



*Dr. José Luis
Rualcaba Sil*

**Mirando con otros ojos:
los murales a través de
sus materiales**

Introducción

En el estudio de los objetos del arte en México se ha incorporado cada vez más el análisis de los materiales que los componen como un elemento adicional para dialogar con la obra y comprender aspectos específicos sobre el uso de materias primas y técnicas para su realización, cambios en la obra, procesos de alteración, así como para sustentar las estrategias de conservación.¹

El alcance de los instrumentos y técnicas de análisis material para el estudio de una obra de arte es notable:² Comprende desde las técnicas que captan imágenes más allá del campo de visión humana, los pequeños equipos que desmenuzan la luz procedente de su superficie para inferir la composición química de manera directa y sin causar daño al objeto de estudio, hasta el análisis de micromuestras con poderosos microscopios ópticos y electrónicos, y cromatógrafos de una alta sensibilidad para captar sus componentes moleculares.

-
- 1 Van Grieken Rene, Janssens Koen eds., *Cultural Heritage Conservation and Environmental Impact Assessment by Non-destructive Testing and Microanalysis*, London: A.A. Balkema Publishers, 2005.
 - 2 Sgamelloti Antonio, Brunetti Brunetto, Miliani Costanza, *Science and Art: The Painted Surface*, Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2014.

Este tipo de aproximación se puede aplicar a los más variados objetos y obras de arte compuestos de diversos materiales:³ pintura, escultura, manuscritos, impresos, mobiliario, artefactos, textiles, etc. Si se propone adecuadamente la estrategia de estudio es posible contestar múltiples preguntas sobre la obra y obtener respuestas sorprendentes.

La pintura de caballete y mural son objetos especialmente atractivos por sus cualidades estéticas para su estudio material, no obstante las dificultades inherentes para su caracterización por la diversidad de materiales orgánicos e inorgánicos que las componen y su estructura de capas. Esto constituye un reto para los científicos sobre todo en lo que se refiere al análisis no destructivo, no invasivo e in situ.

Específicamente en cuanto a pintura mural, los murales egipcios⁴ y griegos de la antigüedad,⁵ así como los del medievo,⁶ los que se encuentran a lo largo de la ruta de la seda,⁷ e incluso los célebres murales del Vaticano de Miche-

3 Caple Chris, *Objects, Reluctant witnesses to the past*. New York: Routledge, 2006.

4 Middleton Andrew, Uprichard Ken, *The Nebamun Wall Paintings: Conservation, Scientific Analysis and Display at the British Museum*, Archetype Publications, Londres, 2007.

5 Kakoulli Ioanna, *Greek Painting Techniques and Materials: From the Fourth to the First Century BC*, Londres: Archetype Publications, 2009.

6 Howard Helen, *Pigments of English Medieval Wall Painting*, London: Archetype Publications, 2007.

7 Yamauchi Kazuya, Taniguchi Yoko, Uno Tomoko (eds). *Mural Paintings of the Silk Road: Cultural Exchanges between East and West*, Londres: Archetype Publications, 2007.

langelo Buonarroti⁸ y de otros artistas del Renacimiento – por citar algunos casos; han sido estudiados exitosamente mediante técnicas de imagenología, análisis in situ y otras técnicas como las que se han descrito previamente.

En el caso de México existen como antecedente los estudios analíticos de murales prehispánicos⁹ del área Maya, Teotihuacán, Oaxaca y Cacaxtla; la mayoría de ellos se realizaron a partir del análisis de pequeños fragmentos con técnicas de microanálisis.

Los estudios precursores basados en la combinación de métodos no invasivos mediante técnicas de imagen y espectroscopias se han llevado a cabo sobre todo en fragmentos de pintura mural prehispánica Teotihuacana y Maya,¹⁰ y de forma no invasiva sobre murales novohispanos de conventos Hidalgo¹¹ para estudiar la paleta y las técnicas pictóricas empleadas en su realización.

