

APLICACIÓN DE LAS RADIACIONES EN LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL: EL IPCE

MIRIAM BUESO, INMACULADA DONATE, ANA ROSA GARCÍA,
BEATRIZ MAYANS Y CARMEN VEGA

Sección de Estudios Físicos.

INSTITUTO DEL PATRIMONIO CULTURAL DE ESPAÑA

INTRODUCCIÓN

En los años 60, nace en nuestro país, el actual Instituto del Patrimonio Cultural de España (en adelante IPCE)¹ un centro de titularidad estatal, dependiente de la Dirección General de Bellas Artes del Ministerio de Cultura y Deporte, que vela por

la conservación y en su caso restauración de este acervo. Coordinado con otros centros afines de titularidad autonómica, vela no solo por la conservación y/o restauración, sino por su documentación, investigación y difusión, así como la formación de especialistas en la preservación del patrimonio.



Figura 1. Sede del Instituto del Patrimonio Cultural de España en Madrid, una de las obras más significativas de la arquitectura expresionista española. Fue declarado Bien de Interés Cultural, en 2001, convirtiéndose durante muchos años en un Bien de Interés Cultural de autor vivo. Fotografía: Ana Rosa García.

¹El actual IPCE se constituye en 1985 como Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, y aglutina a cinco instituciones que ya funcionaban anteriormente:

- Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte (ICROA) (1961)
- Servicio Nacional de Información Artística, Arqueológica y Etnológica (1961)
- Centro de Conservación y Microfilmación Documental y Bibliográfica (CECOMI) (1969)
- Subdirección General de Monumentos
- Subdirección General de Arqueología

En 1996 pasa a denominarse Instituto del Patrimonio Histórico Español, y desde 2008 pasa a la denominación actual.

En este sentido, el IPCE cuenta con unos laboratorios (Área de Investigación y Formación) dotados de un equipamiento especializado que pretende dar respuesta y resolver las cuestiones que se plantean mediante un protocolo de actuación de acuerdo a la metodología de trabajo propia del centro que se describe a continuación. Los estudios que se realizan a los bienes culturales están subordinados tanto al tipo de bien cultural como al objetivo que se persigue, y siguen una secuencia tendente a minimizar el impacto sobre el objeto (Figura 2).

Se parte de estudios globales y puntuales sin toma de muestra. Esta información la aportan las técnicas de imagen, de las que hablaremos a lo largo de este artículo, y algunos equipos de caracterización de materiales. Si quedan dudas por resolver, entonces se continúa el estudio con la ayuda de otras técnicas de análisis que sí requieren de toma de micromuestras.

EL USO DE LAS RADIACIONES EN EL IPCE

En la sección de Estudios Físicos del IPCE, se obtienen una serie de imágenes haciendo uso de radiaciones en distintos rangos del espectro electromagnético. Los estudios de

imagen tienen unas características que los hacen idóneos: la información que se obtiene es global, las técnicas que se emplean aportan información no accesible a la observación directa y, un aspecto esencial, no requieren de toma de muestra. Ello hace que, en la mayoría de los casos, se empleen como estudios previos a cualquier intervención. Puesto que el resultado de cada una de ellas queda plasmado en una imagen digital, permite efectuar estudios comparativos y complementarios entre sí, y se constituyen como una excelente herramienta de documentación, para la investigación y la conservación de los bienes culturales (Figura 3).

La fotografía en el rango visible sirve de punto de partida para el resto de las técnicas de imagen, además de ser una referencia fundamental para ubicar la posterior toma de micromuestras, en caso necesario. Utilizando una cámara digital de alta resolución, con diversos objetivos y variando la iluminación (reflejada, transmitida, rasante) podemos obtener fotografías generales, de detalle o macros, y favorecemos la apreciación de la textura de las superficies, revelando las deformaciones, hendiduras, grietas, salientes, etc. (Figura 4).

