



## 2º CURSO DE MICROSCOPIA Y TÉCNICAS AFINES PARA EL ESTUDIO DEL PATRIMONIO CULTURAL

### TEMARIO

#### Organizadores:

1. Dr. Kilian Laclavetine (Investigador), Laboratorio de Diagnostico de Obras de Arte (LDOA-IIE), UNAM, Sede del Laboratorio Nacional para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC-IIE), Circuito Mario de la Cueva s/n, Ciudad Universitaria, 04510 Ciudad de México, CDMX. Correo electrónico: [kilian.lac@gmail.com](mailto:kilian.lac@gmail.com)
2. Dr. Rodrigo Esparza López (Investigador), Centro de Estudios Arqueológicos – COLMICH, Unidad La Piedad, Cerro de Nahuatzen 85, Jardines del Cerro Grande, Cerro Grande, 59370 La Piedad de Cavadas, Mich. Correo electrónico: [resparza@colmich.edu.mx](mailto:resparza@colmich.edu.mx)
3. Dr. Eric M. Rivera Muñoz (Investigador), Laboratorio de Difracción de rayos – X, Sede del Laboratorio Nacional de Caracterización de Materiales (LaNCaM), Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA), UNAM, Campus Juriquilla, Blvd. Juriquilla 3001, Col. Jurica La Mesa, 76230, Qro. Correo electrónico: [emrivera@fata.unam.mx](mailto:emrivera@fata.unam.mx)

#### Objetivo del curso

El objetivo de este curso es introducir los principios, el funcionamiento y las aplicaciones de cuatro técnicas fundamentales utilizadas en los estudios materiales del patrimonio cultural (microscopía óptica y electrónica, difracción de rayos-X, espectroscopía de fluorescencia de rayos X de laboratorio y portátil), y que hoy en día son de uso fundamental del LDOA-LANCIC-IIE, del CFATA y del COLMICH entre otras instituciones.

Se expondrá la temática de la inter- y multi-disciplina aplicadas al estudio de bienes culturales, donde el área de técnica y materiales en conjunto con la metodología científica puede responder preguntas de investigación generadas desde la Arqueología, Historia del Arte, Restauración – Conservación y Ciencia de los Materiales entre otras áreas. Especialistas, invitados por los organizadores (LDOA-LANCIC-IIE, CFATA-UNAM y COLMICH (Unidad La Piedad)), presentarán casos de estudio.



## **Inauguración y presentación del curso:**

- Dr. Iván Ruiz, Director IIE-UNAM
- Dr. Luis Alberto Arriola Díaz, Presidente del COLMICH
- Dr. José Luis Aragón Vera, Director CFATA-UNAM
- Dr. Kilian Laclavetine
- Dr. Rodrigo Esparza López
- Dr. Eric M. Rivera Muñoz

## **Parte I**

### **Introducción: La inter- y multi-disciplina en los estudios culturales (Arqueometría)**

*Ponente: Dr. Rodrigo Esparza*

- Los inicios de la arqueometría.
- La arqueometría frente a las ciencias sociales y las ciencias de las humanidades.
- La importancia de una pregunta de investigación.
- La multidisciplinariedad frente a los retos de estudio.
- Inicios de la arqueometría en México (laboratorios y proyectos).
- La arqueometría en México en el siglo XXI.
- Algunos estudios de caso.

## **Parte II**

### **Microscopía óptica**

*Ponente: Blgo. Alejandro Olvera*

- Principios, instrumentación, técnicas: campo claro, campo oscuro y ultravioleta.
- Preparación de muestras en sección transversal. Ponentes: Ing. Víctor Santos & Dra. Sandra Zetina.
- Transmisión de sesión experimental con el microscopio óptico Axio imager Z2 (LDOA LANCIC-IIE). Ponentes: Ing. Víctor Santos & Dra. Sandra Zetina.



## **Parte III**

### **Microscopía electrónica aplicada al estudio de materiales constitutivos del patrimonio cultural**

**Ponentes:** *Dr. Kilian Laclavetine, Dr. M. Eric Rivera Muñoz, Dr. Demetrio Mendoza & Dra. Sandra Zetina*

- El análisis y metodología científica aplicada a la micro-materialidad del patrimonio cultural: Una Mirada desde la Historia técnica del Arte.
- Introducción y principios del funcionamiento de la microscopía electrónica.
- Señales características que se producen y aprovechan en el MEB y la importancia del análisis químico elemental por espectroscopía de dispersión de rayos X (EDS).
- Especificidades técnicas: magnificación, resolución, fuentes de iluminación, detectores e instrumentación periférica.
- Tipos de microscopía electrónica utilizadas en el estudio de materiales del patrimonio cultural.
- Preparación de micro-muestras en sección transversal.
- Algunos estudios de caso.
- Transmisión de sesión experimental desde el laboratorio de microscopía electrónica del LDOA LANCIC-IIE.

