

El análisis de imágenes como instrumento diagnóstico del estado de conservación: su aplicación a la pintura con soporte lapídeo de la Virgen de Analco, Puebla

María del Carmen Casas-Pérez
Damiano Sarocchi

Introducción

La práctica moderna de la conservación y la restauración de bienes culturales requiere un acercamiento científico y la aplicación de técnicas de intervención fundadas no en interpretaciones subjetivas, sino en datos cuantitativos que lleven, primeramente, a un diagnóstico objetivo y, después, al uso correcto de técnicas y materiales.

Existen técnicas complejas de análisis cuantitativos de las superficies pictóricas, como las reflectografías multiespectrales, los métodos radiográficos, o espectrográficos y de ultrasonidos, los sistemas de restitución 3D de los objetos, la ortorrectificación de las imágenes y su tratamiento mediante sistemas de información geográfica (Ray 1999; Lodeiro 2009; Appelbaum 2010; Ineba 2010), que, en su mayoría, debido al elevado costo de la instrumentación que requieren, no están al alcance de gran parte de los restauradores y especialistas en conservación. Sin embargo, los avances en la tecnología de las cámaras digitales y la difusión de programas de análisis de imágenes, más accesibles que las técnicas antes mencionadas, facilitan la realización de estudios cuantitativos.

Este trabajo presenta un método sencillo —basado en el uso de una cámara fotográfica digital, accesorios fotográficos comunes, un procedimiento estandarizado y un programa de análisis de imágenes— para sistematizar y cuantificar las observaciones sobre el deterioro, esto es, una herramienta para que el especialista en conservación determine de manera rigurosa el grado de alteración de la superficie pictórica, mida su extensión y ubique las áreas alteradas en mapas temáticos en falsos colores prácticos de consultar.

La pintura sobre piedra de la Virgen de Analco, Puebla

La obra estudiada (Figura 1), una Virgen pintada sobre una laja de piedra basáltica, está elaborada con una técnica pictórica muy poco conocida (Allen-

de-Carreras 2002; Casas-Pérez 2009; Casas-Pérez *et al.* 2010) y fue encontrada durante los trabajos de consolidación de la torre norte del templo del Santo Ángel Custodio en el barrio de Analco, Puebla, que resultó gravemente dañado por el violento temblor (6.8° en la escala Richter) del 15 de junio de 1999.

El templo, una construcción del siglo XVII (Allende-Carreras 2002), fue la primera parroquia indígena de la ciudad. Al momento de hallarla, la laja de piedra con la imagen, que mide 910 X 460 mm y tiene un grosor variable de 80-120 mm, estaba fracturada en dos piezas y enterrada en un contexto de ofrenda, en la parte alta del relleno de la torre (Allende-Carreras 2002). Con base en estudios previos (Casas-Pérez 2009; Casas-Pérez *et al.* 2010) se caracterizaron el soporte lapídeo, la preparación, la estratigrafía y la capa pictórica.

La base lapídea de la imagen es una lava basáltica (SiO_2 45-53% en peso) con elevado índice de porfiricidad (volumen de cristales >50%) y posee un estado de conservación óptimo. El estrato pictórico (Figura 2), cuyo espesor promedio es de 800 μm , está compuesto por un enjarre de arcilla directamente sobre el soporte lítico (~400 μm), un enlucido de cal fina con pocos agregados (~300 μm) y una capa pictórica con características que señalan una técnica al temple (~200 μm).

Con el objetivo de no aumentar las pérdidas de la pintura, la toma de muestras se limitó a fragmentos desprendidos en zonas perimetrales, cuyos análisis mostraron la presencia de aglutinantes orgánicos, arcilla y una notable cantidad de blanco de plomo, datos que llevaron a concluir que se trata de una peculiar pintura al temple sobre una base de arcilla y cal (Casas-Pérez *et al.* 2010).

Estado de conservación

Ya desde el momento del hallazgo (Figura 1) la imagen presentaba faltantes en la capa pictórica causados por abrasión o falta de cohesión del material. Debido a la situación de emergencia de su hallazgo, la pieza se puso en resguardo sin que recibiera un tratamiento de restauración inmediato. A esta condición hay que agregar que, antes del trabajo de Casas-Pérez *et al.* (2010), se desconocían la técnica y los materiales constitutivos de la pintura.