8 Buranelli Francesco, *The Last Judgement. The Restoration, The Vatican Museums*, Vol. 1, New York: Rizzoli International, New York, 1999.

9 http://www.pinturamural.esteticas.unam.mx/acerca_proyecto

10 Alonso Alejandra, Pérez Nora Ariadna, Ruvalcaba Sil José Luis, Casanova Edgar, Claes Pieterjan, Aguilar Melo Valentina, Cañetas Jaqueline, *Comparative Spectroscopic Analysis of Maya Wall Paintings from Ek'Balam, Mexico*, “Materials Research Society Symposium Proceedings” Vol. 1618, 2014, pág. 63-72

11 Ruvalcaba Sil José Luis, Wong Rueda Malinalli, García Bucio María Angélica, Casanova González Edgar, Manrique Ortega Mayra Dafne, Aguilar Melo Valentina, Claes Pieterjan, Aguilar Téllez Dulce María, *Study of Mexican Colonial Mural Paintings: An In situ Non-Invasive Approach*, “Materials Research Society Symposium Proceedings” Vol. 1656, 2015. DOI10.1557/opl.2015.1

En particular las obras del muralismo en México, son susceptibles de ser estudiados de esta manera para descubrir que pigmentos se emplearon, los materiales que componen el enlucido y su soporte, y revelar detalles sobre sinopias, estarcidos, arrepentimientos y repintes, y otros secretos ocultos a los ojos del público no especializado en la historia del arte y sus técnicas.

De esta forma, se puede ver a través de estos instrumentos y métodos, mirando con otros ojos, para desentrañar a las obras de arte y observar la influencia de los materiales en su realización y revelar sus secretos.

Mirando murales

En el caso de obras del muralismo mexicano, existen pocos estudios técnicos de este tipo de obras, la mayoría de éstos están vinculados a procesos de conservación y restauración a cargo de instituciones nacionales.

No obstante, recientemente se han iniciado investigaciones desde la historia del arte, considerando el punto de vista del estudio técnico del arte para la interpretación integral de la obra considerando de manera ponderada sus aspectos materiales y las técnicas pictóricas, así como su deterioro y procesos de restauración, que a lo largo de la vida de la obra la van paulatinamente transformando. Este es el caso de los estudios realizados en obras murales de Juan O’Gorman (*Entre la Filosofía y la Ciencia*, 1948), y Pablo O’Hig-

gins (*Luchas del pueblo Tarasco ó Apogeo de Tzintzuntzan*, 1964; y *Boda purépecha*, 1964), en los cuales ha colaborado nuestro grupo de investigación.

Esta forma de mirar, implica algunas dificultades, pues de inicio se trata de un trabajo interdisciplinario que requiere la contribución de historiadores de arte, conservadores y artistas, pero además de científicos, como físicos y químicos, y el soporte de las ingenierías y otras áreas. Crear una estrategia de colaboración sistemática y un lenguaje común son los principales retos para realizar este tipo de investigaciones.

Afortunadamente en México ya hay experiencias exitosas resultado de investigaciones realizadas en la última década que permiten fundamentar el estudio de la pintura del muralismo, y afrontar algunas de las dificultades técnicas y de logística que hay que abordar para su estudio. Tal es el caso de las dimensiones de las obras, casi siempre en gran formato, ubicadas en espacios públicos y en zonas de difícil acceso; expuestas a condiciones ambientales externas que frecuentemente producen alteraciones en su aspecto y composición original.

De los métodos...

En el Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC),¹²

12 Zetina Sandra, Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC), México, “Intervención” 12, 2015, pág. 77-84.

se han integrado diversos grupos temáticos de investigación de la Universidad Nacional Autónoma de México, del Instituto de Investigaciones Nucleares, y de la Universidad Autónoma de Campeche; expertos en el estudio in situ con técnicas de imagenología bajo diversas iluminaciones, en la caracterización mediante equipos portátiles que permiten determinar con métodos espectroscópicos la composición química de los materiales sin tomar muestras; en el estudio con potentes microscopios ópticos y electrónicos, en métodos químicos para materiales orgánicos, así como en los efectos ambientales en los materiales.

