecnologías, el CRRMF dispone de los siguientes bloques de métodos y técnicas:

*Métodos de examen*

- Con luz visible: fotografía, macrofotografía y microscopía óptica en todas sus aplicaciones (metalografía, láminas delgadas en piedras, cerámicas, muestras biológicas y estratigrafía de pintura).
- Con luz rasante: para estudios de alteraciones topográficas superficiales, especialmente en superficies pictóricas.
- Con rayos infrarrojos: detección de arrepentimientos y diseños subyacentes en pintura.
- Con rayos ultravioleta: detección de restauraciones y repintes por sus fenómenos de fluorescencia diferencial.
- Radiografía: estructura de los materiales, modificaciones, fases de ejecución, restauraciones, estado de conservación de un objeto.
- Microscopía electrónica de barrido: observación de objetos muy pequeños de geometría no plana.

*Métodos de análisis*

- Difracción de rayos X: caracterización de materiales de estructura cristalina (minerales, productos de la corrosión de los metales).
- Cromatografía de gases: identificación de barnices y aglutinantes orgánicos.
- Espectrometría infrarroja: identificación de las moléculas de los compuestos químicos por sus bandas de absorción en la región del infrarrojo.
- Espectrometría por fluorescencia de rayos X: análisis elemental no destructivo, cuantitativo y cualitativo, de objetos o muestras por conteo de la emisión secundaria de rayos X producida en respuesta a la exposición primaria a un haz de radiación de alta energía.
- Microsonda acoplada al microscopio electrónico de barrido. Es un caso particular de aplicación de la fluorescencia de rayos X: análisis cuantitativo elemental de las fases observadas a través del microscopio electrónico.
  - Espectrometría de emisión ultravioleta-visible: análisis de gran precisión de soluciones líquidas.
  - AGLAE (Accélérateur Grand Louvre d'Analyse Élémentaire): caracterización físico-química de la materia y estudio de la vida de los objetos (técnicas de fabricación, envejecimiento natural, conservación desfavorable, composición superficial y en profundidad, etc.). Es en cierto modo parecida a la fluorescencia de rayos X pero en lugar de con una radiación primaria el objeto se bombardea con una chorro de iones fuertemente acelerados (Ion Beam Analysis). El AGLAE dispone de cuatro técnicas: PIXE ((Particule Induced X-Ray Emission), PIGME (Particule Induced Gamma-Ray Emission), NRA (Nuclear Reaction Analysis) y RBS (Rutherford Backscattering Spectroscopy).



**Figura 3.** Aspecto general de la instalación del gran acelerador de iones del CMAM (Universidad Autónoma de Madrid).

#### *Métodos de datación*

- Termoluminiscencia: determinación de la fecha de la última cocción de las cerámicas.
- Carbono 14: determinación de la antigüedad de material orgánico muerto, mediante análisis de la proporción de  $^{12}\text{C}$  y  $^{14}\text{C}$ .

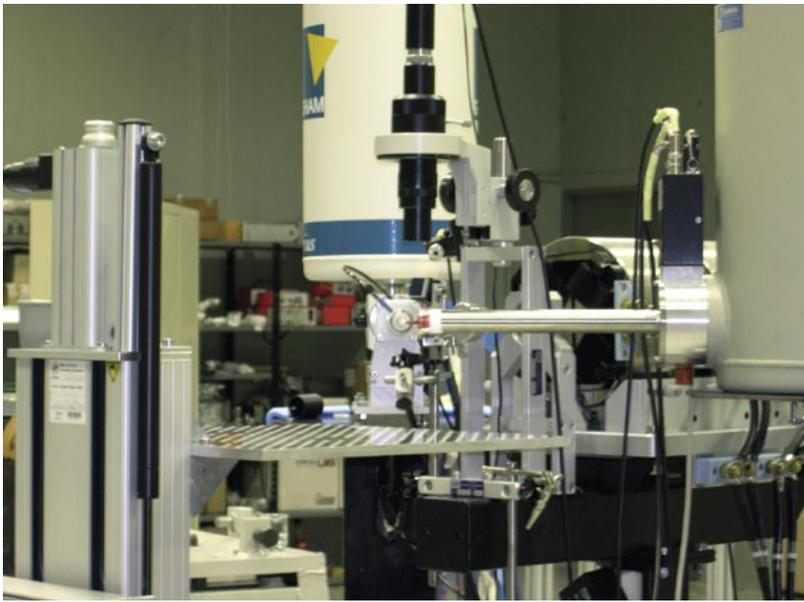
Vemos, pues, que el CRRMF dispone del equipamiento más avanzado que la tecnología puede ofrecer para el estudio de materiales. El equipamiento del laboratorio del British Museum es muy similar, si bien allí no disponen todavía de acelerador de iones.