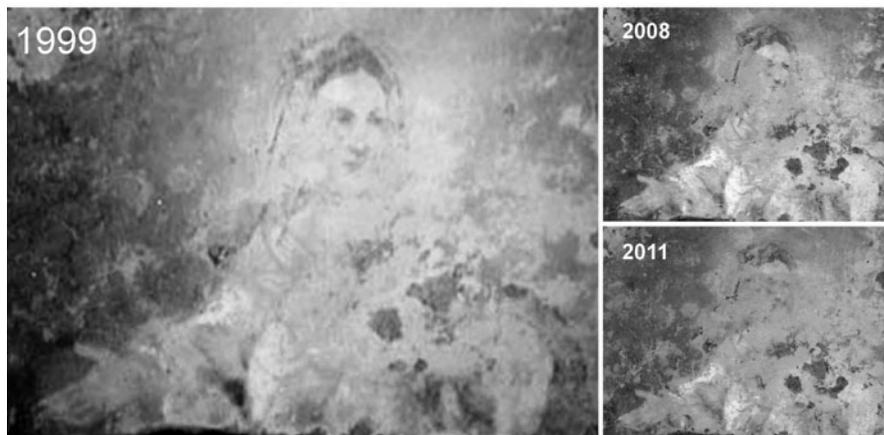


FIGURA 1. Fotografías de la Virgen de Analco. La de la izquierda se tomó poco después del hallazgo, en 1999 (Fuente: Allende-Carreras 2002); las de la derecha se remontan a 2008 y 2011. En la secuencia fotográfica se puede observar el deterioro progresivo de la obra (Fotografía Ma. Carmen Casas-Pérez y Damiano Sarocchi, 2008 y 2011).

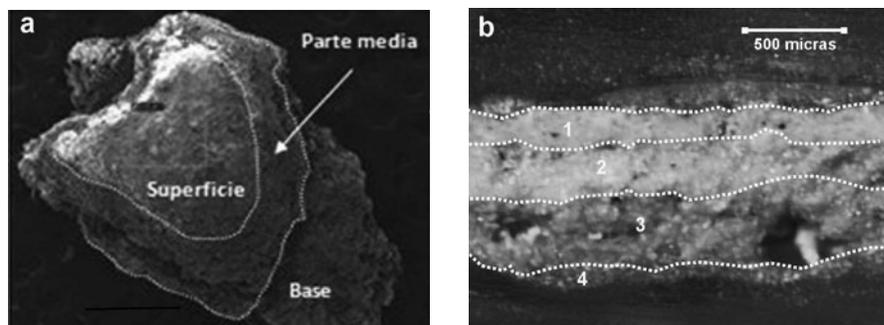


FIGURA 2. a) Imagen tomada con el microscopio electrónico de barrido. Se reconocen tres de las capas que constituyen la superficie pictórica (Fuente: Consorzio Interuniversitario per lo Sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase (CSGI), 2010). b) Sección lucida que muestra los diferentes estratos de la capa pictórica: color (1), enlucido de cal (2), enjarre de arcilla (3), fragmentos del soporte lapídeo (4) (Fotografía Ma. Carmen Casas-Pérez y Damiano Sarocchi, 2011).

Cabe mencionar que desde ese momento la pieza no ha sido sometida a ningún proceso de conservación y, al parecer, su degradación se ha acelerado.

Estudio cuantitativo del grado de alteración

La posibilidad de evaluar la profundidad de la degradación de la obra y su distribución superficial es muy importante, en tanto que permite cuantificar su grado de alteración (GA) y reconocer, entre otras características: las zonas de la pintura que han resultado más afectadas por la alteración, las diferencias en la exposición de la obra a los factores del intemperismo y la vulnerabilidad de cada pigmento. Un análisis cuantitativo de este tipo, realizado a distancia de algunos años (Figura 1), puede proporcionar información muy útil acerca del proceso de degradación y ayudar a evaluar la velocidad de alteración de la obra en ausencia de una intervención adecuada.

Como se ha mencionado, el método que propone este trabajo consiste en un estudio de la superficie pictórica mediante métodos fotográficos y de análisis de imágenes

que permite, a partir de datos cualitativos, realizar una síntesis semicuantitativa y estadística que ayuda a definir el GA de la obra en examen. Este resultado se obtuvo estableciendo una escala de GA relacionada con los diferentes niveles de degradación presentes, su intensidad, profundidad y extensión superficial.

Existen en la literatura estudios semicuantitativos similares pero con diferente enfoque, como aquellos desarrollados a partir de la década de 1990 para evaluar el grado de conservación de las fachadas de edificios históricos (Guidi *et al.* 1995; Ortiz *et al.* 2009; Ruiz *et al.* 2011). En los trabajos mencionados se realizó un levantamiento a simple vista del GA de los elementos arquitectónicos integrantes de las fachadas de los edificios, basándose en las indicaciones del NORMAL 1-88 (CNR-ICR 1990). La evaluación del GA, de tipo cualitativo, se fundó en una escala de tres niveles (escaso, medio y bueno) y los resultados llevaron a la construcción de mapas temáticos de GA de las fachadas (Guidi *et al.* 1995). Henriques y Gonçalves (2010), quienes realizaron un estudio semicuantitativo similar al que se presenta en este trabajo, hicieron uso de un sistema de información geográfica, imágenes ortofotográficas georreferenciadas y técnicas de análisis morfométrico, para segmentar las áreas de la pintura caracterizadas por diferentes colores y delimitar de forma manual áreas poligonales que presentan lagunas y retoques. El método que propusieron estos autores, haciendo uso de técnicas más complejas, si bien proporciona datos semicuantitativos acerca de las lagunas que es necesario reintegrar, su forma, el grado de fragmentación de la obra y el número de retoques, no distingue diferentes grados de alteración.

