

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

The National Science Laboratory for Research and Conservation of Cultural Heritage (LANCIC), Mexico

LANCIC

Laboratorio Nacional Interinstitucional y Multisede, México
sil@fisica.unam.mx

Resumen

El Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, México), se creó recientemente como producto de una iniciativa interdisciplinaria e interinstitucional para el estudio de los materiales y técnicas que constituyen nuestro legado patrimonial, el análisis de sus alteraciones, la evaluación y síntesis de nuevos productos para intervenciones de conservación-restauración, el diseño de metodologías científicas y, derivado de lo anterior, la elaboración de propuestas para la resolución de complejas problemáticas de conservación-restauración en el ámbito nacional. LANCIC es un laboratorio “sin paredes” y multisede que cuenta con expertos y equipamientos de frontera en análisis microquímico, estudio microscópico, y caracterización por tecnologías de imagen y espectroscopía de los institutos de Investigaciones Estéticas (IIE), de Física (IF) y de Química (IQ), todos de la UNAM, en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ, México); integra, asimismo, investigadores de otros dos institutos: el de Antropología e Historia (INAH, México) y el Tecnológico de Tijuana (TEC-Tijuana, México), a la par que se vincula con los posgrados de historia del arte de la UNAM y el Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche (CIC-UAC, México). Esta SEMBLANZA es una introducción a los antecedentes, objetivos y perspectivas del LANCIC.

Palabras clave

LANCIC; conservación-restauración; investigación; patrimonio cultural; UNAM; ININ; México

Abstract

The recently established Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC, National Science Laboratory for Research and Conservation of Cultural Heritage), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, National Autonomous

University of Mexico, Mexico), is the product of an interdisciplinary and inter-institutional initiative. The laboratory is meant for the following purposes: research of materials and techniques belonging to our cultural heritage, analysis of changes in heritage, evaluation and synthesis of new products for conservation-restoration work and design of research methods. Accordingly, the institution provides proposals to resolve complex conservation and restoration issues on an international level. LANCIC is a laboratory without walls located in multiple places with front-line scholars using front-line equipment in the fields of micro-chemical analysis, microscopic study and feature analysis through imaging technology and spectroscopy. The experts belong to the Instituto de Investigaciones Estéticas (IIE, the Research Institute of Aesthetics), Instituto de Física (IF, the Physics Institute) and Instituto de Química (IQ, the Chemistry Institute), all from UNAM, and they collaborate with the Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ, the National

Institute for Nuclear Research, Mexico), the Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH, National Institute of Anthropology and History, México) and Instituto de Tecnología de Tijuana (TEC-Tijuana, Tijuana Institute of Technology, Mexico). The laboratory is also linked with the art history postgraduate programmes of both UNAM and of the Centro de Investigación sobre la Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche (CIC-UAC, Centre for Corrosion Research of the Autonomous University of Campeche, Mexico). This OVERVIEW presents the background, objectives and perspectives of LANCIC.

Key words

LANCIC; conservation-restoration; research; cultural heritage; UNAM; ININ; Mexico

Introducción

Lo patrimonio cultural mexicano, disperso en un extenso ámbito geográfico, es extremadamente vasto y diverso. Su preservación involucra la toma de decisiones en diversos ámbitos, que van desde lo político, social, económico, histórico, antropológico, hasta lo científico. En este último rubro, la generación del conocimiento relativo a la conservación-restauración de nuestro legado patrimonial presenta deficiencias que apremia superar: primeramente, la ampliación de proyectos de investigación enfocados en su análisis material y tecnológico; enseguida, la profundización en su diagnóstico, y después, el desarrollo de soluciones cabalmente informadas y específicas para nuestra realidad nacional. Una vez alcanzados estos retos será posible no sólo conocer la factura de los bienes culturales que conforman la herencia cultural de México, sino además clarificar las causas de su alteración, comprender los factores que los ponen en riesgo y evaluar las intervenciones antes realizadas, saberes imprescindibles para elaboración de propuestas adecuadas, de amplia cobertura e impactos a corto, mediano y largo plazos.

Sin embargo, el estado de la cuestión respecto de estos temas presenta, no obstante los avances

hasta ahora logrados, serias limitaciones. Baste un apunte general: además de que desconocemos muchas de las características materiales propias del arte mexicano, no se han definido con precisión ni su naturaleza constitutiva ni las técnicas de factura, como tampoco el uso de materias primas locales de muchos objetos prehispánicos, coloniales y modernos. Por ejemplo, aún nos falta: descifrar los detalles de la tecnología artística para la fabricación de un códice mexicano, las plantas específicas usadas para la fabricación de los tintes y colorantes empleados en sus grafías y el tipo de aglutinantes con los que se elaboraron las pinturas; determinar la naturaleza de los barnices y las lacas que recubren el mobiliario, los instrumentos musicales y las capas pictóricas de la producción artística virreinal; caracterizar los materiales orgánicos que aglutinan el color en la pintura mural desde la época prehispánica hasta el siglo XX. Existen, pues, interrogantes sobre el uso puntual de materiales locales e importados en los circuitos comerciales de todas las épocas históricas. En síntesis, apenas comienza a definirse la lista de las características físicas y químicas del arte mexicano.

