

Escuela Nacional de Conservación, Restauración
y Museografía “Manuel del Castillo Negrete”

Memorias del 5° Foro Académico 2012

La radiología digital como herramienta complementaria en el dictamen de bienes muebles

José Luis Velázquez Ramírez

5to foro
académico

ISBN: 978-607-484-464-1

foroacademicoencrym@gmail.com

www.foroacademicoencrym.com

Resumen

Desde que Wilhelm Conrad Roentgen descubrió los rayos X, en 1895, ha habido muchos cambios tanto en la forma de obtener placas radiográficas como en la de procesarlas, e incluso en la manera de visualizarlas, manejarlas y almacenarlas. Para obtenerlas, durante más de 100 años se ha utilizado la película. En los años ochentas del siglo pasado, Fuji introdujo las imágenes de radiología computarizada que, frente a las convencionales, aportaron mayores ventajas. En México, desde la década de 1940 Abelardo Carrillo y Gariel reporta la radiología como herramienta para la evaluación de bienes muebles. La radiología digital directa ha mostrado tener muchas ventajas, entre ellas, los equipos portátiles, que permiten su traslado a cualquier parte para la obtención de las imágenes digitales en segundos; éstas se pueden visualizar y enviar de forma inmediata, con lo que se logra un acceso más fácil y un eficiente intercambio de información.

Palabras clave

Radiología, radiología digital, bienes muebles, herramientas, restauradores.

Introducción

Desde que Wilhelm Conrad Roentgen descubrió los rayos X y las placas radiográficas, el 28 de diciembre de 1895, y la Asociación Físico Médica de Wurzburg —la primera que habló de los nuevos rayos que podían penetrar el cuerpo y fotografiar los huesos— difundió el hallazgo, ha habido muchos cambios en la forma tanto de obtener este tipo de placas como en la de procesarlas, e incluso en la manera de

visualizarlas, manejarlas y almacenarlas. Para lograr placas radiográficas, durante más de 100 años se ha utilizado la película y, a lo largo de más de 60, se han empleado chasis con pantallas intensificadoras para conseguir imágenes diagnósticas con una calidad y eficiencia estándar de utilidad y exposiciones a radiación razonables.

Desde los años setentas del siglo pasado, algunas modalidades de imágenes digitales ofrecidas fueron la tomografía computarizada, el ultrasonido digital y la medicina nuclear, que han ganado terreno y aceptación. Ya en los años ochentas, las imágenes de resonancia magnética, la radiología computarizada y la angiografía digital de sustracción ofrecían mayores ventajas que la radiología convencional. Sin embargo, la evaluación radiográfica que utiliza chasis y la película radiográfica se siguen utilizando en aproximadamente 65% de los casos de diagnóstico clínico. En el pasado los avances tecnológicos eran más lentos, pero en los últimos años la tecnología ha avanzado a pasos agigantados en todas las áreas del conocimiento; ahí están, como ejemplo de ello, los viajes espaciales, los teléfonos inteligentes, los iPad, el iPhone y el BlackBerry, computadoras más pequeñas y poderosas, las cámaras digitales, por mencionar sólo algunos ejemplos, entre los que habría que citar los relacionados con el área del estudio de bienes muebles, donde también ha habido un avance considerable. En el campo de la radiología, los adelantos tecnológicos de los últimos 20 a 30 años se han traducido en una transición de la radiología convencional a la digital.

En el caso de la radiología para la evaluación de bienes muebles, reportada en México desde la década de 1940 por Abelardo Carrillo y Gariel, artista, conservador e historiador del arte, quien trabajó en la Dirección de Monumentos Coloniales del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH),¹ se ha em-

¹ A. Carrillo y Gariel, “Los rayos X como auxiliares en el reconocimiento y restauración de pinturas antiguas”, en *Boletín del INAH*, núm. 18.

pleado, como parte de los múltiples estudios de obras, como método de diagnóstico para obtener imágenes de la estructura interna de objetos patrimoniales. Este recurso proporciona al restaurador o investigador información muy útil, en tanto que le permite completar trabajos de restauración en pinturas de caballete, esculturas, cerámica y metales, ya que las radiografías ayudan a determinar la condición de las piezas y su legitimidad, además de que auxilian el desarrollo de los estudios técnicos, las investigaciones y el diagnóstico para establecer el estado de conservación de un objeto.