Específicamente, una aproximación no destructiva y no invasiva al mural permite establecer la composición de la paleta y de los materiales que componen la obra. Como se mencionó antes, las pinturas son obras complejas, quizás los objetos más complejos y heterogéneos del patrimonio cultural al estar compuestas de capas pictóricas de pigmentos orgánicos e inorgánicos, aglutinantes y cargas de diversa naturaleza. Por ello para comprender cabalmente la técnica pictórica se necesita, tras el estudio prospectivo con las técnicas de imagen y los análisis no invasivos; de la toma de micro-muestras que requieren ser preparadas para observar en detalle su estructura de capas y los componentes del soporte mediante su examen en microscopios ópticos y electrónicos.

En función de las cuestiones propuestas y la posibilidad de un análisis destructivo, la muestra puede ser preparada y di-

suelta para detectar en cromatógrafos de diversa naturaleza, las moléculas orgánicas que los componen.

La elección de las regiones donde tomar las muestras es crucial y se basa en los estudios no destructivos mediante imagen y técnicas espectroscópicas. De esta manera es factible tomar un número mínimo de muestras, representativas de la obra original, con un mínimo daño a la obra.

En particular el grupo de investigación del LANCIC en su sede del Instituto de Física de la UNAM (LANCIC-IF) se ha especializado en la caracterización no destructiva in situ del patrimonio cultural mexicano. Para realizar esta labor se emplean espectrómetros y dispositivos únicos en el país que permiten determinar la composición de los pigmentos y el soporte de la pintura mural a través del uso de rayos X, luz ultravioleta e infrarroja y luz visible. Se obtienen imágenes y gráficos (llamados espectros) que funcionan como huellas digitales que revelan rasgos característicos para establecer la identidad de los materiales que componen la obra, y permiten inferir algunos aspectos de su técnica pictórica. Nuestro grupo de investigación es pionero en el desarrollo de estos métodos y en su aplicación a los más diversos materiales y objetos del patrimonio cultural (pintura, lítica, artefactos metálicos, manuscritos, textiles) correspondientes a temporalidades que abarcan desde la prehistoria hasta el arte moderno y contemporáneo.

La interpretación de los resultados analíticos de la pintura mural con los espectrómetros, se realiza a partir de estudios comparativos con pigmentos y componentes puros, y preparaciones y réplicas realizados siguiendo recetas y técnicas pictóricas de época. En algunos casos es necesario envejecer estos materiales y ensayos para poder observar las mismas respuestas que en los objetos históricos y poder realizar la identificación y comprender de una manera más cabal el deterioro de los materiales.

Por otra parte, las investigaciones históricas y de archivo son fundamentales para la interpretación de las observaciones realizadas sobre materiales de la obra, y para entender los procesos plásticos que están plasmados en la obra.

Una primera mirada

Como uno de los primeros trabajos integrales de una obra del muralismo, se propuso la investigación de la obra, *Sueño de una tarde dominical en la Alameda Central*, es mural realizado por Diego Rivera en el periodo de 1947 a 1949, la cual se encuentra resguardada en el Museo Mural Diego Rivera. La obra mide 15.6 m de largo por 4.7 m de altura. Fue la última obra realizada por Diego Rivera. Esta investigación fue propuesta por la Dra. Mercedes Sierra Kehoe del área de Diseño y Comunicación Visual de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC) dentro del marco del proyec-

to Reflexiones sobre el Muralismo en el siglo XXI, dentro del proyecto PAPITT IN404018 como una colaboración con el LANCIC-IF, para determinar los materiales empleados y corroborar la técnica utilizada para pintar el mural.¹³