Por su parte, el método que aquí se propone —semicuantitativo, sencillo y accesible para la mayoría de los restauradores— tiene como finalidad discriminar entre diferentes GA de superficies pictóricas. Dado que al momento no existen en la literatura normativas aceptadas referentes a la indexación de los niveles de alteración de pinturas de este tipo, para este trabajo se establecieron criterios para su evaluación —que se tratarán más a detalle en el apartado de materiales y métodos— basados en la profundidad de la alteración y en la legibilidad de la obra. Las áreas individuadas a simple vista y caracterizadas cualitativamente se midieron usando técnicas de análisis de imágenes (AI), un conjunto de algoritmos que permiten la extracción cuantitativa de la información presente en las imágenes digitales (Melli 1991; Russ 1999; Ray 1999).

El empleo de AI en la conservación de las obras de arte tiene ya más de dos décadas y está en rápido incremento, en virtud tanto de la masificación de la fotografía digital como del crecimiento de la capacidad de cálculo, memoria de proceso y almacenamiento de las nuevas computadoras. En general, los resultados obtenidos por medio de esta técnica han sido hasta la fecha interesantes; sin embargo, en la mayoría de los casos, su uso se ha enfocado en el proceso de adquisición de la imagen y en el análisis estético de ésta (Bergmann 1996; Mansfield 2002; Attas *et al.* 2003; Granero Montagud *et al.* 2010; Giró 2010). Mucho menos común ha sido la aplicación del AI al estudio cuantitativo de características geométricas, texturales, tonales, colorimétricas o de propiedades más complejas, como el GA (Henriques y Gonçalves 2010; Zezza 2010; Rogerio-Candelera *et al.* 2011). Debido a la complejidad de las obras y a la diversidad de texturas de las capas expuestas, así como a los diferentes tipos de alteración, el reconocimiento automático de áreas con GA homogéneo suele ser muy difícil (Zezza 2010; Rogerio-Candelera *et al.* 2011) o, cuando menos, imposible de realizar de forma automática.

Por esta razón, en el presente trabajo un restaurador, con conocimientos de las diferentes alteraciones posibles en una obra como la analizada, delimitó manualmente (Figura 3b) las áreas con GA similares (que se definen de aquí en adelante como áreas homogéneas en grado de alteración: AHGA). Sucesivamente, estas regiones de la superficie pictórica se midieron cuantitativamente por medio de un programa de análisis de imágenes

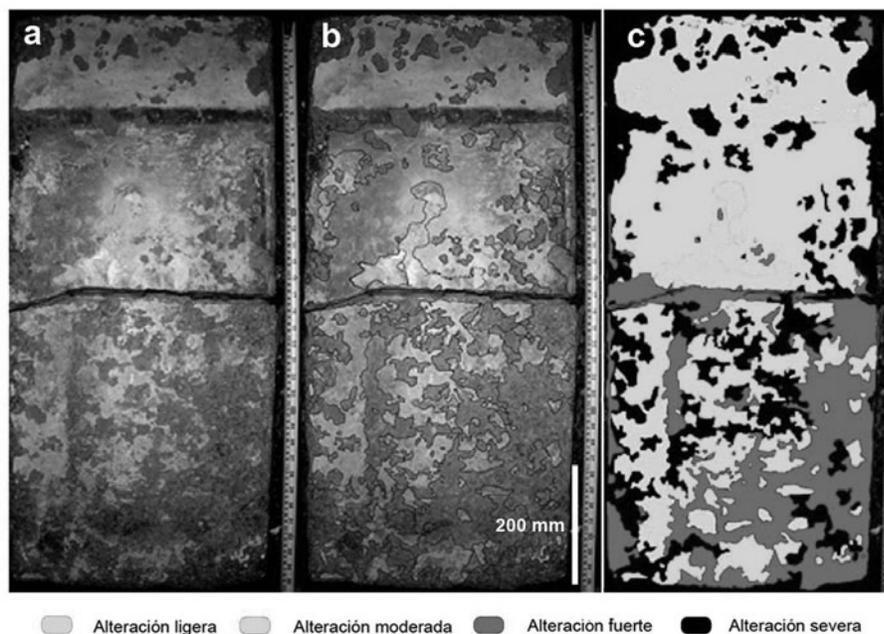


FIGURA 3. a) Imagen original de la obra completa tomada en 2008. b) Imagen con sobrepuestos de los polígonos de las áreas homogéneas en grado de alteración (AHGA). c) Mapa temático del grado de alteración de la imagen. Los gradientes representan diferentes grados de alteración (GA), a excepción del blanco, que indica el área no analizada debido a que no es parte de la superficie pictórica (Fotografía Ma. Carmen Casas-Pérez y Damiano Sarocchi, 2009).

según una metodología que se describirá en el siguiente apartado.