Actualmente, diversas instituciones encargadas de la investigación, estudio, conservación y resguardo de los bienes culturales realizan estudios radiográficos del patrimonio cultural.² Sin embargo, la aplicación del análisis científico para la comprensión de la técnica de factura (desde la ejecución plástica de un autor hasta los materiales aplicados) y la elaboración de diagnósticos de conservación no son actividades que se lleven a cabo sistemáticamente en el país.

El estudio radiográfico aplicado a bienes culturales hace posible observar sus características formales, además de alteraciones como grietas, fisuras y roturas, las cuales, por estar cubiertas de concreciones u otros materiales, pueden ser imperceptibles a simple vista. A través de las imágenes radiográficas es posible localizar las correcciones o cambios que el autor realizó en una pintura —la radiación no altera la obra por razón de que no se concentra en este tipo de material—, o bien, las intervenciones posteriores a las que fue sometida. De modo que hacen posible observar, además de las modificaciones hechas por el artista, las alteraciones realizadas con posterioridad: los defectos que no

² En la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRyM), así como en diversas instituciones pertenecientes al INAH ubicadas en la Ciudad de México, y en la Escuela de Conservación y Restauración de Occidente (ECRO), la experiencia en la realización de estudios radiográficos es muy amplia y data de hace varios años.

se ven a simple vista después de la restauración; también suelen hacer visibles las firmas, fechas e inscripciones ilegibles. En el caso de las esculturas, muebles u objetos tridimensionales, este tipo de imágenes sirven para conocer la conservación del material, los clavos internos que presenta el armazón, plagas internas, eventuales fracturas, etc. En suma, la radiología permite ver lo que no se ve.

Radiología digital

I Radiología computarizada

Introducida por Fuji Inc., la radiología digital en forma comercial empezó a principios de los años ochentas del siglo pasado. La radiología computarizada reemplaza la película radiográfica, los chasis y pantallas intensificadoras, y el revelado, sistema que funcionaba mediante un chasis que contenía una placa a base de fósforo capaz de almacenar la energía producida por los rayos X; posteriormente, un escáner con un láser leía esta placa y producía una imagen digitalizada en un lapso de 60 a 120 s, que es el tiempo aproximado en que una reveladora procesa una placa radiográfica. A este método para producir radiografías se lo llamó *radiografía computada o computarizada*.

Los equipos actuales de radiografía computarizada siguen funcionando de forma similar: son más pequeños que los primeros que salieron al mercado, y utilizan chasis que primero capturan la radiación y posteriormente se procesan en un escáner para obtener y visualizar las imágenes: una desventaja de este sistema es que se necesita contar con varios chasis de diferentes tamaños, ya que éstos no capturan más que una imagen a la vez; además, hay que llevarlos al lugar donde se encuentra el escáner, o lector —pues estos equipos, por su tamaño y peso, son poco portátiles—, para procesar la imagen, lo cual toma

tiempo. El costo de tales equipos es menor si se compara con los de radiología directa (RD).



Figura 1. Equipo de radiología computarizada (FCR Prima de Fujifilm)

II Radiología directa (RD.)

Los equipos de radiología directa (RD) no sólo han disminuido considerablemente su tamaño y peso: son cada vez más portátiles, sino también, y de manera considerable, los costos, si se comparan con los primeros equipos.

En estos equipos la radiación se capta en un chasis único; algunos ya tienen integrado, en el propio generador de rayos X, el procesador y una pantalla que muestra la imagen radiográfica; otros requieren un generador de rayos X que emita la radiación que capta el chasis para, posteriormente, mandarla a un procesador integrado que la convierte en una imagen radiográfica que se puede mostrar en una pantalla plana de computadora en aproximadamente 4 a 8 s tras haber realizado el disparo. En este chasis se puede realizar aproximadamente 1 000 000 de disparos sin necesidad de cambiarlo. Los chasises varían de tamaño, dependiendo de las necesidades de cada paciente, especie u objeto por radiografiar. Existen en el mercado equipos de RD que se comunican con el generador de rayos X y el chasis a través de cables, así como los que lo hacen en forma inalámbrica. Además, también están disponibles equipos de rayos X de baterías.