Además, la investigación en torno a los procesos de alteración de una multitud de bienes culturales está en

ciernes, lo cual se debe no sólo a la gran diversidad material de éstos sino también a los contextos a los que se han expuesto desde su producción. No hemos logrado un avance significativo en la evaluación, la síntesis y desarrollo de procedimientos —que incluyan las sustancias y técnicas— para la intervención de una gran variedad de problemáticas de conservación-restauración en el ámbito patrimonial de nuestro país.

Muchas de estas áreas de estudio, centrales para el conocimiento y la preservación del legado cultural mexicano, plantean como requerimiento primario articular una investigación interdisciplinaria entre científicos, conservadores, antropólogos e historiadores, entre otros profesionales, ya sea para resolver casos concretos o bien para establecer metodologías y estrategias generales para su aplicación regional o nacional.

Fue precisamente este escenario de necesidades y oportunidades lo que impulsó la reciente creación del Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, surgido de la convergencia de especialistas que se desempeñan en disciplinas científicas y humanísticas y los profesionales encargados de la interven-

ción del patrimonio.¹ Como tal, este laboratorio sin paredes, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt, México), reúne recursos humanos e instrumentales de frontera para el análisis de micromuestras, el estudio microscópico y la caracterización de materiales mediante innovadoras técnicas de imagen y espectroscópicas, así como para el desarrollo de nuevos tratamientos capaces de resolver las complejas problemáticas de estudio y preservación que plantean los bienes culturales en contextos mexicanos.

Objetivos

Los objetivos generales del LANCIC son:

- Crear una plataforma de investigación interinstitucional multise-

¹ En esta iniciativa participan, del Instituto de Investigaciones Estéticas, Universidad Nacional Autónoma de México (IIE-UNAM, México): Clara Bargellini Cioni, Renato González Melillo, Pablo Francisco Amador Marrero, Sandra Zetina Ocaña, Elsa Minerva Arroyo Lemus, Eumelia Hernández Vázquez, Tatiana Falcón Álvarez; del Instituto de Física (IF-UNAM): José Luis Ruvalcaba Sil (coordinador académico del laboratorio), Jesús Ángel Arenas Alatorre, Lauro Bucio Galindo, Karim López Guzmán, Jacqueline Rafaela Dolores Cañetas Ortega, Juan Gabriel Morales Morales, Francisco Javier Jaimes Beristáin; del Instituto de Química (IQ-UNAM): Alfonso Romo de Vivar Romo, Gabriel Eduardo Cuevas González Bravo, Ricardo Reyes Chilpa, Leovigildo Quijano, Manuel Jiménez Estrada, Jorge Peón Peralta, Nuria Esturau Escofet, Baldomero Esquivel Rodríguez, Marisol Reyes Lezama, Beatriz Quiroz García; del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ, México): Manuel Espinosa Pesqueira y Demetrio Mendoza Anaya; del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH, México): Valerie Magar Meurs, Isabel Villaseñor Alonso, Laura Filloy Nadal, Isabel Medina-González y Adrián Velázquez Castro; del Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche (CIC-UAC, México): Javier Reyes Trujeque, Tezozomoc Pérez López, y del Instituto Tecnológico de Tijuana (ITT, México): Ignacio Alfredo Rivero Espejel.

de que ofrezca las condiciones para la colaboración interdisciplinaria dedicada a la generación de proyectos de estudio y preservación del patrimonio mexicano.

- Desarrollar investigación de alto nivel, tanto mediante el aprovechamiento de las capacidades e infraestructuras existentes como por medio de la promoción del vínculo entre los académicos y profesionales involucrados con el estudio y la conservación del patrimonio cultural de México.
- Implementar infraestructuras científicas avanzadas aplicadas al conocimiento material del patrimonio cultural y sus mecanismos de deterioro.
- Establecer protocolos y metodologías para el diagnóstico, la caracterización y la intervención directa del patrimonio cultural.
- Conformar un repositorio de materias primas y resultados del análisis material que en el futuro se comparta para investigaciones específicas.
- Abrir un espacio para la formación de recursos especializados en el campo del análisis científico para la conservación del patrimonio cultural para los estudiantes que desarrollen tesis, servicio social y estancias de investigación dentro de las líneas de investigación del laboratorio nacional.

Componentes

Las instituciones que se han asociado estratégicamente en el LANCIC cuentan con amplia experiencia en la investigación interdisciplinaria enfocada en el conocimiento material del patrimonio cultural, misma que se ha decantado en un amplio corpus de ponencias y publicaciones, en su mayoría elaboradas en coautoría y con apoyos interinstitucionales, a saber:

Pionero en el análisis científico e histórico-artístico de pintura mural, el Instituto de Investigaciones Estéticas (IIE), UNAM, creó en 2001 el Laboratorio de Diagnóstico de Obras

de Arte (LDOA, IIE-UNAM), el cual se ha abocado al estudio de materiales y tecnología de factura mediante técnicas de imagenología, microscopía e interpretación cultural de objetos artísticos —principalmente, pintura mural, documentos pintados, retablos y pintura de caballete y en tabla— pertenecientes a importantes colecciones de México (Amador et al. 2008; Arroyo et al. 2012a, 2012b, 2013a; 2013c; Arroyo 2008, 2013; Zetina Ocaña 2011, 2013; Zetina et al. 2014b).