## **Parte IV**

### **Difracción de rayos X aplicado a la identificación de materiales cristalinos del patrimonio cultural.**

**Ponente:** *Dr. M. Eric Rivera Muñoz*

- Introducción a la Difracción de rayos - X.
- Concepto de interferencia y Ley de Bragg.
- Métodos de difracción de rayos - X (Polvos y microdifracción).
- Instrumentación y preparación de muestras.
- Análisis de datos (difractograma, análisis cualitativo, análisis cuantitativo, cristalinidad, tamaño de cristal, etc.).
- Uso de bases de datos internacionales (ICDD-PDF, NIST, etc.).
- Algunos estudios de caso.



## Parte V

### El análisis químico elemental por espectroscopía de fluorescencia de rayos X de Laboratorio y Portátil.

*Ponentes: Dra. Carmen L. Peza Ledesma, Dr. Kilian Laclavetine, Dr. José Luis Ruvalcaba Sil & M. en C. Luis Velázquez Maldonado*

- Introducción al fenómeno de fluorescencia de rayos X (líneas espectrales).
- Técnicas de fluorescencia (Energía dispersiva y longitud de onda).
- Identificación elemental (cualitativo) y análisis cuantitativos y normalizados (semi-cuantitativos).
- Instrumentación (equipos de laboratorio, portátiles, EDS en SEM, etc.), semejanzas y diferencias.
- Preparación de muestras (polvo, líquidos, pastillas, sólidos).
- Atmósfera (aire, helio, vacío).
- Casos de estudio de estudios in-situ.
- Transmisión de sesión experimental con un espectrómetro de fluorescencia de rayos X portátil (LADIPA-COLMICH).

## Parte VI

### Ponentes invitados

- Dra. Lucile Brunel-Duverger, C2RMF – Museo del Louvre (Francia)

Research on **pigments** used on two **funerary productions in ancient Egypt** from the collections of the Egyptian Antiquities Department of the Louvre Museum. She will present her doctoral study of the polychromy of the yellow coffins from the 21st Egyptian dynasty (1100 BC) and her non-invasive and non-destructive post-doctoral study of the polychromy of the roman "Fayum" portraits, during which analysis were conducted in order to identify workshops material signatures.

- Dra. Isabel Medina González, ENCRyM-INAH

En esta ponencia se hablará de las preguntas, metodología, desarrollo y resultados de dos estudios interdisciplinarios arqueométricos aplicados a la comprensión de la formación de **artefactos (metálicos, entre otros) y contextos funerarios prehispánicos** del Centro y Occidente de Mesoamérica. Se discutirán las posibilidades de técnicas analíticas de frontera tales como XRF, XRD y MEB para el análisis de cultura material desde la perspectiva de historia de vida y de su potencialidad en la toma de decisiones de conservación-restauración.



- o Dra. Elsa Arroyo Lemus, IIE-UNAM

Esta sesión explorará las técnicas y los procedimientos artísticos desde la perspectiva del análisis microscópico de las superficies y las estratigrafías en diversos casos de estudio de **pintura virreinal de los siglos XVI al XVIII**.

- o Dr. Márius Ramírez Cardona - AACTYM – UAEH

Su ponencia intentará hacer un acercamiento a la naturaleza inorgánica de los **pigmentos prehispánicos** utilizados en **murales de Teotihuacán** desde una perspectiva de composición mineral y petrológica. Se abordarán técnicas de identificación y cuantificación mineralógica que nos conducen a elaborar hipótesis de procedencia, interacción con el sustrato y el medio, así como de usos y valores estéticos.

- o Dr. Javier Iñañez, GPAC - Universidad del País Vasco (España)

Investigaciones sobre **cerámicas de época Moderna** de colecciones **españolas y americanas**. Nos presentará estudios sobre la caracterización de las pastas cerámicas y los vidriados, incidiendo en el uso de las técnicas de microscopía electrónica de rastreo y análisis químico para responder a las cuestiones planteadas por la Arqueología.