Algunas consideraciones que han de hacerse al usar un equipo de radiología digital son:

Se debe seleccionar el tamaño del o los chasises, así como su cantidad, dependiendo de si el equipo es de radiología computarizada o RD, y de acuerdo con las necesidades del investigador o restaurador, determinadas por el tamaño de las piezas o la obra que se ha de radiografiar. En el mercado hay diferentes tamaños de chasises: 10 X 12, 14 X 17 y 17 X 17". Se debe tomar en cuenta si la radiografía se va a realizar en lugares específicos o si el equipo se va a trasladar para trabajos de campo, así como que el software y el hardware de éste cuenten con soporte técnico y garantía. El chasis, que es la parte más cara e importante del sistema de RD, puede ser de Cesio y Gadox, que son los más recomendados.



Figura 2. Equipo de radiología digital, chasis digital y generador de rayos X (Generador Mini X-Ray 80/15+; equipo de radiología Digital Slate de Cuattro y chasis digital Samsung)

Se debe tener claro, asimismo, que, a mayor cantidad de píxeles, se obtendrá mejor resolución, detalle y sensibilidad; a menor número de píxeles, la resolución de la imagen será disminuida, sobre todo al ampliar las imágenes.

Ventajas y desventajas de la radiología convencional y la radiología digital

Radiología convencional (RC): desventajas

- Uso de chasises, película radiográfica, cinta con plomo para identificar las radiografías o marcador de destello luminoso y/o marcadores de plomo
- Líquidos: revelador, fijador; ganchos para el manejo de las

radiografías durante el proceso de revelado, tinas para revelado en procesamiento manual, secadora de radiografías

- Líquidos y mantenimiento del equipo de revelado con reveladora automática
- Cuarto oscuro con luz de seguridad para el manejo, revelado y procesamiento de las películas radiográficas
- Tiempo para el proceso de revelado
- Uso de filtros para reducir la contaminación ambiental de los desechos del revelado o costo por contratación de empresas que se encarguen del manejo de los residuos
- Uso de rejillas para mejorar la calidad radiográfica y, por ende, mayor exposición de los radiólogos a la radiación
- Cuando no se tiene experiencia en la toma de placas radiográficas, pueden quedar subexpuestas o sobreexpuestas, lo que genera costos, pues hay que repetir las
- Uso de negatoscopio, luz intensa, lupa, etc., para la evaluación de las placas radiográficas
- La calidad de la placa radiográfica depende de la experiencia del radiólogo y del tipo de revelado (manual o automatizado)
- Los estudios radiográficos, además de guardarse en sobres de papel, ocupan espacio y requieren cuidado para su preservación.
- El manejo, almacenamiento y sistematización del archivo de las placas es complicado: se ensucian, se manchan o se pierden
- Para intercambio de la información, hay que digitalizar las placas con cámaras de alta resolución, proceso durante el que se puede perder calidad diagnóstica
- En el caso de los estudios radiográficos de bienes muebles, si no se conoce la técnica radiográfica específica, hay desperdicio de placas y múltiples exposiciones a radiación, hasta lograr la técnica ideal, que cuestan al consumidor
- Si los líquidos reveladores y fijadores no están en óptimas condiciones, afectan la calidad de la placa
- Costo de consumibles (película y revelado) por placas tomadas no diagnósticas

- Si la placa se revela manualmente y su secado no es el correcto, queda “escurrida” o con manchas, con lo que pierde calidad

- Las reveladoras automáticas, si carecen de mantenimiento, pueden dañar las placas durante el proceso de revelado, lo que afecta nuestro trabajo (a veces el de todo un día, empleado en ir a tomar las placas y regresar)

- En revelado automatizado, si no se le da el tiempo necesario para el procesamiento de la primera placa y se mete la segunda antes de lo recomendado, se enciman, y una o las dos placas se dañan, lo que afecta su calidad y el adecuado diagnóstico