Materiales y métodos

La imagen utilizada para el estudio cuantitativo del GA (Figura 3a) se remonta al año 2008, nueve después de la primera fotografía tomada al momento del hallazgo. La toma se realizó con una cámara digital Sony Cybershot DSC-P200 de 7.2 Mpx de resolución, utilizando un formato de imagen JPEG, con la intención de realizar un estudio cuantitativo, razón por la cual la pintura se fotografió en su totalidad y con deformaciones mínimas de la perspectiva. Con el fin de tener una referencia dimensional, necesaria en la siguiente fase de análisis cuantitativo, junto a la imagen se fotografió un flexómetro ubicado a la misma altura de la superficie pictórica. Debido a la imposibilidad de utilizar un sistema de iluminación controlado: en ese momento no se contaba con las condiciones adecuadas para un estudio fotográfico especializado, la imagen resultó con una dominante azul debida a la luz fluorescente, única fuente de iluminación del espacio donde la pintura estaba en resguardo.

Tratamientos al color de las imágenes y corrección de la perspectiva

Antes de realizar el análisis cuantitativo, fue necesario efectuar una serie de ajustes del color y de paralaje por medio del programa Adobe Photoshop CS5 (Adobe Sys-

tem Inc.). Como la imagen de 1999 (Figura 1), dado que se tomó con luz diurna, resultó tener colores más balanceados se utilizó como referencia para la corrección de color. Los colores de la correspondiente a 2008 se uniformaron con aquellos de la de referencia (de 1999) por medio de la modificación de la curva de distribución de los niveles cromáticos en los tres canales RGB. Las modificaciones cromáticas y la rectificación de la perspectiva mejoraron la legibilidad de la obra y, así, facilitaron tanto el trabajo de reconocimiento visual por parte del restaurador como la obtención de datos cuantitativos más precisos sin alterar el resultado de las mediciones.

Análisis cuantitativo del grado de alteración

El estudio estadístico del GA se realizó dividiendo la obra en AHGA, siguiendo criterios similares a los ya presentes en la literatura (Guidi *et al.* 1995), aunque adaptados a las condiciones de la obra estudiada. Con el fin de cuantificar el GA de la obra, se estableció una escala basada esencialmente en la profundidad de las pérdidas de las diferentes capas de la pintura y en la legibilidad de ésta, subdividida en cinco niveles de alteración: 1) imperceptible, 2) ligera, 3) moderada, 4) fuerte y 5) grave (Figura 4).

Las AHGA se delimitaron (Figura 3b) mediante polígonos cerrados que un experto en conservación trazó por medio del programa CorelDRAW X3 (Corel Corporation). Esta fase es la más crítica desde el punto de vista de la reproducibilidad de las mediciones, dado que depende de la experiencia y pericia del operador. En un experimento

GA	DESCRIPCIÓN	GRADIENTE
Alteración imperceptible	Pigmento perfectamente conservado, lectura clara de la obra y buen contraste de color. En luz rasante la superficie tiene un aspecto liso y compacto.	
Alteración ligera	Conservación del pigmento aunque se pueden detectar pequeños faltantes, la obra es legible y los trazos bien definidos. El contraste de color es bueno. En luz rasante la superficie tiene aspecto liso.	
Alteración moderada	Conservación parcial del pigmento, los trazos son indefinidos y con bajo contraste de color. En luz rasante la superficie tiene un aspecto liso.	
Alteración fuerte	Pérdida total del pigmento y conservación de la preparación. En luz rasante se aprecia el fondo irregular.	
Alteración grave	Pérdida total del pigmento y de la preparación. Aflora el soporte lítico. En luz rasante se observa la caracterización de la piedra.	

FIGURA 4. Niveles del grado de alteración (GA) y sus descripciones.

realizado para evaluar la magnitud de la variación asociada a este tipo de mediciones semicuantitativas, tres diferentes operadores con conocimientos similares han delimitado las AHGA de una porción de la superficie de la obra y obtuvieron una variabilidad máxima de 10.3% entre las mediciones.

Para individuar las áreas con diferente GA se utilizaron fotografías con iluminación frontal y fotografías con luz rasante a la superficie pictórica (Figura 5). Sucesivamente, a cada polígono AHGA se asoció, con base en su GA, un gradiente (Figuras 3c y 6), información con la cual se generó un mapa temático de la imagen (Figura 3c) que