#### **Las nuevas tecnologías analíticas y los museos españoles**

El único gran centro equipado con una buena y relativamente moderna panoplia de métodos analíticos es el Instituto del Patrimonio Histórico Español (IPHE), institución dependiente de la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes. Sus funciones son muy similares a las del CRRMF, aunque centradas casi con exclusividad en temas de patrimonio y de conservación-restauración del mismo. No existen actualmente, que yo sepa, líneas de investigación propias como las que podemos encontrar en el British Museum o en el CRRMF, quizás porque los recursos humanos no son los suficientes en número (que no en calidad) para iniciar líneas de investigación que sí me consta están en la mente de algunos de sus técnicos, como es el estudio sistemático del problema del envejecimiento de los materiales, y porque las acuciantes necesidades en el puro plano de la restauración de nuestro enorme patrimonio obliga a concentrar los esfuerzos en ese sentido.

Los laboratorios del IPHE están abiertos a la colaboración en las tareas de los museos españoles y he de decir con gran satisfacción, como responsable del Departamento de Conservación del Museo Arqueológico Nacional, que recurrimos con frecuencia a sus servicios para suplir las carencias de nuestro laboratorio en técnicas de análisis a menudo necesarias para caracterizar materiales antes o durante las intervenciones restauradoras.

Los laboratorios de los museos españoles, incluso de los grandes museos como El Prado, El Centro de Arte Reina Sofía y el Museo Arqueológico Nacional, están muy limitados en cuanto a equipamiento para estudios científicos. No obstante, y dentro de esas limitaciones, los medios disponibles se han venido utilizando con gran aprovechamiento y buena prueba de ello sería la ingente obra de Carmen Garrido en la identificación de pigmentos y otros aspectos de la pintura de los grandes maestros, desde el laboratorio del Museo del Prado, contando básicamente con un espectrómetro de fluorescencia de rayos X, un reflectógrafo de infrarrojos, un microscopio para estudios de estratigrafías de pintura, equipo de radiología y poco más, aparte de una buena dosis de ingenio y paciencia. Habría que decir también que dicho laboratorio es de los mejor equipados dentro del raquítico panorama que ofrecen los museos españoles en ese terreno.



**Figura 4.** Detalle del final del brazo para análisis al aire libre, con los detectores para las técnicas PIXE, PIGE y RBS. Acelerador del CMAM.

El meollo del asunto no es, sin embargo, un problema de equipamiento. Ese problema es, en realidad, la consecuencia de la falta de personal especializado en los museos. Me estoy refiriendo, claro está, a la carencia de plazas de físicos, químicos y otros técnicos afines en los Departamentos de Conservación, que son quienes necesitan los medios de laboratorio para realizar su trabajo. Los técnicos en conservación-restauración, que suele ser el personal que forma mayoritariamente un Departamento de Conservación (cuando lo hay) o, más frecuentemente, el taller de restauración del museo, saben por su formación teórica y experiencia práctica de la necesidad de analíticas para poder desarrollar su trabajo en óptimas condiciones. Pero no son ni su competencia ni su función entrar en el campo de las ciencias experimentales, que requiere otro tipo de especialización, conocimientos y habilidades.

Tampoco el conservador español de corte clásico es proclive a hacerse preguntas que puedan resolverse con la ayuda del análisis de materiales, aunque afortunadamente las cosas van cambiando impulsadas quizás por proyectos de investigación gestados desde la Universidad y que involucran a los museos.

Todo esto genera un nudo que coarta la dotación de medios de laboratorio para los museos. Porque, digámoslo claramente, con una inversión de unos 200.000 euros se puede equipar bien un laboratorio con todas las técnicas básicas necesarias para responder a la mayoría de interrogantes que plantea la conservación-restauración y para ejecutar las vías experimentales que requieren buena parte de las líneas de investigación actuales. Pero el problema para la Administración quizás no sea esa inversión, sino la dotación de al menos un técnico especialista que la mantenga en actividad, y que ha de cobrar su sueldo todos los meses durante muchos años.

Pero centrándonos en las nuevas aplicaciones tecnológicas, el laboratorio del Museo Arqueológico Nacional es, junto al del Prado y el del I.P.H.E., de los pocos que cuenta con un equipo de análisis de materiales por fluorescencia de rayos X. Esta técnica espectrográfica, aplicada desde comienzos de los años 60 del siglo pasado, fue bautizada por los colegas ingleses como "the curator's dream" porque, por primera vez, se podía contar con un método de análisis no destructivo para vencer la natural resistencia de los conservadores a que se extrajeran muestras del material de los objetos a analizar. Resistencia, por otro lado, bien justificada porque, al menos en el caso de los objetos de metal, la toma de muestras por medio de taladros o cortando una pequeña porción producía sensibles daños a los mismos. No voy a entrar en los pormenores de esta técnica pero sí quiero insistir en su carácter inocuo para el objeto a analizar.