Con estudios arqueométricos precursores en la aplicación de aceleradores de iones desde 1990, el Instituto de Física (IF), UNAM, ha instaurado una línea de investigación en su campo aplicada a la arqueología y al arte, misma que se ha consolidado a lo largo de casi 20 años (Arenas et al. 2010; Couoh et al. 2010; Filloy et al. 2013; Jiménez et al. 2012; Martínez et al. 2012; Melgar et al. 2012). En el 2005 desarrolló instrumentación de Fluorescencia de Rayos X (FRX)² y Difracción de Rayos X (DRX) combinada con FRX, así como espectrómetros portátiles para llevar a cabo análisis *in situ* (Peñuelas et al. 2011, 2012; Riquelme et al. 2015; Ruvalcaba et al. 2008b, 2010a, 2010b; 2013a, 2013b; Velázquez et al. 2012). La creación del Laboratorio de Análisis No Destructivo para Estudios en Arte, Arqueología e Historia (Andreah) es el componente del IF-UNAM del LANCIC (Riquelme et al. 2012). Cabe subrayar que el IIE-UNAM y el IF-UNAM han colaborado estrechamente desde 2005 en proyectos conjuntos de investigación en materia patrimonial (Bargelini et al. 2012, Ruvalcaba et al. 2008a; Zetina et al. 2008; 2011; 2012a, 2014a).

El Instituto de Química (IQ), UNAM, ha participado con diversos grupos desde 1990 en la identificación de compuestos orgánicos en objetos patrimoniales, por ejemplo, de goma de nopal en murales

² De aquí en adelante las siglas de técnicas, métodos o instrumentos descritos se despliegan por sus nombres en inglés.

de Cacaxtla por medio de Cromatografía de Gases con Espectrometría de Masas (GC-MS) (Magaloni 1994; Kita *et al.* 2013), y, adicionalmente, desde 2011 investiga, junto con el IIE-UNAM, los componentes de colorantes mexicanos por métodos cromatográficos y técnicas instrumentales, trabajo que ha dado lugar a investigaciones y publicaciones en colaboración con el IF-UNAM (Casanova-González *et al.* 2012a, 2012b). Para su integración en el LANCIC, el IQ-UNAM ha creado un espacio y un nuevo laboratorio específicos.

En colaboración estrecha con el IIE-UNAM y el IF-UNAM, el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) aporta su sólida trayectoria al estudio de materiales culturales, especialmente arqueológicos y artísticos, entre los que destacan pigmentos, metales y cerámica, para lo cual se emplea una gran variedad de técnicas microscópicas— Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM), Microscopía de Sonda de Barrido (SPM) y Difracción de Rayos X (XRD) (Espinosa y Arroyo 2014; McGlinchey *et al.* 2013; Ruvalcaba Sil *et al.* 2011a; Zetina *et al.* 2012b, 2013). El Laboratorio de Microscopía Electrónica, SPM y XRD es, precisamente, el componente del ININ dentro del LANCIC.

Infraestructura

Resultado de las alianzas estratégicas interinstitucionales y de la inversión del financiamiento recibido para su creación,³ el LANCIC goza actualmente de una infraestructura única en el país en el campo de la investigación científica aplicada al ámbito patrimonial. Además de diversos, los recursos complementan variadas técnicas de estudio de la imagen: microscópicas, espectrométricas, de separación, así como de análisis químico y cristalográfico, las cuales, en conjunto, sirven para co-

nocer la composición, la estructura y la distribución de materia orgánica e inorgánica.

Un primer grupo de dicha infraestructura lo constituyen equipos de análisis no destructivos que pueden emplearse *per se* o bien antes de la tomas de muestra, e incluyen la utilización no solamente de técnicas de imagenología portátiles y de espectrometría molecular, sino también de equipos altamente especializados para la identificación específica de materiales orgánicos o la caracterización de otros, de gran complejidad, así como el análisis completo de elementos traza y la puntual caracterización de componentes moleculares.

Respecto de la imagenología aplicada al patrimonio cultural, es de notar que tanto el IIE-UNAM como el IF-UNAM desarrollan metodologías para la realización de técnicas de imagen en espectro visible, ultravioleta térmico e infrarrojo, infrarrojo en falso color, radiografía digital y sistemas multiespectrales de imagen que permiten, de una parte, la inspección global de los objetos y, de la otra, realizar la prospección de los materiales y procesos que los constituyen.

Otra área de interés en el IIE-UNAM, el IF-UNAM y el ININ es la microscopía, para la que se dispone de diversos tipos de aparatos: fotónicos, confocales, electrónicos, atómicos y de transmisión. En estos centros se aplican metodologías de microscopía para el estudio de la superficie, estructura, secuencia estratigráfica y composición de los materiales que constituyen los bienes artísticos e históricos. Se tiene una gran variedad de microscopios fotónicos, algunos portátiles, que van desde sencillos equipos estereoscópicos o digitales, hasta sofisticados sistemas de microscopía de superresolución y ópticos, equipados para realizar técnicas de contraste útiles en la caracterización material, como polarización, campo claro, campo oscuro y fluorescencia ultravioleta. Varios de estos instrumentos se articulan con sistemas robotizados en sus tres ejes, que hacen

posible el estudio de la topografía de objetos y muestras.