- La lenta obtención y procesamiento de las placas afecta el número de éstas que se pueden tomar en periodos de tiempo establecidos

Radiología directa (RD): ventajas

- El equipo de radiología digital portátil funciona con un generador de 80 kV, 0.15 a 30.0 mA y un peso de 6.5 kg (aunque pueden ser de mayor capacidad, según las necesidades: hay equipos portátiles aun hasta de 100 kV y 40.0 mA)

- Es muy ligero y portátil, de manera que se puede trasladar a cualquier lugar para tomar placas radiográficas de cualquier bien mueble: pintura de caballete, escultura, momia, vasija, collar, libro, etc. Es ideal para trabajo de campo. Sólo requiere energía eléctrica o convertidores de corriente para automóvil, aunque también funciona con plantas de luz que trabajan con gasolina

- Obtención de las radiografías en forma rápida (de 4 a 8 s)

- Las imágenes obtenidas se pueden ampliar para evaluar mejor áreas específicas de daño en cuadros, y observar tanto la estratigrafía de la obra como su marco: el daño a la madera, los clavos, tornillos, ensambles, etcétera

- Permite el manejo tanto del contraste, con lo que es posible evaluar diversas capas de la obra, como de la escala de grises, lo cual ofrece una adecuada evaluación de los diferentes planos; gracias a las capacidades del software de captura, es posible evaluar las imágenes en negativo, además de que existen diversas herramientas de edición digital de la imagen: ampliación de las áreas de interés, mediciones para calcular o medir áreas dañadas y diversas alteraciones

- Los equipos de radiología digital tienen, hasta cierto punto, el alcance o la amplitud de compensar errores de exposición

- Ayuda al restaurador o investigador a observar si un cuadro fue repintado o presenta modificaciones

- Las imágenes o los estudios radiográficos se pueden almacenar y acceder a través de páginas de internet (Cloud®Viewer)

- Muy rápido manejo de las imágenes vía internet o correo electrónico, sobre todo para consultas o segundas opiniones del caso, en cualquier parte del mundo (telerradiología)

- Las imágenes o estudios radiográficos se manejan en discos compactos (CD) o memorias externas (USB)

- No se usan rejillas, por lo que se obtiene excelente calidad radiográfica, amén de que el radiólogo se ve sometido a menor radiación

- Se logran imágenes radiográficas de excelente calidad incluso con parámetros de toma inferiores a los que se utilizan en la radiología convencional

- No se usan consumibles (película radiográfica, chasis, líquidos: revelador, fijador, ni marcas de plomo, etcétera)

- No hay contaminación ambiental por desechos de líquidos de revelado

- Se utiliza un chasis único

- Fácil de manejar (software muy amigable)

- Las imágenes se obtienen en el formato Dicom (The Digital Imaging and Communication in Medicine System); desarrollado y adoptado por el Colegio Americano de Radiología, cubre todas

las necesidades de los formatos de archivos para las redes de comunicación estándar. En este formato digital las imágenes pueden incorporarse al PACS (siglas en inglés de Picture Archiving and Communication System). Todos los equipos modernos de diagnóstico pueden respaldar el estándar Dicom. La ventaja de éste y el PACS es que van a permitir que las imágenes digitales obtenidas de cualquier sistema (resonancia magnética, radiología digital o tomografía computarizada, etc.) se vean en la misma estación de trabajo (laboratorios y escuelas de enseñanza), característica muy importante si se está pensando en avanzar a esta nueva modalidad de manejo de imágenes en museos, pinacotecas, centros de restauración, etc. Esto es, debemos considerar que los equipos que no dan las imágenes en formato Dicom —se recomienda manejar en este formato, hasta ahora universal, toda imagen generada por los diferentes equipos—, si bien son más baratos, no van a ser compatibles con estos sistemas para el manejo de imágenes digitales. Éste—por otra parte—, en formatos JPG, es muy fácil, y el uso del software, muy amigable

Radiología directa (RD): desventajas

- El costo del equipo

- Riesgo al transportar el equipo móvil de un lado a otro, y que en ocasiones la energía eléctrica es de diferente calidad en cada lugar (hay que asegurar el equipo)