La fotografía de fluorescencia inducida por radiación ultravioleta es una técnica muy conocida por su aplicación en los casos policiales, para detectar huellas dactilares o firmas falsas. Se fundamenta en la propiedad que tienen algunos materiales de emitir fluorescencia cuando se les ilumina con lámparas ultravioleta. Así, diferenciamos, empleando filtros adecuados, zonas de diferente naturaleza, que no son detectables mediante la observación directa. De esta forma, podemos observar alteraciones, aplicación de barnices o repintes, restauraciones anteriores y mejorar la legibilidad de algunos manuscritos. Los restauradores la requieren mucho para controlar el proceso de limpieza o la eliminación de barnices antiguos (Figura 5).

La radiación infrarroja es capaz de penetrar las capas superficiales que sean transparentes a esta radiación, pudiendo obtener información, haciendo uso de detectores adecuados, de sustratos cubiertos por otras sustancias. Esta técnica se emplea mucho en las pinturas sobre tabla para detectar el dibujo preparatorio, un cambio de composición o arrepentimiento con materiales opacos a la radiación infrarroja,



Figura 2. Inspección visual previa del retrato velazqueño de Mariana de Austria (Museo del Greco en Toledo), por parte de personal del área de Investigación y Formación del IPCE, para conocer su estado de conservación y determinar el tipo de análisis o estudio que debe realizarse. Fotografía: Miriam Bueso.



Figura 3. Secuencia de imágenes obtenida con diferentes radiaciones que ha permitido determinar que la urna de vidrio romana (Museo de Albacete) se encontraba reconstruida. De izquierda a derecha: fotografía visible con luz reflejada, fotografía de fluorescencia inducida por radiación ultravioleta, fotografía visible con luz transmitida, fotografía infrarroja y radiografía. Fotografías y radiografía: Tomás Antelo.



Figura 4. Fotografía visible con luz rasante de un detalle del cuadro Fray Pedro Machado de Francisco de Zurbarán (Museo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid). Con una inclinación de la fuente de iluminación menor a 45 grados, se manifiestan craquelados y desprendimientos de la capa pictórica, así como repintes. Fotografías: Tomás Antelo.

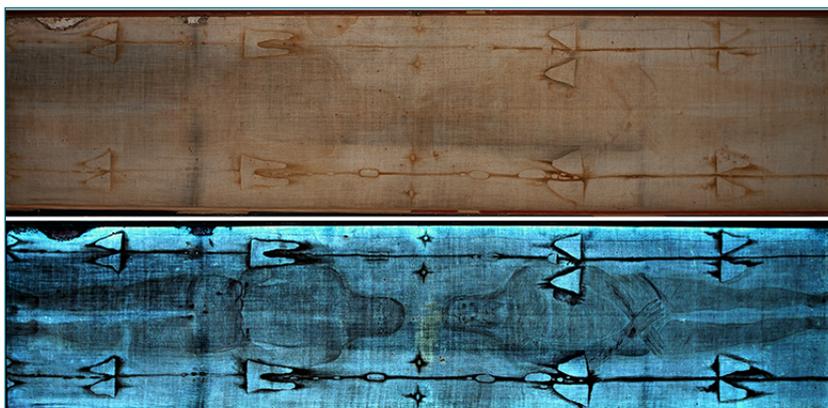


Figura 5. Fotografía visible y fotografía de fluorescencia inducida por radiación ultravioleta de la copia síndone del s. XVII conservada en la Basílica de San Juan de Campillo de Aragón (Zaragoza). Esta copia de la Sábana Santa de Turín se considera una de las mejores réplicas del mundo. Fotografías: Archivo Gabaldón Antelo (IPCE).