Gracias a la infraestructura del ININ, del IIE-UNAM y del IF-UNAM en LANCIC convergen tres laboratorios de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y dos de Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM) y Microscopía de Fuerza Atómica (AFM); mientras que en el componente del IIE se trabaja con un sistema SEM correlativo con un equipo óptico dedicado al patrimonio cultural.

En el ININ y el IF-UNAM se tienen, además, equipos de caracterización por medio de DRX y un calorímetro para pruebas de análisis térmico: Análisis Térmico Diferencial (DTA), Análisis Termogravimétrico (TGA).

Para conocer la composición sin necesidad de tomar muestras, en el componente LANCIC del IF-UNAM se aplican al estudio material *in situ* del patrimonio diversas espectrometrías atómicas y moleculares portátiles no destructivas: espectroscopias UV-VIS-IR (luz ultravioleta, visible e infrarroja), Espectrómetro Raman en varios rangos de nanómetros y SERS (Superficie Mejorada de Espectroscopia Raman), y espectrómetro FTIR (Espectrometría Infrarroja Transformada de Fourier). El sistema de FRX portátil SANDRA y un prototipo de equipo de análisis por DRX y FRX son desarrollos adicionales del IF-UNAM. En dicho instituto también se hacen análisis del patrimonio con aceleradores de partículas, el cual posibilita estudios de alta especificidad que dan a conocer con gran precisión la composición de ciertos materiales; con ello se abre la posibilidad de determinar su procedencia mediante la identificación de elementos traza. Asimismo, el IF-UNAM cuenta con la tecnología de línea de haz externo del acelerador de iones Pelletron para el análisis no destructivo puntual (milimétrico) por Partículas Inducidas por Emisión de rayos X (PIXE), Retrodispersión de Rutherford (RBS), Emisión de Rayos Gamma Inducida por Partículas (PIGE) e ionoluminiscencia.

Los equipos del IQ-UNAM poseen la sensibilidad necesaria para ca-

³ El LANCIC ha contado con el apoyo del proyecto Conacyt 232619, de la UNAM y del ININ.

racterizar micromuestras de materiales orgánicos, particularmente de aquellos empleados para la producción de aglutinantes, barnices, adhesivos y colorantes utilizados en el patrimonio cultural. Tal estudio se lleva a cabo mediante las técnicas GC-MS con métodos de separación y extracción o con pirólisis de la muestra entera para la identificación de carbohidratos, proteínas, aceites, así como de resinas naturales y sintéticas. Además se cuenta con una amplia variedad de equipos de espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear (NMR), hoy en día acoplados, para analizar muestras muy pequeñas con una microsonda. Otros métodos analíticos del componente de IQ-UNAM al LANCIC son: Cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), FTIR y micro FTIR. Asimismo, este instituto ofrece infraestructura de cámaras de intemperismo de varios tipos bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y luz. Al respecto, vale señalar que se dispone de cuatro equipos diferentes para hacer simulaciones con las condiciones ambientales similares a las de las regiones del país: cámara ambiental, con radiación UV, de niebla salina y con desarrollo de ensayos acelerados de degradación con lluvia ácida artificial. Por último, en esta sede se ha instalado equipo básico de laboratorio, que incluye reactiva y aparataje.

Finalmente, el LANCIC se vincula con el Laboratorio de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA) del IF-UNAM para datación por Carbono 14 (C^{14}) de micromuestras.

Reflexiones finales

LANCIC se presenta como una plataforma innovadora en el campo del estudio científico del patrimonio cultural en México. Con la vocación de generar conocimientos sobre la materialidad del legado cultural mexicano, su contribución se perfila a apoyar las tareas fundamentales de las instituciones responsables de

su custodia, preservación y difusión. A la par, este laboratorio multisede busca fomentar la formación de grupos de investigación especializados comprometidos en conocer puntualmente los bienes culturales, profundizar sobre las causas de su deterioro y desarrollar nuevas propuestas de intervención que, a su vez, deriven en protocolos y metodologías con amplia aplicación.

Como se ha relatado a lo largo del texto, el LANCIC ya cuenta con equipos instrumentales de alta sensibilidad para identificar compuestos orgánicos e inorgánicos en micromuestras, realizar estudios con innovadoras técnicas de imagen para caracterizar las sustancias usadas históricamente en el arte mexicano e inventar nuevos materiales que contribuyan a la conservación de éste. Cabe destacar que la de análisis químico fue el área que requirió mayor inversión en equipamiento e infraestructura aplicada al microanálisis del arte y el patrimonio cultural. Además de ello, el LANCIC vincula investigadores de las áreas de ciencias y de humanidades en la generación de nuevos conocimientos, y hace partícipes a las instituciones y académicos encargados del patrimonio en la aplicación de los resultados de la investigación.

