

# EL USO DE RECURSOS NATURALES LOCALES EN LA PRODUCCIÓN DE SUPERFICIES PICTÓRICAS DECORATIVAS EN TEMPLOS JESUITAS DE LA NUEVA VIZCAYA (CHIHUAHUA, MÉXICO).

Karla María Muñoz Alcocer<sup>1,2,4</sup>, Laura Fuster López<sup>2</sup>, José Ramón Ruíz Checa<sup>2</sup>, Ma. Luisa Vázquez de Agredos Pascual<sup>3</sup>, Francesca Catarina Izzo<sup>4</sup>, Diana Laura Vega Moctezuma<sup>5</sup>, Norma Rosario Flores Holguín<sup>6</sup> y José Humberto Vega Mares<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Misiones Coloniales de Chihuahua A.C. (México)

<sup>2</sup> Universitat Politècnica de València(España)

<sup>3</sup> Universitat de València (España)

<sup>4</sup> Universidad Ca'Foscari Vencia (Italia)

<sup>5</sup> Laboratorio de Patrimonio Histórico – Tecnológico de Monterrey Campus Chihuahua (México)

<sup>6</sup> Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (México)

<sup>7</sup> Universidad Autónoma de Chihuahua (México)

**Autor de contacto:** Karla María Muñoz Alcocer - karmuoal@doctor.upv.es

**RESUMEN:** De un inventario de 283 templos históricos establecidos durante la dominación española en la región de la Nueva Vizcaya (Chihuahua, México) se han identificado 23 templos que albergan pinturas murales y/o techumbres policromas. En este artículo se presenta el estudio que se está llevando a cabo en nueve de ellos, todos fundados por misioneros Jesuitas entre 1640 y 1767. Recientes estudios (XRF, FORS, FTIR) han evidenciado que mientras que aquellas obras que presentan figuras y elementos decorativos puramente indígenas mantienen el estándar de pigmentos a base de óxido de hierro, aquellas que siguen cánones estilísticos europeos contienen (además de éstos) otros pigmentos y colorantes (ej. cochinilla, índigo) que, si bien pudieron haberse producido localmente, no forman parte de la paleta nativa de esta región.

El proyecto Biblioteca de Recursos Culturales desarrollado desde el Laboratorio de Patrimonio Histórico – Tecnológico de Monterrey Campus Chihuahua tiene como objetivo identificar, documentar y analizar materiales naturales presentes en Patrimonio Cultural. Gracias a él se están identificando los materiales utilizados en las superficies decorativas objeto de estudio. El presente artículo muestra la investigación multidisciplinar e interinstitucional que se ha desarrollado para la documentación, recolección y el estudio de dichos materiales en colaboración con miembros de las comunidades locales. Ello ha permitido no sólo poner en valor el patrimonio artístico de Chihuahua, sino también diseñar las estrategias de conservación adecuadas que garanticen su preservación.

**PALABRAS CLAVE:** Recursos naturales, Chihuahua, misiones coloniales, pigmentos, colorantes

## 1. INTRODUCCIÓN

El laboratorio de Patrimonio Histórico impulsado por la asociación Misiones Coloniales de Chihuahua A.C y el Tecnológico de Monterrey Campus Chihuahua está desarrollando un proyecto interdisciplinar y multinstitucional llamado Biblioteca de Recursos Culturales, cuyo objetivo es identificar, documentar y analizar materiales naturales presentes en el Patrimonio Cultural. El proyecto surgió ante la necesidad de determinar los pigmentos, colorantes y aglutinantes que están presentes en superficies decorativas de techumbres y muros de 23 templos históricos establecidos durante el periodo virreinal (1564-1821) en esta región del septentrión novohispano (México). Con ello se pretende a su vez identificar qué materiales pudieron haber sido transportados desde el centro de la Nueva España por medio del Camino Real de Tierra Adentro, es decir, a

través de la vía de comunicación y comercio que comunicaba la capital de la Nueva España con las provincias norteñas, hoy declarado Patrimonio de la Humanidad por UNESCO.

Las primeras investigaciones en ocho templos jesuitas fundados por misioneros de la orden entre 1640 y 1767 han revelado la presencia de pigmentos y colorantes hasta el momento no identificados en la paleta de los indígenas nativos, por lo que es probable que fueran introducidos en la región por los misioneros al decorar sus templos. A su vez, los aglutinantes no se identifican dentro de las resinas y gomas tradicionales en obras de este tipo, por lo que se presume que se utilizaron aglutinantes vegetales tradicionales. Las superficies decorativas que presentan dichas variaciones fueron pintadas bajo cánones estilísticos europeos, mientras que aquellas estudiadas hasta la fecha que presentan

figuras y elementos decorativos puramente indígenas mantienen el estándar de pigmentos a base de óxidos de hierro. En la actualidad y gracias a la participación de un equipo interdisciplinar (botánica, biotecnología, química, geología, ciencia de la conservación, arquitectura e historia del arte) y multinstitucional (universidades y centros de investigación de México, España, e Italia) y en colaboración con miembros de las comunidades locales, se está trabajando en la identificación de estos pigmentos, colorantes y aglutinantes.

Los primeros resultados obtenidos ponen de manifiesto que el presente proyecto, además de contribuir a la identificación de materiales y técnicas de manufactura de superficies decorativas y bienes artísticos para fines histórico-documental y conservativo, está contribuyendo a fortalecer tanto la Identidad Cultural como el sentido de pertenencia en las comunidades locales donde se está trabajando.