- Algunos equipos son más sensibles a variaciones en la corriente eléctrica, de manera que si la energía no es de buena calidad, las radiografías aparecen con líneas, y si es muy baja, puede prender todo el equipo: se genera el disparo, pero no así una imagen

- En cuadros con pintura que contenga plomo, éste aparecerá en la imagen como una mancha; en collares u objetos de metal, dependiendo del material, pueden observarse halos luminiscen-

tes que no son visibles en la radiología convencional. Si no se tiene experiencia en la evaluación de radiografías digitales, se puede sobrediagnosticar, por lo que es recomendable consultar atlas o manuales para ver qué es normal, qué puede ser un artefacto y qué es real

- Se dispone en línea tanto del soporte técnico como de las actualizaciones del software (hay que tener acceso a internet)
- Dependiendo del equipo, algunas compañías cobran por el uso del software y licencias cada 1 o 2 años, según acuerdos; algunas otras no cobran

Estudios de caso: algunos resultados preliminares

Se han realizado algunos estudios radiográficos de diferentes obras y materiales en colaboración entre el Laboratorio de Diagnóstico de Obras de Arte del Instituto de Investigaciones Estéticas de la Universidad Nacional Autónoma de México (LDOA-IIIE-UNAM) y la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC) del INAH. Aquí se presenta una selección de casos que permiten ver las diferencias entre el uso de radiología convencional y la radiología digital.

Las imágenes radiográficas permiten observar la sucesión de estratos que constituyen la obra. En las superiores se aprecia el veteado de la madera del soporte, y, encima, las tiras de lino que refuerzan la estructura de la talla; estas tiras son visibles a la altura de los hombros de las religiosas. También se distinguen las diferencias de densidad entre el estofado en blanco sobre dorado y la encarnación, rica en albayalde.

En cuanto al armado del panel, se nota la unión de los gruesos tabloncillos en los que se talló la figura (es la franja oscura que en la imagen de la izquierda pasa por la cabeza, cara y pecho). En materia de deterioro, se detectó la extensión del faltante localizado



Figura 3. En esta fotografía se observa cómo se lleva a cabo la toma de radiografías digitales: se aprecia que la obra se cubrió con un plástico, previamente cuadriculado con las medidas del chasis por el frente y por la parte de atrás, para llevar un orden de las tomas radiográficas y facilitar el ensamble al reconstruir la obra completa. Se usó un generador de rayos X marca MiniX-Ray HF8015+, 15mA-50kVDC, equipo Slate de Cuatro y chasis digital Samsung (José Luis Velázquez Ramírez/Francisco Chavolla Cortez)