En síntesis, LANCIC representa una iniciativa única a nivel nacional en la magnitud de los esfuerzos y en la posibilidad de integración de especialistas en diversas disciplinas, cuyo mayor potencial redunda en buscar y capitalizar la acción conjunta para crear una sinergia en la investigación científica para con ello atender las problemáticas del estudio y preservación del patrimonio cultural de México.

Referencias

- Amador Marrero, Pablo, Pedro Ángeles, Elsa Minerva Arroyo Lemus, Tatiana Falcón Álvarez y Eumelia Hernández Vázquez 2008 "Y hablaron de pintores famosos de Italia. Estudio interdisciplinario de una nueva pintura novohispana del siglo XVI", *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*, 92:49-83.
- Arenas Alatorre, Jesús, Jannen Contreras Vargas y José Luis Ruvalcaba Sil 2010 "Microstructural Study of Gilded Copper Artifacts from the Chichén-Itzá Cenote", en J. L. Ruvalcaba Sil, Javier Reyes Trujeque, J. Arenas Alatorre, Adrian Velázquez Castro (eds.), *2nd Latin-American Symposium on Physical and Chemical Methods in Archaeology, Art and Cultural Heritage Conservation (Lasmac 2009)*, Selected Papers, México, UNAM/UAC, 67-71.
- Arroyo Lemus, Elsa Minerva 2008 "La Virgen del Perdón. Fragmentos de memoria", en *Diego Rivera y la Inquisición. Un puente en el tiempo* [catálogo de exposición], México, Museo Mural Diego Rivera-INBA, 123-141.
- 2011 "La Virgen del Perdón After the Fire of 1967" [poster], en Alan Phenix y Sue Ann Chui (eds.), *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation: Trends, Treatments and Training. Panel Painting Symposium. Proceedings*, Los Angeles, Getty Conservation Institute, 193-194.
- 2013 "Análisis técnico de los retratos de Manuel Toussaint y Justino Fernández", en Roger Díaz de Cossío (coord.), *El arte en la ciencia. Patrimonio desconocido de la UNAM*, México, Fundación ICA/Fundación Miguel Aleman, A.C./Fundación UNAM, 204-211.
- Arroyo Lemus, Elsa Minerva, Tatiana Falcón Álvarez, Eumelia Hernández Vázquez, Sandra Zetina Ocaña, Laura Mancilla, Alfredo Nieto y José Luis Ruvalcaba Sil 2008 "XVI Century Colonial Panel Paintings from New Spain: Material Reference Standards and Non-Destructive Analysis for Mexican Retablos", en *9th International Conference on NDT of Art*, Jerusalem, Israel, More of Art, documento electrónico disponible en [<http://www.ndt.net/article/art2008/papers/167Zetina.pdf>], consultado en junio de 2015.
- Arroyo Lemus, Elsa Minerva, Adriana Cruz Lara, Manuel E. Espinosa Pesqueira, José Luis Ruvalcaba Sil, Sandra Zetina Ocaña, Eumelia Hernández Vázquez y Shannon Taylor