- o Dra. Martha Romero, INPC (Ecuador)

Los procesos tecnológicos involucrados en la **producción metalúrgica** de las **culturas de la sierra norte ecuatoriana** se discuten y se exploran, a través de la incorporación de la cadena técnica operativa, como un útil analítico e interpretativo que intenta relacionar los hechos tecnológicos con el contexto social en el que se producen. Para el estudio de los procesos tecnológicos se analizaron veinte objetos metálicos a través de fluorescencia de rayos X (FRX) y microscopía electrónica de barrido (MEB-EDS), para determinar las composiciones químicas elementales e identificar micro huellas de trabajo. Así, se caracterizaron las aleaciones y las técnicas de conformado, acabado de superficie y uniones; a partir de esto, fue posible reconstruir once “cadenas técnicas operativas” que revelaron un alto nivel de desarrollo tecnológico y especialización, reflejo de la complejidad del sistema político, económico y cultural de las sociedades que se desarrollaron en el **periodo de Integración (500 d.C. - 1532 d.C)** en la sierra ecuatoriana.



- o Dr. Diego Badillo, Leicester University (Gran Bretaña)

La ponencia tratará sobre una de las investigaciones analíticas más recientes en materiales culturales latinoamericanos custodiados por el Museo Nacional de Colombia (Bogotá, Colombia). Se presentará un estudio arqueométrico llevado a cabo en **objetos textiles con decoraciones metálicas** de la colección textil del museo, la cual cuenta con objetos de diferentes periodos históricos (**colonial, revolución y republicas**) que representan a países del norte de Suramérica (Colombia, Venezuela Perú, Ecuador), Panamá y España. El estudio se basa en el uso de micro-muestras analizadas por diferentes técnicas analíticas (principalmente no destructivas) acopladas o sustentadas en la microscopia para la caracterización e indagación de materiales desde un punto de vista macro, micro y molecular. Finalmente se hablará de la técnica de conservación desarrollada como resultado de los análisis previamente mostrados como nueva alternativa al uso de aditivos poliméricos para alargar la vida de objetos textiles.

- o M. en C. Luis Velázquez Maldonado, LADIPA – COLMICH

Se abordará el tema de la caracterización e identificación de **materiales líticos prehispánicos** similares en apariencia, como por ejemplo diferentes tipos de piedras verdes, mediante técnicas de análisis no invasivas. El objetivo principal radica en el desarrollo de una metodología de clasificación basada en el uso complementario de la espectroscopía de XRF portátil, de análisis ultrasónico y de espectrofotometría de reflectancia difusa en el UV-Visible.

- o Dra. Marta Kaminska, Shanghai University of Engineering Science (China)

Investigation of **historical European stained-glass windows** and preliminary assessment of **Chinese vessel glass**. The presentation will focus on how instrumental techniques of analysis were useful in the determination of the provenance and dating of a collection of stained-glass windows from the National Museum in Poland. At the time of the investigation, the panels were dated to the 19th century and were assumed copies of medieval stained-glass windows. However, due to the condition of glass, and certain material-technical aspects, the dating raised doubts. An advanced investigation, involving the analysis of the composition of glass and paints on a microscopic and elemental level, confirmed their medieval origin. She will also share with us some results of her current research on Chinese Qing dynasty vessel glass.

## Parte VII

### Mesa de comentarios finales y Clausura

- Dr. Kilian Laclavetine (Organizador)
- Dr. Rodrigo Esparza López (Organizador)
- Dr. Eric M. Rivera Muñoz (Organizador)