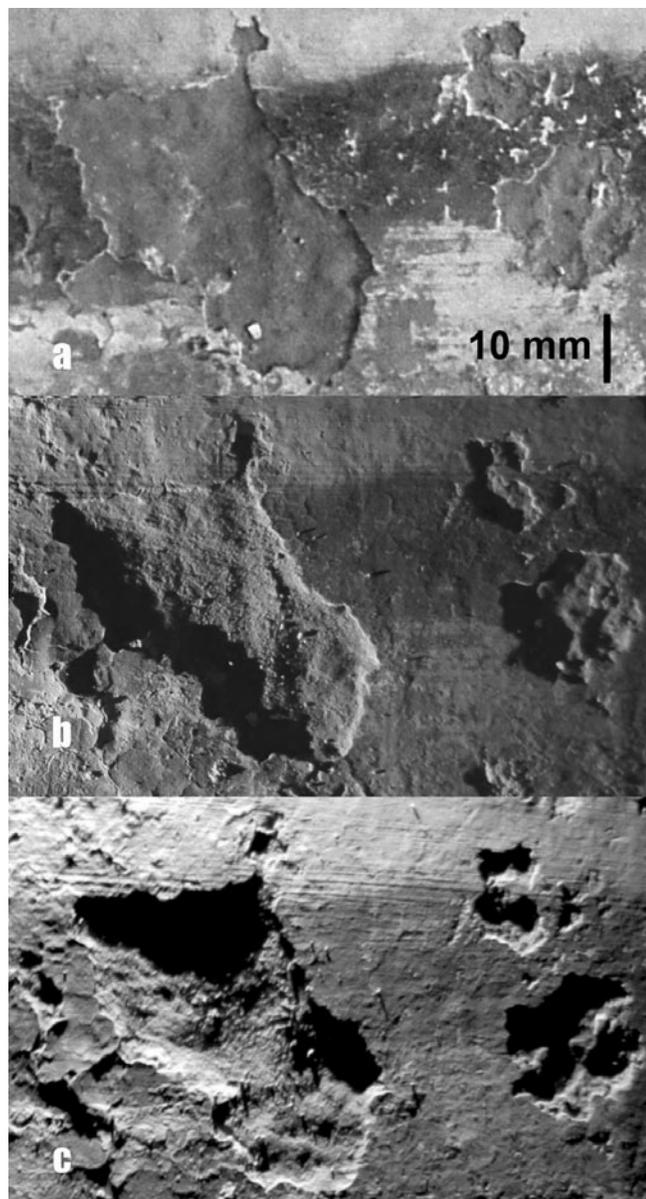


FIGURA 5. a) Fotografía con iluminación frontal de una zona con alteración. b) y c) Fotografías del mismo detalle en luz rasante en diferentes direcciones. Las imágenes evidencian que la alteración consiste principalmente en la falta de cohesión en fragmentos milimétricos de la superficie pictórica y pulverulencia de la preparación (Fotografía Ma. Carmen Casas-Pérez y Damiano Sarocchi, 2011).

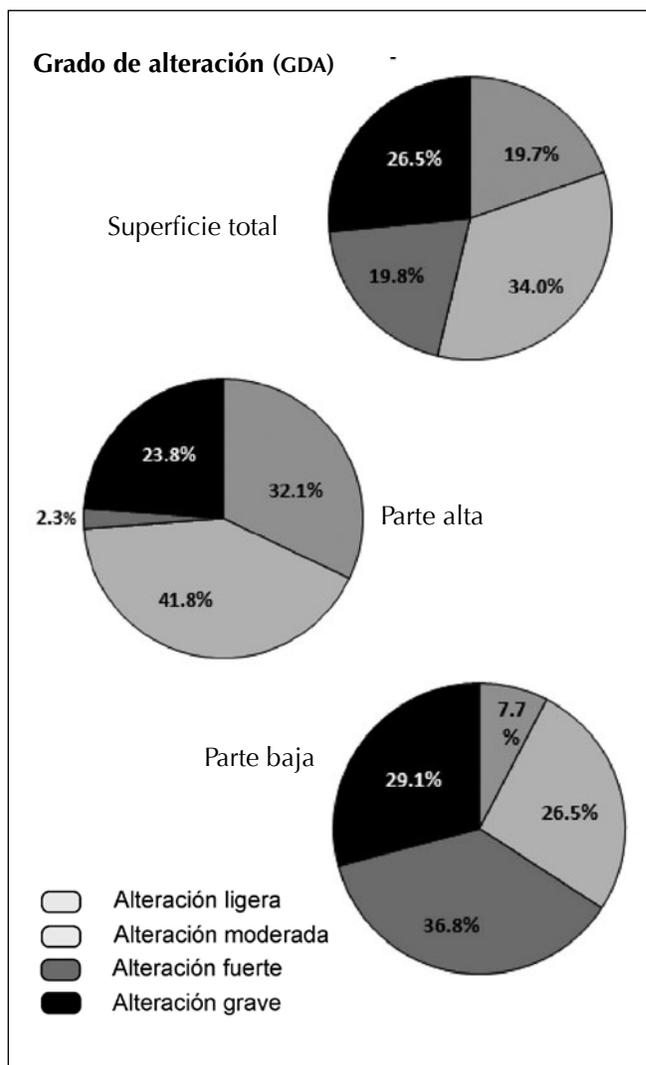


FIGURA 6. Gráficas que representan los resultados del análisis cuantitativo del grado de alteración (GA).

evidencia de forma inmediata la distribución de las alteraciones en la obra.

Dimensionando la imagen con la medida de referencia (Figura 3) y segmentándola mediante la utilización de los diferentes gradientes de las AHGA, se cuantificó en poco tiempo el porcentaje de la imagen correspondiente a cada GA con un error de medición despreciable y sin necesidad de tocar o mantener radiaciones intensas sobre la obra. El análisis de la imagen se realizó por medio del programa Image-Pro Plus (Media Cybernetics Inc.).