- 2012a "The Influence of Glass in the Color of Red Lakes Layers in Oil Painting: A Case Study in a Pictorial Series Attributed to Murillo Located in Guadalajara, Mexico", *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 1374: 61-72.
- Arroyo Lemus, Elsa Minerva, Manuel E. Espinosa Pesqueira, Tatiana Falcón Álvarez y Eumelia Hernández Vázquez
2012b "Variaciones celestes para pintar el manto de la Virgen", en *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*, 100:85-117.
- Arroyo Lemus, Elsa Minerva, Miguel Ángel Fernández Delgado, Renato González Mello, América Juárez y Sandra Zetina Ocaña
2013a "Baja viscosidad: El nacimiento del fascismo y otras soluciones", en E. M. Arroyo Lemus, Anny Aviram, M. Á. Fernández Delgado, R. González Mello, A. Juárez, Chris McGlinchey y S. Zetina Ocaña (eds.), *Baja viscosidad*, México, IIE-UNAM, 15-43.
- Arroyo Lemus, Elsa Minerva, Manuel E. Espinosa Pesqueira, Sandra Zetina Ocaña, Alfonso Torre, José Luis Ruvalcaba Sil, Eumelia Hernández Vázquez, Víctor Santos y Alejandra Quintanar
2013b *Virgen del Perdón*, tabla novohispana del siglo XVI, Ge-Conseración, 0:79-98, documento electrónico disponible en [<http://www.ge-iic.com/ojs/index.php/revista/article/view/64>], consultado en junio de 2015.
- Arroyo Lemus, Elsa Minerva, Anny Aviram, Chris McGlinchey y Sandra Zetina Ocaña
2013c "Las técnicas y materiales de David Alfaro Siqueiros, 1931-1945", en E. M. Arroyo Lemus, A. Aviram, Miguel Ángel Fernández Delgado, Renato González Mello, América Juárez, Chris McGlinchey y S. Zetina (eds.), *Baja viscosidad*, México, IIE-UNAM, 45-82.
- Bargellini Cioni, Clara, Sandra Zetina Ocaña, Eumelia Hernández Vázquez, José Luis Ruvalcaba Sil y Malinally Wong
2012 "Un álbum de grabados antiguos del fondo reservado de la Biblioteca Nacional de México", en Marina Garone Gravier, Isabel Galina Russell y Laurette Godinas (eds.), *Memorias del Congreso Internacional Las Edades del Libro*, México, IIB-UNAM/FCE, 1801-1837.
- Casanova-González, Edgar, María Angélica García Bucio, José Luis Ruvalcaba Sil, Victor Santos, Baldomero Esquivel, María Lorena Roldán y Concepción Domingo
2012a "Silver Nanoparticles for SERS Identification of Dyes", *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 1374:263-274.
- Casanova-González, Edgar, María Angélica García Bucio, José Luis Ruvalcaba Sil, Victor Santos, Baldomero Esquivel, Tatiana Falcón Álvarez, Elsa Minerva Arroyo Lemus, Sandra Zetina Ocaña y María Roldán
2012b "SERS Spectra of Mexican Dyes-tuff", *Journal of Raman Spectroscopy*, 43:1551-1559.
- Couoh, Lourdes R., José Luis Ruvalcaba Sil, Lauro Bucio y Jesús Arenas Alatorre
2010 "Diagnosis of State of Preservation and Quantification of Trace Elements in Ancient Bones from La Laguna Tlaxcala, Mexico", en J. L. Ruvalcaba Sil, Javier Reyes Trujeque, J. Arenas Alatorre, Adrián Velázquez Castro (eds.), *2nd Latin-American Symposium on Physical and Chemical Methods in Archaeology, Art and Cultural Heritage Conservation (Lasmac 2009)*, Selected Papers, México, UNAM/UAC, 158-164.
- Espinosa Pesqueira, Manuel E. y Elsa Minerva Arroyo Lemus
En prensa 2014 "The Use of Smalt in Simon Pereyns Panel Paintings: Intentional Use and Color Changes", en *MRS Proceedings, Materials Research Society Proceedings, Cultural Heritage and Archaeological Issues in Materials Science*.
- Filloy Nadal, Laura, Diana Magaloni Kerpel, José Luis Ruvalcaba Sil y R. Sánchez Hernández
2013 "Las materias primas utilizadas para la manufactura de las figurillas y las hachas de la Ofrenda 4 de La Venta: caracterización y fuentes de origen", en D. Magaloni Kerpel y L. Filloy Nadal (coords.), *La Ofrenda 4 de La Venta, un tesoro olmeca reunido en el Museo Nacional de Antropología. Estudios y catálogo razonado*, México, INAH, 103-127.
- Jiménez Cosme, Ingrid Karina, Carolusa González Tirado, Jannen Contreras Vargas y José Luis Ruvalcaba Sil
2012 "Metal Threads: Evaluation of a Cleaning Method" [poster], en Nigel Meeks, Caroline Cartwright, Andrew Meek y Aude Mongiatti (eds.), *Historical Technology, Materials and Conservation: SEM and Microanalysis*, Londres, British Museum/Archetype Publications, 150-152.
- Kita, Yuko, Annick Daneels y Alfonso Romo de Vivar
2013 "Estudio químico para la identificación del aglutinante en muestras arquitectónicas prehispánicas", *13º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT): Material Universal, Realidades Locales*, 28 al 30 de agosto, Valparaíso, Chile, Proterra-DUOC UC.
- Magaloni, Diana
1994 *Metodología para el análisis de la técnica pictórica mural prehispánica: el Templo Rojo de Cacaxtla*, México, INAH.
- Martínez García, Cristina, José Luis Ruvalcaba Sil, Linda R. Manzanilla Naim y Francisco Riquelme
2012 "Teopancatzco y su pintura. Aplicación de técnicas analíticas PIXE, MEB-EDX, DRX, FTIR y Raman", en L. R. Manzanilla Naim (ed.), *Estudios arqueométricos del centro del barrio de Teopancatzco en Teotihuacan*, México, Coordinación de la Investigación Científica/Coordinación de Humanidades-UNAM, 165-210.
- McGlinchey, Chris, Anny Aviram, Sandra Zetina Ocaña, Elsa Minerva Arroyo Lemus, José Luis Ruvalcaba Sil y Manuel E. Espinosa Pesqueira
2013 "David A. Siqueiros: His Modification of Oil and Cellulose Nitrate Based Paint and his Advocacy for Innovation, 1931-1949", *Journal of the American Institute for Conservation*, 4 (52):278-289.
- Melgar Tísoc, Emiliano, Reyna Beatriz Solís Ciriaco, José Luis Ruvalcaba Sil
2012 "La lapidaria de Tamtoc", en Guillermo Córdova, Estela Martínez y Patricia Hernández (eds.), *Tamtoc, esbozo de una antigua sociedad urbana*, México, INAH/Conaculta, 10.
- Peñuelas Guerrero, Gabriela, José Luis Ruvalcaba Sil, Jannen Contreras Vargas,