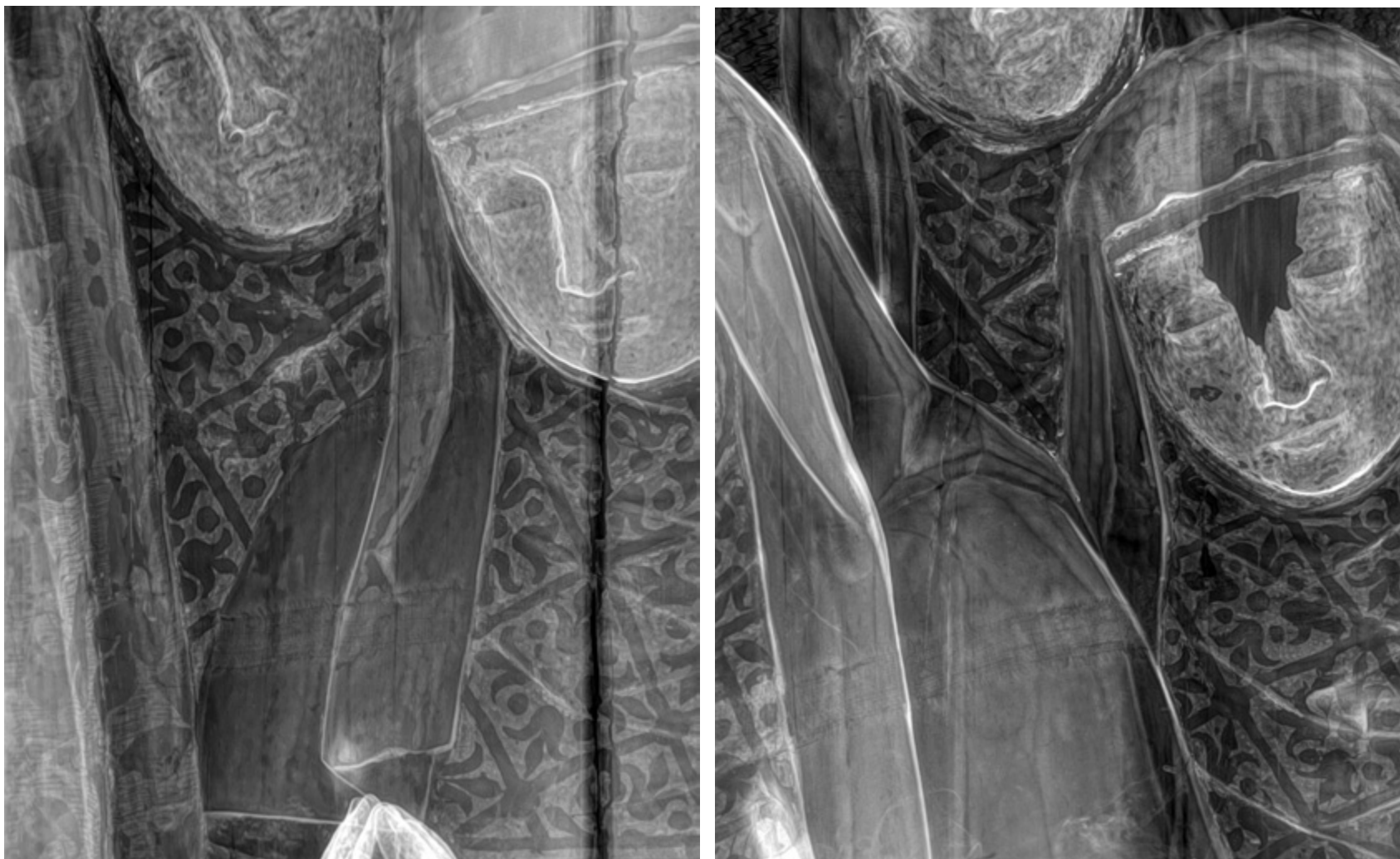


Figura 4. Comparativo entre las imágenes radiográficas tomadas con equipo digital (fotografías superiores) y placas de rayos X convencionales digitalizadas (fotografías inferiores) del relieve dorado y policromado que representa *El patrocinio de santa Clara*, obra procedente de Atlixco en proceso de restauración en la CNCPC (Imágenes digitalizadas de placas convencionales, proporcionadas por Fernanda Castillo Muñoz, CNCPC)

en la frente de la religiosa y su proyección hacia la parte posterior de la cabeza (imagen central). Las imágenes inferiores son digitalizaciones de placas obtenidas mediante radiografía convencional. La fotografía de la izquierda muestra una zona de unión a hueso de los tabloncillos que conforman el panel donde ha habido un fuerte ataque de insectos, perceptible por la tonalidad oscura que se extiende al lado derecho de la línea de unión. También exhibe detalles de la técnica de talla: en el borde de la santa hay una sucesión de puntos incisivos. En la parte superior se intuye el lugar por donde pasa el travesaño, así como un nudo de la madera que constituye el tablón. En la mitad superior derecha destaca una serie de manchas elípticas grisáceas que se produjeron al momento del revelado y secado de las placas de rayos X; a la derecha, la imagen comparativa de la zona de deterioro sobre el rostro de uno de los personajes, captada con placa convencional.