La propuesta de estudio se enfocó al uso de métodos no destructivos y no invasivos. Por la envergadura de la obra y el uso de diversas condiciones de iluminación se requirió el trabajo en el museo durante los lunes, cuando está cerrado el acceso al público. Se realizaron doce sesiones de trabajo en total en el museo y se aplicaron nueve diferentes técnicas. Si bien, dentro de nuestro grupo de investigación ya se había abordado el estudio de pinturas en objetos de grandes dimensiones, como lo es el retablo del ex convento de San Miguel Arcángel en Huexotzingo, Puebla, o la pintura mural de tres conventos novohispanos agustinos en Hidalgo; esta era la primera ocasión que el LANCIC-IF se enfrentaba a un reto como este: una sola obra de esta magnitud y enormes dimensiones, con prácticamente ninguna información material previa.

Aunque resulte sorprendente, a pesar de la relevancia y la contribución de Diego Rivera al arte mexicano, hasta ese momento no existían estudios de esta naturaleza en la obra del maestro.

13 Rivera Diego, Sobre la encáustica y el fresco, México: El Colegio Nacional, 1993.

Para llevar a cabo esa investigación, en primer lugar se realizó una observación minuciosa de la superficie de la obra. Los ojos son instrumentos únicos para este fin. Esto reveló algunos secretos de la pintura y su realización. Esta observación se complementó con microscopios portátiles USB para el registro de algunos de los hallazgos.

A continuación se llevó a cabo un registro de imagen (*Figura 1*) con cámara digital y luz visible con iluminación con luz halógena generando un mosaico de fotografías que se integró posteriormente. Este registro se completó con un registro bajo iluminación de luz ultravioleta de 365 nm y con una cámara de alta resolución con tres filtros para captar la imagen infrarroja en el intervalo de 720 a 1000 nm. Los mosaicos, generados a lo largo de varias jornadas de trabajo, se integraron en una laboriosa faena de los especialistas de imagen del LANCIC-IF.



1. Anterior y derecha

El registro
fotográfico del mural
*Sueño de una
tarde dominical en la
Alameda Central*
con diversas técnicas
de imagen del
LANCIC-IF



Estos registros (*Figura 2*) son apropiados para destacar las áreas deterioradas y restauradas, pero al mismo tiempo permiten visualizar la fluorescencia inducida por la luz ultravioleta que es característica de los pigmentos y materiales empleados en el mural. Asimismo, la integración de la respuesta a la luz visible y la luz infrarroja permite generar colores falsos en las imágenes infrarrojas que contribuyen a la identificación de los pigmentos, pues el color falso de los pigmentos es también característico de éstos. Esta aproximación a partir de las imágenes permite distinguir cuales colores y pigmentos son similares desde el punto de vista material en toda la obra, así como su uso específico (mezclas y superposición) para su realización.





2. Arriba y página anterior

*Sueño de una tarde dominical
en la Alameda Central,*
Diego Rivera, 1947-1949.

Detalle de imágenes con iluminación de
luz visible, luz ultravioleta (365nm)
y luz infrarroja (720-1000 nm)

Este registro permitió establecer una estrategia del uso de los colores en la obra; pero también explorar, gracias al gran detalle de las imágenes obtenidas, los límites de las tareas (giornate) de realización del mural, pintado al fresco. Esto se corroboró con una inspección *in situ*, lo que permitió completar el registro de tareas de la obra, el cual se hallaba inconcluso.

Por otra parte, como técnicas adicionales para el estudio de esta obra se empleó un equipo de radiografía digital para conocer la estructura interna de soporte del mural. Asimismo, se probó un equipo de imagen hiperespectral sensible a la luz infrarroja (1000-1650 nm) para explorar las capas de color y observar las sinopias, algunas de ellas evidentes en las fotografías de archivo de la obra.