- Eumelia Hernández Vázquez, Edith Ortiz
 2011 "Non-Destructive In Situ Analysis of Gold and Silver Artifacts from the Tomb 7 of Monte Albán, Oaxaca, Mexico", en Isabel Turbanti-Memmi (ed.), *Proceedings of the 37th International Symposium on Archaeometry*, 13 al 16 de mayo de 2008, Siena, Springer, XIV:623-628.
- Peñuelas Guerrero, Gabriela, Ingrid Karina Jiménez Cosme, Pilar Tapia López, José Luis Ruvalcaba Sil, Jesús Arenas Alatorre, Aurore Lemoine, Jannen Contreras Vargas, Patricia Ruiz Portilla y Sonia Rivero Torres
 2012 "Technical Study of a Set of Metallic Artifacts from the Maya Site of Lagartero, Chiapas, Mexico", *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 1374:125-136.
- Riquelme, Francisco, Jesús Alvarado Ortega, Martha Cuevas García, José Luis Ruvalcaba Sil
 2012 *Análisis no destructivo para el estudio del arte, la arqueología y la historia (Andreah)*, documento electrónico [folleto], disponible en [http://www.fisica.unam.mx/andreah/presentacion/downloads/ANDREAH_folleto.pdf], consultado en julio del 2015.
- Ruvalcaba Sil, José Luis y Carlos Linares López
 2012 "Calcareous Fossil Inclusions and Rock Source of Maya Lime Plaster from the Temple of the Inscriptions, Palenque, Mexico", *Journal of Archaeological Science*, 39:624-639.
- Ruvalcaba Sil, José Luis, Sandra Zetina Ocaña, Helena Calvo del Castillo, Elsa Minerva Arroyo Lemus, Eumelia Hernández Vázquez, Marie Van der Meeren y Laura Sotelo Santos
 2008a "The Grolier Codex: A Non-Destructive Study of a Possible Maya Document using PIXE and RBS", *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 1047:299-306.
- Ruvalcaba Sil, José Luis, Linda R. Manzanailla Naim, Emiliano Melgar Tísoc y Rufino Lozano Santa Cruz
 2008b "PIXE and Ionoluminescence for Mesoamerican Jadeite Characterization", *X-Ray Spectrometry*, 37:96-99.
- Ruvalcaba Sil, José Luis, Laura Filloy Nadal, Marina Vaggi, Luisa Herena Tapia Gálvez y Rigoberto Sánchez Becerra
 2010a "Estudio no destructivo *in situ* de la máscara de Malinaltepec", en Sofía Martínez del Campo Lanz (coord.), *La máscara de Malinaltepec*, México, Conaculta/INAH, 153-168.
- Ruvalcaba Sil, José Luis, Daniel Ramírez Miranda, Valentina Aguilar Melo y Flora Picazo
 2010b "SANDRA: A Portable XRF System for the Study of Mexican Cultural Heritage", *X-Ray Spectrometry*, 39:338-345.
- Ruvalcaba Sil, José Luis, Mariana Grediaga, Carolusa González Tirado, Eumelia Hernández Vázquez, Valentina Aguilar Melo, Daniel Ramírez Miranda y Manuel E. Espinosa Pesqueira
 2011 "Non-Destructive Study of the Independence Act of the Mexican Empire of 1821", *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 1319: 249-264.
- Ruvalcaba Sil, José Luis, Emiliano Melgar Tísoc, Jessica Curado, Kilian Laclavetine y Thomas Calligaro
 2013a "Caracterización y procedencia de piedras verdes de las ofrendas del Templo Mayor, Tenochtitlan", en Adrián Velázquez Castro, Lynneth S. Lowe (eds.), *Técnicas analíticas aplicadas al estudio de materiales en el área maya*, México, Centro de Estudios Mayas/IIF-UNAM, 163-178.
- Ruvalcaba Sil, José Luis, Edgar Casanova-González, Nora Ariadna Pérez Castellanos y María Angélica García Bucio
 2013b "HERAS: A Helium Jet to Prevent Damage on Works of Art in Raman Experiments", *Journal of Raman Spectroscopy*, 44:1711-1717.
- Velázquez Castro, Adrián, María Eugenia Marín Benito, Emiliano Melgar Tísoc, Reyna Beatriz Solís Ciriaco, José Luis Ruvalcaba Sil
 2012 "The Turquoise Disk from Offering 99 at the Templo Mayor in Tenochtitlan", en J. C. H. King, Max Carocci, Caroline Cartwright, Colin McEwan y Rebecca Stacey (eds.), *Turquoise in Mexico and North America: Science, Conservation, Culture and Collections*, Londres, Archetype, 75-87.
- VV. AA.
 2004 *La materia del arte: José María Velasco y Hermenegildo Bustos* [catálogo de exposición], México, Munal.
- Zetina Ocaña, Sandra
 2013 "Experimentación formal de la vanguardia: técnicas y ocultamientos", en Renato González Mello y Anthony Stanton (coords.), *Modernidad, vanguardia y experimentación en el arte posrevolucionario mexicano (1920-1940)*, México, Museo Nacional de Arte, 158-171.
- Zetina Ocaña, Sandra, José Luis Ruvalcaba Sil, Tatiana Falcón Álvarez, Eumelia Hernández, Carolusa González Tirado, Elsa Minerva Arroyo Lemus, Marimín López Cáceres
 2008 "Painting Syncretism: A Non-Destructive Analysis of the Badiano Codex", ART2008, 9th Int. Conference on Non Destructive Techniques of Art, Jerusalén, documento electrónico disponible en [<http://www.ndt.net/article/art2008/papers/121Ruvalcaba.pdf>], consultado en junio de 2015.
- Zetina Ocaña, Sandra, Tatiana Falcón Álvarez, Eumelia Hernández Vázquez, José Luis Ruvalcaba Sil, Manuel E. Espinosa Pesqueira, Valentina Aguilar Melo, Daniel Ramírez Miranda, Víctor Santos y Francisco Riquelme,
 2010 "The Mobility of Imitation: An Analysis of 18th Century Chinese Style Furniture with IR-UV Imaging, Portable XRF and SEM", en J. L. Ruvalcaba Sil, Javier Reyes Trujeque, Jesús Arenas Alatorre, Adrián Velázquez Castro (eds.), 2nd Latin-American Symposium on Physical and Chemical Methods in Archaeology, Art and Cultural Heritage Conservation (Lasmac 2009), Selected Papers, México, UNAM/UAC, 15-22.
- Zetina Ocaña, Sandra, José Luis Ruvalcaba Sil, Marimín López Cáceres, Tatiana Falcón Álvarez, Eumelia Hernández Vázquez, Carolusa González Tirado y Elsa Minerva Arroyo Lemus
 2011 "Non Destructive in Situ Study of Mexican Codices: Methodology and First Results of Materials Analysis for the Colombino and Azoyu Codices", en Isabel Turbanti-Memmi (ed.), *Proceedings of the 37th International Symposium on Archaeometry*, 13 al 16 de mayo 2008, Siena, Springer, XIV:349-354.
- Zetina Ocaña, Sandra, Tatiana Falcón Álvarez, Elsa Minerva Arroyo Lemus y José