Como puede verse en este comparativo, la calidad radiográfica de las placas con las dos técnicas es diferente: en ambas se obtiene información de la obra, pero las digitales tienen mejores contraste y resolución de imagen. Lo más importante es su



Figura 5. Anónimo, *Virgen de Guadalupe*, perteneciente al acervo del Santuario del Cerrito en Cuautitlán, estado de México. Aquí se presenta una imagen compuesta por 33 tomas radiográficas capturadas con equipo digital. El cuidadoso proceso de edición digital fue llevado a cabo por Eumelia Hernández (Mosaico digital, Eumelia Hernández©, LDOA-IIE-UNAM, 2011)

utilidad: las imágenes de radiografía digital dan la posibilidad de evaluar zonas aisladas pero, además, de generar un documento que sirve para explicar la tecnología y el estado de conservación del bien cultural. El efecto del trabajo se amplía al generar documentación e investigación alrededor del objeto de estudio.

En este caso, la imagen radiográfica ofrece información de toda la estructura de la obra. Es una pintura que ha sufrido diversos cambios y modificaciones a través del tiempo. Se ve el soporte de triplay, que fue reforzado con largueros, cabezales y travesaños unidos mediante pequeños taquetes y la colocación de clavos para dar firmeza a las uniones en el extremo derecho de los travesaños. En cuanto a la tela, se aprecia que se trata de dos miembros unidos por una gran costura, a lo largo de la cual hay un área de lagunas de capa pictórica. La tela es lisa, con tejido de tafetán, y se ve un cambio en la densidad de los hilos del miembro superior. Respecto de la capa pictórica, la densidad del albayalde presente en las nubes del fondo, así como en las encarnaciones, produce el contraste radiográfico más alto. Se ven los trazos pictóricos cortos y curvos, y la sucesión de pinceladas para modelar el rostro. Finalmente, fue posible detectar algunos *pentimenti* en la zona de la frente, la línea del cabello, la parte superior de la cabeza y los hombros.

Conclusiones

Durante los últimos meses se ha venido trabajando, conjuntamente con el LDOA-IIE-UNAM y la CNCPC-INAH, en la evaluación mediante radiología digital directa de diversas obras, como pinturas de caballete, esculturas de madera, vasijas, tapas de libros, objetos de madera, momias, collares, etc. Se han realizado proyectos de trabajo multidisciplinario que permiten integrar la información obtenida mediante las diferentes técnicas de evaluación de las obras para conocer su tecnología y materialidad, y,

con ello, establecer dictámenes más adecuados, con más elementos, para poder plantear tratamientos de conservación asertivos. Se está trabajando en un proyecto experimental para determinar con claridad las capacidades de los equipos de radiología en relación con el tipo de material constitutivo del patrimonio. En México, el uso de las imágenes radiográficas es un tema que todavía hace falta trabajar desde una perspectiva interdisciplinaria.³

La radiología digital directa ha mostrado tener muchas ventajas respecto de la radiología convencional; una de las más importantes es que el equipo es realmente portátil, lo cual permite trasladarlo a cualquier parte donde se requiera y, ahí, obtener las imágenes digitales en segundos. Éstas se pueden sistematizar en bancos de información fijos, o en la red, de forma inmediata, con lo que se favorece un acceso más fácil y, por ende, un eficiente intercambio de información.

No debemos olvidar que la radiología es sólo una de las múltiples herramientas con la que cuenta el investigador, perito o restaurador, y que el conjunto de las mismas dará un cuadro más completo de la situación de la obra que se esté evaluando.

Agradecimientos

El autor de este artículo desea agradecer a la maestra Elsa Arroyo Lemus, coordinadora del LDOA-IIE-UNAM, por sus comentarios al presente trabajo y por proporcionar información sobre las

³ Es de reconocer y destacar que la ECRO lleva varios años desarrollando la técnica de radiología convencional para el diagnóstico de bienes culturales. Asimismo, que la doctora Josefina Bautista, de la Dirección de Antropología Física del INAH, tiene una experiencia muy amplia en el uso de este equipo como herramienta de dictamen. Antes que ellos, el ingeniero Ibarra realizó importantes avances en este campo tanto para instituciones del INAH como para la práctica privada de la restauración.

obras registradas; a la licenciada Eumelia Hernández Vázquez, del mismo laboratorio, por proporcionar el mosaico digital del cuadro de la Virgen de Guadalupe; a la licenciada Fernanda Muñoz Manterola, jefa de talleres de la CNCPC-INAH, por el apoyo para difundir el trabajo que estamos realizando y por la invitación a participar del diagnóstico de diversos bienes culturales dentro de diferentes e importantes proyectos que se llevan a cabo en la institución, y al médico veterinario zootecnista Francisco Chavolla Cortez, asistente en el registro radiográfico digital.