## Bibliografía sugerida

- Arenas Alatorre, Jesús; Espinosa Pesqueira, M.; Rodríguez Lugo, V.; Martínez, G.; Fernández, M.E.; Mondragón, G.; Pérez, R. & Mendoza Anaya D. 2004 “Estudio Microestructural De Pigmentos Prehispánicos Y Coloniales De Diversos Sitios De México” en La Ciencia De Materiales Y Su Impacto En La Arqueología. Innovación Editorial Lagares, Vol. 1, 251-263.
- Arroyo Lemus, E. M., Espinosa Pesqueira, M. E., Zetina, S., Torre Blanco, A., Ruvalcaba Sil, J. L., Hernández, E., Santos, V., Y Quintanar, A. (2009). Efectos del fuego en La Virgen Del Perdón, tabla novohispana del Siglo XVI. Ge-Conservación 0, 79-98.
- Arroyo Lemus, Elsa; Espinosa Pesqueira, Manuel & Witold Nowik. 2017 “Paños Labrados de Carmín en la Pintura Novohispana” en Rojo Mexicano: La Grana Cochinilla en el Arte. Museo del Palacio de bellas Artes, INBA, Secretaria de Cultura.
- Arroyo, Elsa; Hernández, Eumelia; Espinosa Pesqueira, Manuel 2019 “Los Murales de Tlayacapan: Historia, Técnica y Materiales, aceptado para su publicación en Anales del IIE, UNAM no. 115 otoño 2019.
- Arnold, Dean E. 2005 “Maya Blue And Palygorskite: A Second Possible Pre-Columbian Source” Ancient Mesoamerica 16, 1, 51-62.
- Artioli, Gilberto 2013 “Scientific Methods and Cultural Heritage: An introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science”, Oxford University Press.
- Bomford, David, Jill Dunkerton, Dillian Gordon, Ashok Roy y Jo Kirby 1994 “Art in the Making: Italian Painting Before 1400” National Gallery Publications.
- De la Fuente, Beatriz 1995 “La pintura mural prehispánica en México”, Teotihuacán, Vol. I, Universidad Nacional Autónoma de México.
- De la Fuente, Beatriz 2008 “La pintura mural prehispánica en México”, Oaxaca, Vol. III, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Domínguez Carrasco, María Del Rosario; Espinosa Pesqueira, Manuel Eduardo; Folan Higgins, William J. y Villegas, Pascale. 2017. “La Ciencia De Materiales: Una Alternativa Para El Estudio Y Preservación De Los Bienes Arqueológicos”, Diálogos Entre Saberes Estudios Interdisciplinarios En Arqueología, (Eds. Francisca Zalaquett Keiko Teranishi Socorro Jiménez), Universidad Nacional Autónoma De México.
- Eberhart, Jean Pierre 1997 “Analyse Structurale et Chimie des Matériaux” Ed. Dunod, Paris ISBN: 2 10 0033670.
- Egerton, R.F. 2016 “Physical principles of electron microscopy: an introduction to TEM, SEM, and AEM” Springer 2nd edition ISBN – e: 9783319398778.



- Echlin, Patrick 2009 "Handbook of Sample Preparation for Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis", Springer Science Business Media, LLC 2009.
- Espinosa, Manuel E. y Tapia, Martha 2004 "Análisis De Materiales De La Pintura Mural Los Prometeos De Arnold Belkin, Managua, Nicaragua" en La Ciencia De Materiales Y Su Impacto En La Arqueología., Innovación Editorial Lagares.
- Espinosa Pesqueira M. E., Mendoza Anaya, D. Y Fernández-García, Ma. E. 2015 "19th Century Mexican Leaded Bronze Alloys: Microstructural Characterization" Acta Microscópica, 24(A), 37-38.
- Espinosa Pesqueira Manuel e Isabel Medina González 2018 "Los Artefactos de la Ciudad Perdida: Un Estudio Sobre Tecnología", Publicado en La Ciudad Perdida: Raíces de los Soberanos Tarascos, págs. 78-81 Instituto de Antropología e Historia, ISBN 9786075391175.
- Esparza, Rodrigo y Efraín Cárdenas 2005 "Introducción". Arqueometría. Técnicas nucleares y convencionales aplicadas a la arqueología. Rodrigo Esparza y Efraín Cárdenas (coords). El Colegio de Michoacán, A.C. Zamora pp.9-14.
- García Uranga, Baudelina L. y José Humberto Medina G. 2016 "La turquesa en Alta Vista, Zacatecas" Arqueología Mexicana 141, 50-54.
- Gettens, Rutheford 1962 "Maya Blue: An Unsolved Problem in Ancient Pigments", American Antiquity 27, 4: 557-564.
- Gómez, Marisa; Chercoles, Ruth y San Andrés, Margarita 2012 "Los azules de cobalto, Fatto d'Archimia, Los pigmentos artificiales en las técnicas pictóricas", Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, España.
- José-Yacamán, M.L. Rendón, J. Arenas, and M.C. Serra Puche 1996 Maya Blue Paint: An Ancient Nanostructured Material. Science 273:223–225.
- Harbottle, Garman and Weigand, Phil C. 1992 "Turquoise in Pre-Columbian America" Scientific American February 78-85.
- Hermens, Erma y Joyce H. Townsend (eds.) 2009 "Sources and Serendipity: Testimonies of Artists' Practice", Londres, Archetype Publications.
- Husler, Dorothy 2005 en Los sonidos y colores del poder. La tecnología metalúrgica sagrada del occidente de México, El Colegio Mexiquense A.C.
- Ibarra, Macarena; Humberto Bonomo y Cecilia Ramírez 2014 "El Patrimonio como objeto de estudio interdisciplinario: Reflexiones desde la educación formal chilena". En: Polis Revista Latinoamericana. No. 39. Pp. 1-19.