Luis Ruvalcaba Sil

2012a "The Encoded Language of Herbs: Material Insights into the De la Cruz–Badiano Codex", en Louis A. Waldman (ed.), *Color between Two Worlds: The Florentine Codex of Bernardino de Sahagún*, Florence, The Harvard University Center for Italian Renaissance Studies, (Villa I Tatti Series, 28), 220-256.

Zetina Ocaña, Sandra, Manuel E. Espinosa Pesqueira, Nora Ariadna Pérez Castellanos y Renato Robert Pappereti

2012b "Xavier Guerrero. De México a Chile (From Mexico to Chile), Some Remarks About the Use of Portland Cement in Mexican Muralism", *Materials Research Society Proceedings*, 1374:73-85.

Zetina Ocaña, Sandra, Eumelia Hernández Vázquez, Tatiana Falcón Álvarez, Elsa Minerva Arroyo Lemus, Manuel E. Espinosa Pesqueira, Edgar Casanova-González, Alejandra González, José Luis Ruvalcaba Sil y Jaime Cuadriello

2013 "Variantes técnicas en la pintura mural agustina. Aportaciones a la historia del arte conventual", en *Miradas Convergentes. Colaboraciones/Interrelaciones para el Estudio y Conservación del Patrimonio. Homenaje a Francisco de la Maza*, Memoria del 18º Coloquio del Seminario de Estudio y Conservación del Patrimonio Cultural, 6 al 8 de mayo, México, IIE-UNAM.

Zetina Ocaña, Sandra, José Luis Ruvalcaba Sil, Tatiana Falcón Álvarez, Jesús Arenas Alatorre, Saeko Yanagisawa, Marisa Álvarez Icaza Longoria y Eumelia Hernández Vázquez

2014a "Material Study of the Codex Colombino", en Antonio Sgamellotti, Brunetto Giovanni Brunetti y Costanza Miliani

(eds.), *Science and Art. The Painted Surface*, Londres/Cambridge, Royal Society of Chemistry, 120-146.

Zetina Ocaña, Sandra, Eumelia Hernández Vázquez, Tatiana Falcón Álvarez y Elsa Minerva Arroyo Lemus

2014b "La dimensión material del arte novohispano", *Intervención, Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museología*, 10:17-29.

Síntesis curricular

LANCIC

Laboratorio nacional interinstitucional y multisede, México.
sil@fisica.unam.mx

El Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC), conformado en 2014, sigue un modelo de laboratorio "sin paredes", con la integración de cuatro laboratorios localizados en los Institutos de Física (IF), de Química (IQ) y de Investigaciones Estéticas (IIE), todos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, México), y en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ, México). Se trata de una iniciativa interdisciplinaria, interinstitucional, multisede, comprometida con el desarrollo y la aplicación de una metodología de estudio y conservación integral del patrimonio cultural que parte de una aproximación científica global por medio de técnicas de imagen, el análisis no invasivo *in situ* y exámenes en microscopía, química y espectrometría. Su página web (en construcción) es [<http://laboratorios.fisica.unam.mx/background?id=15>].

Postulado/Submitted 05.07.2015

Aceptado/Accepted 10.08.2015

Publicado/Published 04.11.2015

ó