Bibliografía

Antelo, Tomás, Miriam Bueso, Araceli Gabaldón y Antonio Martín Costea

2010 “La técnica radiográfica y protocolo de actuación en el Instituto del Patrimonio Cultural de España”, en *La técnica radiográfica en los metales históricos*, Madrid: Ministerio de Cultura, pp. 17-40.

Ballance, Dennis

2008 “The network and its role in digital imaging and communications in medicine imaging”, en *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49, 1, pp. S29-S32.

Barret, Esther

2007 “Practice radiography: Time to go digital?”, en *In Practice*, noviembre-diciembre (29), pp. 616-619.

Butler, Janet, Ch. Colles, Sue Dyson, Sven Kold y Paul Poulos

2008 *Clinical Radiology of the Horse*, Oxford: Willey-Blackwell.

Carrillo y Gariel, Abelardo

1957 “Los rayos X como auxiliares en el reconocimiento y res-

tauración de pinturas antiguas”, en *Boletín del INAH*, núm. 18, diciembre.

Garrido Pérez, Carmen

1992 “Radiografía y reflectografía infrarroja: Técnicas complementarias”, en Carmen Garrido Pérez, Velázquez, *Técnica y evolución*, Madrid: Museo Nacional del Prado, pp. 39-52.

Gómez, Ma. Luisa

2000 “Los rayos X”, en *La Restauración. Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*, Madrid: Cátedra, pp. 170-179.

Keith, Larry y Dawson W. Carr

2009 “Velázquez’s Christ after the Flagellation: Technique in context”, en Ashok Roy (ed.), *National Gallery Technical Bulletin 30th Anniversary Volume*, Londres: National Gallery, pp. 52-70.

Lo, W. Y., W. J. Hornof y A. L. Zwingenberger

2009 “Multiscale image processing and antiscatter grids in digital radiography”, en *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50, 1, pp. 569-576.

Martinelli, Mark

2001 “How to incorporate digital technology into your practice”, en *AAEP Proceedings*, 47, pp. 438-446.

2004 “Imaging in practice”, en *AAEP Proceedings*, 50, pp. 240-247.

Matteini, Mauro y Arcangelo Moles

2001 “Técnicas radiográficas”, en Mauro Matteini y Arcangelo Moles, *Ciencia y Restauración*, Sevilla: Nerea, pp. 189-202.

Mitchell, Richard D.

2009 “Imaging considerations in the purchase examination of performance horse”, en *AAEP Proceedings*, 55, pp. 296-300.

Molina, Isabel

1999 “Restauración del retrato de Felipe II con armadura”, en *Tiziano. Técnicas y restauraciones. Actas del simposium internacional celebrado en el Museo Nacional del Prado*, 3,4 y 5 de junio de 1999, Madrid: Museo Nacional del Prado, pp. 41-65.

O'Brien, Timothy R.

2005 *O'Brien's Radiology for the Ambulatory Equine Practitioner*, Jackson: Teton Newmedia.

O'Connor, Sonia A. y Mary A. Brooks

2007 *X-Radiography of Textiles, Dress and Related Objects*, Ámsterdam: Butterworth-Heinemann.

Pinna, Daniela, Monica Galeotti et al.

2009 “Wooden support”, en Daniela Pinna, Monica Galeotti et al. (eds.), *Scientific Examination for the Investigation of Paintings. A Handbook for Conservators-restorers*, Florencia: Centro Di, pp. 21-40.

Puchalsky, S. M.

2008 “Principles of digital X ray imaging: Computed tomography and digital radiography”, en *Equine Veterinary Education*, 20(2), pp. 99-102.

Widmer, W. R.

2008 “Acquisition hardware for digital imaging”, en *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49, 1, pp. S2-S8.