Figura 6. Detalle de una reflectografía infrarroja aplicada en la Sagrada Familia atribuida a Giulio Romano (Museo de Bellas Artes de Bilbao). El boceto de la figura infantil se ha realizado mediante estarcido, es decir, a partir de una plantilla perforada se estampa sobre la superficie con una muñequilla (bolsa de tela que contiene el carbón o pigmento en polvo para estarcir). Reflectografía: Archivo Gabaldón Antelo (IPCE).

como el carboncillo, así como la forma de aplicación del dibujo, bien en seco o en húmedo, directamente o con plantilla y estarcido, antes de cubrirse con las capas de color. En algunas de ellas hemos identificado incluso palabras escritas, como por ejemplo, el nombre de los colores que debían aplicarse en las diferentes prendas que formaban parte de la indumentaria de los personajes representados (Figuras 6 y 9).

Por último, la radiografía y la gammagrafía se fundamentan en el poder de penetración en la materia de los rayos X y la radiación gamma. Esta propiedad las convierte en las técnicas que mayor información nos aporta, porque nos revela el estado de conservación de una obra de arte (alteraciones e intervenciones anteriores), defectos ocultos (reparaciones, arrepentimientos), si estamos ante una falsificación, si debajo de una pintura hay otra, la estructura interna de una escultura (hueca o maciza), la técnica de ejecución de una pieza metálica (fundido, soldado, troquelado o forjado) o si presenta una decoración oculta (damasquinado), etc. (Figura 7).

En la actualidad, en el IPCE se trabaja principalmente con rollo de película industrial, ya que permite adaptarse perfectamente a la forma y tamaño de la obra, y se complementa con la radiografía digital, más práctica para piezas pequeñas o cuando se quiere conseguir una secuencia de proyecciones rápida.

LA INSTALACIÓN RADIATIVA DEL IPCE

La sección de Estudios Físicos del IPCE cuenta desde 1986 con una instalación radiactiva fija en la planta sótano, formada por un espacio polivalente, en el que se incluye el búnker radiográfico y la sala de fluorescencia de RX, además de otros espacios como la sala de revelado, la del negatoscopio, la de digitalización o el archivo radiográfico Gabaldón Antelo. Esta distribución permite trabajar con todo tipo de materiales de diversa naturaleza (documento gráfico, tejidos, pintura, instrumentos musicales o científicos, objetos de hueso y marfil, piezas de cerámica, vidrio o metal, esculturas de piedra, etc.). Sin embargo, hay determinados bienes culturales que por su gran formato, características o estado de conservación desaconsejan su manipulación, desmontaje o traslado a la sede del IPCE, por lo que la instalación radiactiva, y en su caso el laboratorio completo, se desplaza al lugar en el que



Figura 7. Imagen radiográfica de un conjunto de armamento de época ibérica aparecido en una tumba (Museo Arqueológico Nacional de Madrid). En ella se aprecia el número de armas (dos falcatas, una punta de lanza y un elemento cuadrangular indeterminado), su estado de conservación (están fragmentadas y presentan numerosas grietas), la tecnología de fabricación (forjado), la decoración oculta por los productos de corrosión (damasquinado) y las muescas en el filo de las hojas correspondientes a golpes realizados intencionadamente para inutilizarlas frente a un posible expolio. Montaje fotográfico: Miriam Bueso. Radiografías: Archivo Gabaldón Antelo (IPCE).



Figura 8. Dos momentos de la actuación *in situ* en el retablo de la capilla de Santiago de la Catedral Primada de Toledo. Se realizaron radiografías y reflectografías de infrarrojo de todas las tablas del retablo desde la plataforma montada para esta intervención. Su estudio permitió poner nombre a los diferentes artistas que participaron en esta obra de finales del siglo XV. En estas imágenes podemos ver el sistema VARIM en el que se está montando la cámara de infrarrojos (arriba, al fondo) y el andamio entre los sepulcros donde se instaló el tubo de rayos X. Fotografías: Iban Redondo.

se custodian. Es lo que denominamos el trabajo *in situ* o de campo.