- Kirby, Jo., Spring, Marika and Higgitt, Catherine 2005 "The Technology of Red Lake Pigment Manufacture: Study of the Dyestuff Substrate" National Gallery Technical Bulletin 26, 71-87.
- López, Luis 2012 "La importancia de la interdisciplinariedad en la construcción del conocimiento desde la filosofía de la educación". En: Sophia, Colección de Filosofía de la Educación, núm. 13, 2012, pp. 367-377 Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Medina González, José Humberto y García Uranga, Baudelina L. 2010 "Alta Vista a 100 Años de su Descubrimiento", Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Medina-González, I., Espinosa-Pesqueira, M.E., Fernández, Ma. E. 2014 "Los Colores de la Muerte: Resultados de un Estudio Científico sobre la Policromía del Complejo Funerario del Salitre, Tula, Hidalgo" Memorias del IV Congreso Latinoamericano de Arqueometría, México.
- Mendoza Anaya, Demetrio; Arenas Alatorre, Jesús A. (Eds.) et al. 2004 "La Ciencia de Materiales y su Impacto en la Arqueología" Vol. I.
- Mendoza Anaya, Demetrio; Arenas Alatorre, Jesús A. (Eds.) et al. 2005 "La Ciencia de Materiales y su Impacto en la Arqueología" Vol. II.
- Montero, Ignacio; Manuel García Heras y Elías López-Romero 2007 "Arqueometría. Cambios y tendencias actuales" en: Trabajos de Prehistoria. 64, No 1, enero-junio, pp. 23- 40.
- Pecharsky, Vitalij 2013 "Fundamentals of powder diffraction and structural characterization of materials" Springer ISBN – e: 9780387095790.
- Sánchez del Río, M., Reyes Valerio, C., Picquart, M., Haro Poniatowski, E., Lima, E., Hugo Lara, V., Castillo, P., Vázquez, H., Hugo Uc, V., Páez, S., Menéndez Castro, S., Lugo Romera, K., Bosch, P., Solis C. 2006 "Nuevas Investigaciones Sobre El Azul Maya", "La Ciencia de Materiales y su Impacto en la Arqueología" Innovación Editorial Lagares Vol. III, 11-20.
- Schulze, N., 2013, "How 'Real' does it get? Portable XRF Analysis of Thin-Walled Copper Bells from the Aztec Templo Mayor, Mexico", en Simmons, S. y A. Sugar (eds.) 2013a: 203- 226.
- Shackley, M. Steven 2011 "X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology" Springer Science+Business Media ISBN 978-1-4419-6885-2.
- Schreiner, Manfred; Melcher, Michael & Uhlir, Katharina 2007 "Scanning electron microscopy and energy dispersive analysis: applications in the field of cultural heritage", Anal Bioanal Chem. 387 737–747.



- Spring, Marik a 2012 "Colourless Powdered Glass as an Additive in Fifteenth- and Sixteenth- Century European Paintings" National Gallery Technical Bulletin 33, 4-26.
- Staines Cicero, Leticia 2001 "La pintura mural prehispánica en México", Área Maya Vol. II, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Stavroula Golfomitsou 2015 "Educating future professionals in conservation science: The challenges of an interdisciplinary field". En: Studies in Conservation. Vol. 60. -2, pp. 1-11.
- Weigand, Phil, Garman Harbottle y Edward V. Sayre. 1977. "Turquoise sources and sources analysis: Mesoamerica and the Southwestern U.S.A." en Exchange Systems in Prehistory, Timothy K. Earle y Jonathon E. Ericson (editors), Academic Press, pp. 15-34, New York, San Francisco, London.
- Zetina Ocaña, S., Espinosa Pesqueira, E., Pérez Castellanos, N. A., y Pappereti, R. R. 2012 "Xavier Guerrero, de México a Chile (From Mexico to Chile)", Some Remarks About the Use of Portland Cement in Mexican Muralism. Materials Research Society Symposium Proceedings, 1374, 73-85.
- Zetina Ocaña, Sandra; Arroyo Lemus, Elsa Minerva; Falcón Álvarez, Tatiana; Hernández Vázquez, Eumelia 2014 "La Dimensión Material del Arte Novohispano", Intervención Año, Núm. 10 Julio-diciembre 17-29.