A pesar de que no fue posible aplicarlos en este trabajo, para futuros estudios se plantea utilizar una iluminación controlada por medio de diodos LED de alta intensidad y de longitud de onda conocida, así como medidas de control del color y calibración (por ejemplo, mediante tarjetas de referencia, como la Gretamacbeth X-Rite M3000) de la imagen fotográfica, como es costumbre en trabajos de documentación fotográfica y análisis de imágenes (Mirmehdi *et al.* 2001).

Resultados

Los resultados que se presentan en este párrafo se refieren a los estudios del GA de la imagen de la Virgen de Analco realizados utilizando la fotografía tomada en 2008, los cuales se enfocaron en la cuantificación de la extensión de los distintos GA de las diferentes partes de la obra. Se midieron las superficies total y de cada una de las dos partes que componen la obra, así como el área total cubierta por cada AHGA correspondiente a cada una de las cinco clases de GA. En la fotografía de 2008 analizada, ninguna AHGA corresponde al GA "imperceptible", y por esta razón no aparece en las leyendas del mapa temático (Figura 3c).

La laja de piedra basáltica (Figura 3a), con una superficie total de 365 657.1 mm², está dividida en dos partes prácticamente iguales debido a una fractura casi recta, paralela a los lados cortos de la imagen. La parte alta, donde está pintado el busto de la Virgen, tiene una superficie de 180 412.7 mm², y la baja, de 185 244.4 mm². En la Figura 6 se representan de forma sinóptica los porcentajes correspondientes a cada GA en referencia con la parte de la superficie pictórica donde se midieron.

Discusión de los resultados

La obra está caracterizada por un estado de degradación en general elevado, el cual consiste en una progresiva pérdida de la capa pictórica y de la preparación por desprendimiento de escamas del soporte y pulverización de los sustratos. La gravedad de estas pérdidas difiere de punto a punto. El estudio cuantitativo realizado permite reconocer que las dos partes de la obra presentan diferentes GA: la alta, que contiene el busto de la Virgen, resulta mejor conservada, con un GA de ligero a moderado sobre 73.9% de la superficie. Sin embargo, en 23.8% de ésta la alteración es tan fuerte que ya no existe capa pictórica ni preparación, y ha aflorado la base lapídea. En la parte baja de la imagen, la capa pictórica se encuentra solamente en 34.2% de la superficie, pero la preparación está expuesta y presente todavía en 36.8%. La superficie donde aflora la base lapídea es de 29.1%, ligeramente superior a la medida correspondiente a la parte alta de la imagen.

Se puede formular como hipótesis que el diferente estado de conservación de las dos partes tal vez se relacione con una exposición diferencial a los agentes de alteración, entre cuyas causas se excluye la exposición a la radiación solar en razón de que la torre donde se halló había sido cegada y, por lo tanto, la obra se conservó en la oscuridad total. Probablemente la parte alta se encontraba menos expuesta a los agentes de alteración respecto de la parte baja, como se infiere por su mejor estado de conservación. Observando la parte inferior de la pintura, el mapa temático del GA (Figura 3c) muestra que la imagen está caracterizada por tres dominios longitudinales. El lado izquierdo presenta un

área rectangular mejor conservada, donde prevalece una alteración de ligera a moderada. La zona central, más ancha, presenta un GA que varía de moderado a grave. Esta parte presenta un alto número de faltantes, que exponen la base lapídea. A la derecha se aprecia otra área rectangular con una alteración fuerte. Probablemente el lado izquierdo, como la parte alta de la obra, fue protegido por algún elemento, hoy desconocido, durante el tiempo que la pintura permaneció enterrada.

Conclusiones

El estudio realizado sobre la pintura de la Virgen de Analco ha demostrado la potencialidad del binomio constituido por el reconocimiento visual del GA por parte de un restaurador y la medición cuantitativa que se realiza por medio del análisis de imágenes. Conocer cuantitativamente la superficie degradada y estimar la gravedad del daño de las diferentes partes del bien cultural es de mucha utilidad para evaluar la dificultad de la intervención, considerar las probabilidades de rescate, y plantear las técnicas y los materiales de intervención.

A pesar de que existen numerosas técnicas analíticas no invasivas utilizables en el campo de la conservación, y que proporcionan datos cuantitativos o semicuantitativos, la mayoría quedan fuera del alcance de los trabajos de conservación usuales.

La simple aplicación de los criterios de evaluación establecidos en este trabajo para delimitar las AHGA, y la construcción de un mapa de la degradación que se basa en una escala de GA atribuidos por un experto de la conservación, representan por sí solas una herramienta muy útil que evidencia disparidades en las superficies y permite inferir sus posibles causas. Sin embargo, el análisis cuantitativo y estadístico de las AHGA por medio del análisis de imágenes aumenta notablemente las potencialidades del método, al traducir en forma numérica las características de la degradación y su extensión. Este método es sencillo y está al alcance de todos, dado que se puede realizar con una cámara fotográfica digital común, pocos accesorios fotográficos y un software de análisis de imágenes que hoy en día se puede descargar gratuitamente de internet (ImageJ 2012).