También se probó en regiones seleccionadas una cámara 3D de alta resolución con color real para obtener la morfología de la superficie; esto permitió aplicar esta nueva metodología y determinar sus alcances para delimitar las regiones del mural reparadas y repintas por Diego Rivera luego de la agresión que sufrió la obra en 1948.

En una segunda etapa, para la identificación de los pigmentos se emplearon diversos espectrómetros: Éstos se aproximan a la superficie del mural y a la distancia apropiada – usualmente sin contacto con la superficie (*Figura 3*). Estas técnicas fueron aplicadas de forma sistemática en la superficie del mural empleando andamios para acceder a las partes más altas del mural.

En particular, la técnica de fluorescencia de rayos X (XRF) permite captar las señales de los elementos químicos presentes en cada color, a partir de lo cual se infiere la identidad de los pigmentos. La presencia de hierro es indicativa de pigmentos de tierras, mientras que el cromo está vinculado



3. Arriba y a la izquierda

El estudio material in situ mediante técnicas espectroscópicas con equipos portátiles del LANCIC-IF

a pigmentos verdes, y el cadmio a pigmentos amarillos, por ejemplo. Por lo anterior es también posible determinar las mezclas de pigmentos y su proporción en los colores.

Otras espectroscopias, como la de reflectancia (FORS), la infrarroja (FTIR) o la Raman, son adecuadas para obtener señales moleculares de los materiales; los espectros característicos – esas huellas digitales que ya mencionamos, ayudan a determinar la identidad química de los compuestos químicos y materiales usados en el enlucido del mural y en los colores.

Un atisbo al acervo de pigmentos de Diego Rivera

La investigación de los materiales y pigmentos de Diego Rivera también se abordó desde el acervo de la Casa Estudio Diego Rivera, ya que fue posible acceder a prácticamente todos éstos y a los instrumentos que dejó en este sitio el maestro, y que muy probablemente empleó en la realización de su último mural, y de otras obras.

La investigación en este acervo material dio lugar al hallazgo de un número importante de pigmentos y materiales, así como objetos vinculados a la creación de las obras, con un primer catálogo de 294 colores y 16 objetos. Se prepararon contenedores pequeños con muestras de cada color para su análisis y almacenamiento, lo que permitirá minimizar el manejo del acervo a futuro. Existe un notable predominio de tierras y colores rojizos en los materiales dejados por el pintor.



4. El muestreo de los pigmentos de Diego Rivera del acervo de la Casa Estudio Diego Rivera, INBA.

Estos numerosos pigmentos están siendo caracterizados cuidadosamente siguiendo una metodología similar que la pintura mural con el fin de lograr la identificación de los pigmentos usados en este último mural de Diego Rivera.¹⁴

La conclusión de esta etapa de investigación que se realiza en paralelo al estudio técnico del mural, es por demás interesante pues probablemente permitirá vincular en el futuro incluso el uso de estos materiales con otras obras del autor.

Perspectivas

El estudio técnico de la obra y el procesamiento de las imágenes, y de los resultados detallados del mural está en proceso. No obstante, se han obtenido algunos primeros resultados novedosos, originales e inusitados. Si bien se han adelantado algunos de ellos en los medios, éstos se discutirán en detalle en un trabajo futuro, con el fin de englobar el conjunto de los métodos empleados y el alcance de este tipo de aproximación al muralismo desde los materiales y las técnicas de análisis no destructivas.

Es conveniente señalar que además se prepara un video documental de la investigación realizada: Durante el proceso de la investigación se efectuaron registros del trabajo del

14 Torres Flores Andrea Paola, Caracterización espectroscópica no destructiva de la paleta de Diego Rivera, Tesis de Licenciatura en Química, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2017.

grupo de investigación en sus diferentes etapas, con los diferentes equipos y procesos de análisis.