Este último caso, implica la adecuación de un espacio para trabajar con los equipos en el mismo lugar o en su entorno cercano, siguiendo una planificación y un protocolo de actuación específico para estos casos. En primer lugar, es fundamental el estudio previo para valorar la viabilidad de la aplicación de las diferentes técnicas, teniendo en cuenta aspectos muy dispares, desde el espacio en el que se encuentra el bien cultural, o las tomas de agua y corriente eléctrica, hasta el estudio de horarios y rutinas del lugar donde se ubica la obra. Los aspectos a considerar son múltiples, también en cuanto a infraestructuras, por ejemplo, para los sistemas de posicionamiento de VARIM (Visión Artificial para Reflectografía Infrarroja Mecanizada) que soporta y controla el movimiento de la cámara infrarroja o de la fuente de rayos X o, incluso la necesidad de contar con espacios en los que se pueda garantizar la oscuridad suficiente para la fotografía con luz ultravioleta o el revelado de placas radiográficas de prueba (Figura 8).

El IPCE ha impulsado el desarrollo de una serie de dispositivos que facilitan la aplicación de las diferentes técnicas, tanto en la propia sede, como en los trabajos de campo. Para la reflectografía infrarroja, el sistema de posicionamiento de VARIM, permite la captación automática de los reflectogramas desde suelo firme, en andamio o mediante caballete telescópico trasladable, que permite llegar hasta obras ubicadas a 5 metros de altura (Figura 9). También dentro del sistema VARIM, se ha desarrollado un *software* que posibilita la unión automática de las imágenes. En lo referente a radiografía, se ha perfeccionado y adaptado a las necesidades específicas de estos bienes culturales, un digitalizador de placas radiográficas de gran calidad.

Toda esta innovación tecnológica ha sido posible en el marco de proyectos de investigación con universidades (Grupo de Aplicación de Telecomunicaciones Visuales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid y Escuela de Óptica y Facultad de Bellas Artes ambos de la Universidad Complutense de Madrid) y en colaboración con empresas (Infaimon, S.L, Servimatismos, S.A, Greenlight Solution S.L y Seringsoft, S.A) (Figura 10).

En definitiva, se trata de obtener una documentación gráfica exhaustiva, y de gran calidad, de los bienes culturales objeto de restauración o investigación. Ello nos ha permitido emprender con éxito actuaciones en retablos, rejas, frontales de altar o baldaquinos conservados en inmuebles eclesiásticos y piezas singulares como el *Guernica* de Pablo Picasso (Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía) o el *Arca Santa* de la catedral de Oviedo. Y del mismo modo, hemos abordado estudios comparativos en profundidad de la obra



Figura 9. Retablo de la iglesia de San Lorenzo en la ciudad de Toro (Zamora). En la imagen se muestra una vista general del retablo en la que se ha señalado una de las tablas del último piso. Los resultados de la radiografía y la reflectografía de infrarrojos de esta tabla aparecen en la imagen, en blanco y negro. Las dos técnicas se llevaron a cabo desde el suelo de la nave. En el reflectograma final pudimos ver que aparece escrita la palabra “morado” repetida dos veces. Fotografías: Tomás Antelo. Reflectografía y radiografía: Archivo Gabaldón Antelo (IPCE).