Los datos que proporciona esta técnica permiten dar seguimiento al estado de conservación del bien cultural: repitiendo el estudio después de un tiempo es posible medir la tasa de degradación y pronosticar las expectativas de conservación de la pintura.

En el caso de la Virgen de Analco se midió el GA y se evidenció cuantitativamente que la pieza superior de la laja basáltica (donde está representado el rostro de la Virgen) tiene mejor grado de conservación que la parte baja. En ésta se detectaron tres bandas longitudinales con un grado de alteración diferencial, debido a que algunas partes de la pintura se preservaron del contacto con agentes de alteración.

Desafortunadamente, la obra, que al momento del hallazgo se encontraba en un estado de conservación relativamente estable (Figura 1), no recibió las atenciones necesarias en oportunidad, por lo que hoy en día muestra un creciente y acelerado deterioro.

El método, en este caso desarrollado para estudiar una pintura muy peculiar, realizada con técnicas mixtas y de limitada difusión, es aplicable, con pocas modificaciones, a obras pictóricas realizadas con diferentes técnicas, y constituye una herramienta importante para su estudio y el seguimiento de su estado de conservación. Debido a los problemas detectados en este estudio recomendamos para futuras aplicaciones, además de dispositivos sencillos y económicos, el uso de un sistema de iluminación controlada y una tarjeta de control del color, con los que se podrán mejorar sensiblemente la calidad de la imagen que se quiere examinar y, consecuentemente, los datos obtenidos.

Agradecimientos

Queremos agradecer a todos los colegas que con sus estudios y aportaciones han permitido la realización de este trabajo. De manera especial, al arqueólogo Arnulfo Carrera-Allende, del Centro Regional INAH Puebla; al profesor Piero Baglioni, al doctor Rodorico Giorgi y a la doctora Lorenza Bernini, de la Università degli Studi di Firenze (UNIFI); a la doctora Lilia Arana-Salinas, del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); al maestro Mauricio Benjamín Jiménez, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). Reconocemos, asimismo, a tres revisores anónimos que con sus atentos comentarios y sugerencias han elevado sensiblemente el valor de este artículo. Nuestra gratitud va también a los laboratorios donde se realizaron los análisis: el Consorzio Interuniversitario per lo Sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase (CSGI), de Florencia, Italia, y el Laboratorio de Análisis de Imágenes y Modelado Analógico de la UASLP, México.

Referencias

Allende-Carreras, Arnulfo

2002 "Arqueología histórica en el templo de Analco, ciudad de Puebla", *3er Congreso Virtual de Antropología y Arqueología*, documento electrónico disponible en [http://www.naya.org.ar/congreso2002/ponencias/arnulfo_allende.htm], consultado en diciembre del 2011.

Appelbaum, Barbara

2010 *Conservation Treatment Methodology*, Ámsterdam, Butterworth-Heinemann.

Attas, Michael, Edward Cloutis, Catherin Collins, Douglas Goltz, Claudine Majzels, James R. Mansfield y Henry H. Mantsch

2003 "Near-infrared spectroscopic imaging in art conservation: Investigation of drawing constituents", *Journal of Cultural Heritage* 4(2): 127-136.

Bergmann, Lothar

1996 "Tratamiento de imágenes por ordenador: aplicaciones en la investigación del arte rupestre", *Computadora, Revista de Difusión Informática* 11: 46-65.

Casas-Pérez, María del Carmen

2009 "Propuesta de conservación integral de la imagen de la Virgen de la parroquia del Santo Ángel Custodio en la ciudad de Puebla", tesis de maestría en Arquitectura con especialidad en Conservación del Patrimonio Edificado, México, FA-BUAP.

Casas-Pérez, María del Carmen, Piero Baglioni, Rodorico Giorgi, Lilia Arana y Damiano Sarocchi

2010 "Use of spectroscopic, petrographic techniques and image analysis, for the determination of the used technique and conservation state of the Analco Virgin", *American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 2010 Annual Meeting*, Milwaukee, documento electrónico disponible en [http://www.conservation-us.org/_data/n_0001/resources/live/posters/perez.pdf], consultado en diciembre del 2011.

CNR-ICR

1990 *Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: Lessico. Normal1/88*, Roma, CNR.

Giró, Salvador

2010 "Sistemas digitales de adquisición de imágenes visibles, infrarrojos e hiperespectrales", en *La Ciencia y el Arte II*, Madrid, Ministerio de Cultura-Gobierno de España-Secretaría General Técnica-Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación.

Granero Montagud, Luis, Francisco Díaz Gómez, Rubén Domínguez y Yolanda Sanjuan

2010 "Tecnologías ópticas aplicadas al arte y a la documentación del patrimonio", en Jorge Manuel Lodeiro y Jorge Jiménez (coords.), *Documentación gráfica del patrimonio*, Madrid, Ministerio de Cultura-Gobierno de España-Secretaría General Técnica-Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación, 18-25.