Este proyecto es un ejemplo de la investigación interdisciplinaria de este tipo de objetos, inconmensurable a primera vista, pero factible de ser realizada gracias a un trabajo sistemático de equipo, y con metodologías de punta innovadoras que permiten desentrañar los secretos de las obras.

Agradecimientos

Los autores agradecemos el invaluable apoyo y las facilidades de las autoridades y personal del Museo Mural Diego Rivera, del Museo Casa Estudio Diego Rivera y Frida Kahlo, y del Centro Nacional Conservación y Registro del Patrimonio Artístico Mueble (CENCROPAM) del Instituto Nacional de Bellas Artes, sin el cual esta investigación no habría sido posible.

Esta investigación ha sido realizada por todo el grupo del Instituto de Física de la UNAM – Edgar Casanova, Isaac Rangel, Angélica López, Andrea Torres, Griselda Pérez Ireta, Ma. Angélica García Bucio, Mayra Manrique, Nitziné Ocampo, Miguel Ángel Maynez, Alejandro Mitrani y Valentina Aguilar Melo – del Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC) con apoyo de los proyectos CONACYT LN 279740, LN293904 y CB239609, así como con apoyo parcial del proyecto PAPIIT UNAM IN112018.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO Alejandra, Pérez Nora Ariadna, Ruvalcaba Sil José Luis, Casanova Edgar, Claes Pieterjan, Aguilar Melo Valentina, Cañetas Jaqueline, Comparative Spectroscopic Analysis of Maya Wall Paintings from Ek'Balam, Mexico, "Materials Research Society Symposium Proceedings" Vol. 1618, 2014, pág. 63-72.

BURANELLI Francesco, The Last Judgement. The Restoration. The Vatican Museums, Vol. 1, New York: Rizzoli International, New York, 1999.

CAPLE Chris, Objects, Reluctant witnesses to the past. New York: Routledge, 2006.

HOWARD Helen, Pigments of English Medieval Wall Painting, London: Archetype Publications, 2007.

KAKOULLI Ioanna, Greek Painting Techniques and Materials: From the Fourth to the First Century BC, Londres: Archetype Publications, 2009.

MIDDLETON Andrew, Uprichard Ken, The Nebamun Wall Paintings: Conservation, Scientific Analysis and Display at the British Museum, Archetype Publications, Londres, 2007.

RIVERA Diego, Sobre la encáustica y el fresco, México: El Colegio Nacional, 1993.

RUVALCABA Sil José Luis, Wong Rueda Malinalli, García Bucio María Angélica, Casanova González Edgar, Manrique Ortega Mayra Dafne, Aguilar Melo Valentina, Claes Pieterjan, Aguilar Téllez Dulce María, Study of Mexican Colonial Mural Paintings: An In situ Non-Invasive Approach, "Materials Research Society Symposium Proceedings" Vol. 1656, 2015. DOI10.1557/opl.2015.1

SGAMELLOTI Antonio, Brunetti Brunetto, Miliani Costanza, Science and Art: The Painted Surface, Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2014.

TORRES Flores Andrea Paola, Caracterización espectroscópica no destructiva de la paleta de Diego Rivera, Tesis de Licenciatura en Química, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2017.

VAN Grieken Rene, Janssens Koen eds., Cultural Heritage Conservation and Environmental Impact Assessment by Non-destructive Testing and Microanalysis, London: A.A. Balkema Publishers, 2005.

YAMAUCHI Kazuya, Taniguchi Yoko, Uno Tomoko (eds). Mural Paintings of the Silk Road: Cultural Exchanges between East and West, Londres: Archetype Publications, 2007.

ZETINA Sandra, Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC), México, “Intervención” 12, 2015, pág. 77-84.

JOSÉ LUIS RUVALCABA SIL

Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC). Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México.

Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, Ciudad de México CP 04510, México.

Tel: (55) 56225000 ext 2701 al 2704.

e-mail: sil@fisica.unam.mx