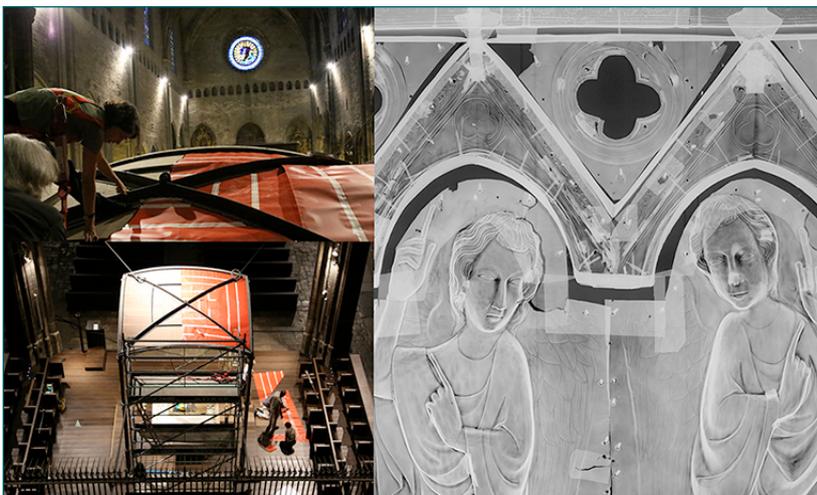


Figura 10. Baldaquino de plata dorada ubicado en el Presbiterio de la catedral de Girona. En las imágenes de la izquierda se muestra el montaje y colocación del panel radiográfico. A la derecha se observa un detalle de la radiografía resultante con información acerca de la técnica de fabricación (troquelado y martilleado), el montaje y claveteado al soporte lígneo de las distintas piezas metálicas, y las soldaduras de reparación especialmente visibles en el rostro del santo de la derecha. Fotografías: Ana Rosa García. Radiografía: Archivo Gabaldón Antelo (IPCE).

de maestros de retablos del Gótico como el maestro de los Luna, el maestro de Miraflores o Fernando Gallego y su entorno.

AGRADECIMIENTOS

Desde estas líneas queremos rendir homenaje a nuestros maestros Tomás Antelo (emérito) y Araceli Gabaldón, María Yravedra (que en paz descansa), y nuestros excompañeros Rocío Bruquetas, Alfonso Domingo y Ángeles Anaya.

BIBLIOGRAFÍA

- Antelo, T. et Gabaldón, A. “Radiografía de gran formato”, Patrimonio Cultural de España, núm. 0, Madrid, 2009.
- Gabaldón, A. “Treinta años de Estudios Físicos en el IPCE”, en La Ciencia y el Arte III. Ciencias Experimentales y Conservación del Patrimonio Histórico, Madrid, 2011. En prensa.
- Ruiz, P.; Gómez, A.; García, M.A; Antelo, A. et Bueso, M. “La reja de la capilla mayor del convento de San Juan de la Penitencia de Toledo: restauraciones, estudios y montaje”, Informes y Trabajos núm. 8, Madrid, 2012.
- Vega, C.; Antelo, T., Del Egido, M. et Bueso, M. “Una técnica novedosa para el estudio del Arte”, Boletín de la AEND núm. 62, Madrid, 2013.
- Antelo, T. “RX en película versus RX digital”, en Ciencia y arte V. Ciencias y tecnologías aplicadas a la conservación del patrimonio Madrid, 2105.
- Vega, C.; García, E.; Antelo, T.; Bueso, M.; Torres, J. et Menéndez, J.M. “VARIM 2.0. Imagen multiespectral e hiperespectral en el infrarrojo”, en Ciencia y arte V. Ciencias y tecnologías aplicadas a la conservación del patrimonio Madrid, 2105.
- García, E. et Bueso, M. “La radiografía al servicio de la restauración: su aplicación en armamento ibérico”, Boletín del Museo Arqueológico Nacional 33, Madrid, 2016.
- Vega, C.; García, A.R. et Mayans, B. “30 años del taller de Fernando Gallego desde la radiografía y la reflectografía de infrarrojos”, en Miquel, M; Pérez, O. et Bueso, M. (ed): Ver y Crear. Obradores y Mercados Pictóricos en la España Gótica, Ergástula, Madrid, 2016.
- Anaya, A.; Antelo, T.; Bueso, M.; Domingo, A.; García, A. R.; García, E.; Martín, M.; Mayans, B.; Menéndez, J.M. et Vega, C. “Técnicas de imagen en el retablo de Don Álvaro de Luna”, en Miquel, M; Pérez, O. et Martín Gil, M. (ed): Retórica Artística en el Tardogótico Castellano, Sílex.
- Anaya, A.; Bueso, M.; García, A.; et Mayans, B.; “Actuación radiográfica en el Arca Santa de Oviedo”, en Navarro, P. (coord) El Arca Santa de Oviedo. Investigación, documentación y restauración, Madrid, 2019.■