Guidi, Elisa, Angela Rosati, Giovanni Salvini y Damiano Sarocchi

1995 "Metodologia di indagine e di rilevamento dello stato di conservazione di edifici situati nel centro storico di Firenze e loro schedatura", tesis de posgrado en la Scienza per la Conservazione dei Beni Culturali, Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali, Università degli Studi di Firenze/Florencia.

Henriques, Frederico y Alexandre Gonçalves

2010 "Analysis of lacunae and retouching areas in panel paintings using landscape metrics", *Digital Heritage, Lecture Notes in Computer Science*, SpringerLink, 6436: 99-109.

ImageJ

2012 *ImageJ*, página electrónica disponible en [rsbweb.nih.gov/ij/index.html].

Ineba, Pilar

1999 "Aplicación de los estudios físicos en el campo de la restauración", en Marian del Egido y David Juanes (coords.), *La Ciencia y el Arte II*, Madrid, Ministerio de Cultura-Gobierno de España-Secretaría General Técnica-Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación, 71-77.

Lodeiro, José Manuel

1999 "La documentación gráfica en el IPCE del Ministerio de Cultura", en Marian del Egado y David Juanes (coords.), *La Ciencia y el Arte II*, Madrid, Ministerio de Cultura-Gobierno de España-Secretaría General Técnica-Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación, 18-31.

Mansfield, James R.

2002 "Near infrared spectroscopic reflectance imaging: A new tool in art conservation", *Vibrational Spectroscopy* 28 (1): 59-66.

Melli, Pietro

1991 *L'elaborazione digitale delle immagini: Metodi, tecnologie e applicazioni*, Collana informatica domani in collaborazione con ibm Italia, Milán, Franco Angeli.

Ortiz, Pilar, Auxiliadora Vázquez M., Martín J. María, Rocío Ortiz, Soledad Abab M. y Ángeles Guerrero M.

2009 "Estado de alteración de la fachada principal de la iglesia de santa Catalina (Sevilla)", *MACIA, Revista de la Sociedad Española de Mineralogía* 11:139-140.

Ray, Sydney F.

1999 *Scientific Photography and Applied Imaging*, Oxford, Butterworth-Heinemann.

Rogero-Candelera, Miguel Ángel, Valme Jurado, L. Laiz y C. Saiz-Jimenez

2011 "Laboratory and in situ assays of digital image analysis bases protocols for biodeteriorated rock and paintings recording", *Journal Archeological Science* 38: 2571-2578.

Ruiz M., Luisa, Pilar Ortiz, Rocío Ortiz, José M. Martín, Auxiliadora Vázquez M., Auxiliadora Gómez

2011 "Estado de conservación de la fachada de la iglesia de santa Cruz (Sevilla)", *MACIA, Revista de la Sociedad Española de Mineralogía* 15: 185-186.

Russ, John C.

1999 *The Image Processing Handbook*, Raleigh, CRC Press-IEEE Press.

Zezza, Fulvio

2010 "Digital image processing in weathering damage analysis and recovery treatments monitoring", *Lecture Notes in Computer Science*, 6436: 71-84.

Resumen

Por mucho tiempo han sido los expertos quienes determinan el estado de conservación de una obra de arte de manera cualitativa, con resultados generalmente subjetivos. Un método rápido, práctico y semicuantitativo para efectuar este estudio utiliza el análisis de imágenes: éstas se subdividen en áreas caracterizadas por el mismo grado de alteración (GA), determinado por un restaurador en forma semi-manual, y analizadas automáticamente por un software.

Esta metodología ha sido aplicada a una obra pictórica poblana que representa a la Inmaculada Concepción, pintada sobre basalto con una técnica única en su género. Los resultados obtenidos ofrecen un marco semicuantitativo del estado de conservación de la obra y evidencian las zonas más afectadas por los procesos de intemperismo y envejecimiento. El método puede ser una herramienta útil para el estudio del grado de conservación de obras pictóricas sobre diferentes soportes.

Palabras clave

Inmaculada Concepción, grado de conservación, análisis de imágenes

Título en inglés: Image Analysis as a Diagnostic Tool for the Conservation State of Works of Art: its Application to a Painting on a Stone Base of the Virgen de Analco, Puebla.

Abstract

For a long time the conservation state of works of art has been made qualitatively by experts, in general resulting in subjective results. A fast, practical and semi-quantitative method to perform this study is to use image analysis, whereby the image is subdivided into areas characterized by the same degree of alteration, determined in a semi-manual way by a restorer and analyzed automatically by software.

This methodology has been applied to a painting from Puebla that represents the Immaculate Conception, painted on basalt and using a unique technique. The results provide a semi-quantitative framework of the conservation state of the work of art and show the areas most affected by weathering and aging processes. The method can be a useful tool for studying the degree of conservation of paintings on different support bases.

Keywords

Immaculate Conception, degree of conservation, image analysis