La Figura 1 muestra la instalación del espectrómetro en el Museo Arqueológico Nacional. Se trata de un equipo Metorex XMET920, que consta de un cabezal SSPS1 dotado de dos fuentes radiactivas de cadmio y americio y un detector de silicio-litio refrigerado con nitrógeno líquido, una interfase con los circuitos electrónicos de conteo y configuración de espectros y un ordenador portátil como consola de mando. Al fondo de la imagen puede verse el cabezal, de pequeño tamaño, con una autonomía de refrigerante para ocho horas de trabajo, y en primer término el ordenador y la interfase. Es un instrumento

portátil, fácilmente trasladable dentro del museo para realizar análisis de objetos que por su gran tamaño no pueden desplazarse hasta el laboratorio.

La Figura 2 muestra en detalle el cabezal SSPS1 en el proceso de análisis de un puñal prehistórico de bronce. Como puede verse, el objeto está simplemente situado delante de la pequeña ventana de irradiación para tomar el espectro correspondiente. Situando adecuadamente el cabezal es posible analizar cualquier tipo de objeto, con las limitaciones propias de la geometría del objeto y del método en sí. Porque, efectivamente, en una configuración al aire, como la que aquí se muestra, y con las fuentes radiactivas mencionadas no es posible detectar elementos químicos por debajo del número atómico 20 (calcio). No se pueden analizar, por ejemplo, los componentes fundamentales de una cerámica o de una piedra (compuestas de silicatos y carbonatos), aunque sí sus elementos traza pesados, lo que permitiría una cierta caracterización de las pastas. En cambio permite identificar los principales componentes de las aleaciones metálicas y de los pigmentos naturales inorgánicos, resultando así un instrumento de gran apoyo en la mayoría de las tareas analíticas propias del museo. Con fuentes radiactivas más potentes o acoplado el sistema a un tubo de rayos X es posible excitar algunos elementos más ligeros que el calcio.

Hace una veintena de años que se viene hablando de aplicaciones de partículas pesadas aceleradas al análisis de objetos de museos, particularmente de la técnica PIXE. En España, que yo sepa, no se han empleado hasta hace muy pocos años, hasta que se pudo disponer del primer acelerador instalado en el Parque Tecnológico de La Cartuja de Sevilla. Este acelerador, más potente que el AGLAE francés, gestionado por la Junta de Andalucía y el CSIC, inmediatamente estableció convenios con aquellas entidades dedicadas a temas de patrimonio (como por ejemplo el Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico) para ofrecer sus servicios analíticos por las técnicas PIXE, PIGME y RBS. En esta vocación de servicio han tenido mucho que ver ciertos programas financiados por la Comunidad Europea, en particular las COST Actions (3), en las que especialistas españoles han tomado parte desde la primera, la G1, de finales de los noventa.

Hace pocos meses ha entrado en escena el acelerador del Parque Científico de Madrid, CMAM, instalado en el campus de la Universidad Autónoma. Allí, mediante los convenios apropiados, dispondremos en breve de las más modernas técnicas de análisis no destructivo. La Figura 3 muestra el aspecto general de la instalación: al fondo el gran tambor del acelerador de iones, del que parten los brazos que canalizan los iones acelerados hacia una cámara de alto vacío (a la izquierda de la imagen) y hacia los detectores para PIXE, PIGME, RBS (a la derecha). El brazo central está todavía sin acabar de instalar. La Figura 4 ofrece un detalle de los detectores para trabajo al aire, sin duda la parte de mayor utilidad para estudios de materiales del patrimonio histórico.

A lo largo de 2003 hemos desarrollado un programa a tres bandas (CMAM-CSIC-Museo Arqueológico Nacional) para calibración de nuestro pequeño equipo de fluorescencia de rayos X y de las aplicaciones PIXE y PIGME del CMAM de cara a compatibilizar resultados de análisis de objetos de metal en ambos laboratorios, financiado por la Comunidad Autónoma de Madrid.

Las perspectivas de aplicaciones de nuevas tecnologías al estudio científico de materiales de los museos son muy esperanzadoras. Se imponen cambios de mentalidad no sólo para concebir nuevos proyectos más ambiciosos sino también para admitir que los objetos que custodiamos en los museos han de poder viajar, con todas las garantías exigibles, hacia otros centros de investigación si queremos dar respuesta a algunos interrogantes con la ayuda de estas nuevas tecnologías.

(3) Estas acciones tiene como finalidad acordar aplicaciones de los iones acelerados en análisis de objetos del patrimonio histórico entre todos los países europeos, estableciendo metodologías de trabajo, seleccionando las técnicas más idóneas, contrastando resultados entre distintos laboratorios y mejorando así tanto la calidad de los métodos como las propias aplicaciones.