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos de esta investigación se centran en:

- Identificar los materiales y las técnicas de manufactura de policromías existentes en casos seleccionados de estudio representativos del patrimonio arquitectónico y artístico de los siglos XVII al XIX en el estado de Chihuahua en base a una base de datos de materiales rurales autóctonos, así como bases de datos de carácter analítico (FTIR, FORS, GC-MS).
- Generar aprendizaje bilateral entre miembros de comunidades y estudiantes/académicos como experiencia integral en el conocimiento de los materiales recolectados, registrando los usos tradicionales que aún están presentes en la memoria de la población local.
- Finalmente, este proyecto tiene a su vez el objetivo de formar a estudiantes de Biotecnología, Arquitectura, Geología y Ecología del Tec de Monterrey Campus Chihuahua y la Universidad Autónoma de Chihuahua en la investigación científica de estos materiales, así como de su reconocimiento como parte integral del patrimonio histórico y artístico de su estado.

## 3. DESCRIPCIÓN OBRA DE ESTUDIO

### 3.1. Contexto geográfico y materiales regionales

Las comunidades de Santa María de Cuevas, Cusihiuriachi, San Francisco de Borja y Santa Ana de La Joya se establecieron sobre ríos y arroyos que forman parte de la afluencia del Golfo de México en la región central delimitada por las faldas de la Sierra Tarahumara. Aunque, si bien están ubicadas relativamente cerca unas de las otras (distancia máxima 58 km en línea recta, 120 km por carretera), hay una variante de climas debido a la orografía del terreno en el que están inscritos. Santa Ana de La Joya se encuentra en una meseta y cuenta con un clima seco con registro de temperaturas extremas que varían entre 41° C y -14° C.

La comunidad de Santa María de Cuevas y San Francisco de Borja comparten las mismas características, estando localizadas ambas sobre una meseta delimitada por lomeríos. Tiene un clima semi-seco con temperaturas máximas de 27° C y mínima de 6° C. En Cusihiuriachi hay un clima semihúmedo, con temperaturas entre 39° C y -12° C. Esto se debe a que está inscrito entre cañadas formadas por peñascos y minas. A pesar de esta variante de climas, comparten una vegetación relativamente semejante: árboles, arbustos y matorrales son respectivamente de encino blanco, encino rojo, ciprés, abeto, táscate, mezquite, así como cactáceas, yuca, y agaves principalmente. En cuanto a recursos minerales cuentan con: cal, cantera, cuarzo, barita, magnesio y caliza. En Cusihiuriachi y cerca de San Francisco de Borja hay minas de oro, plata, cobre y plomo (Economía, 2011).

La comunidad de Humariza está localizada en el interior de la Sierra Tarahumara. Está conformada por grandes planicies, sierras y barrancas. Dentro de la misma sierra hay dos ecosistemas: las partes más altas cuentan con un clima templado subhúmedo con una vegetación de bosque de pino y pino-encino (como es en el caso de Humariza). El segundo, se da al fondo de las barrancas (300 m.s.n.m.) donde hay un clima cálido subtropical (Lebgue, 2002). El río que pasa por Humariza pertenece -al igual que las otras comunidades- a la vertiente del Golfo. Presenta una temperatura máxima de 30°C y una mínima de -12°C. Según registros esta región carece de recursos naturales para explotación (Figura 1).

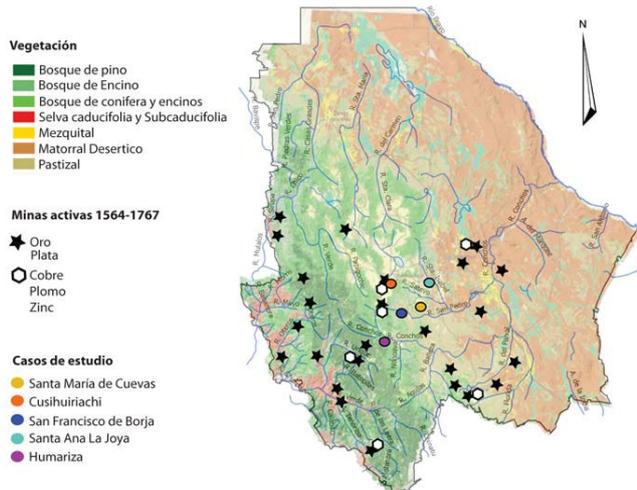


Figura 1. Mapa del eEstado de Chihuahua mostrando la ubicación de los casos de estudio, la vegetación, hidrografía y minas cercanas a los templos en estudio. Dibujo K. Muñoz Alcocer. Fuente: (INEGI, 2003; Márquez, 2004)

### 3.2. Superficies decorativas

Los casos de estudio son templos que albergan superficies decorativas en muros y techumbres, así como como en coros y retablos.

Es posible diferenciar dos tipologías de pintura dentro de estas decoraciones: ornamental y narrativa. La primera cumple exclusivamente la función de decorar el espacio o el bien estructural. De esta tipología son ocho de los ocho templos que están siendo estudiados, a saber: San Francisco de Borja; Santa Ana y San Joaquín de La Joya; Santa Rosa de Lima, Cusihuiachi; Santa Cruz, Valle de Rosario; San Ignacio, Coyachi; Santo Nombre de Jesús, Carichi, San Gerónimo, Huejotitán, y San Ignacio Humariza. El noveno caso de estudio es un templo cuyos muros y techumbres ilustran un programa narrativo sobre la Asunción de la Virgen María Inmaculada (La Asunción de Santa María de Cuevas) a través de recursos iconográficos de fácil identificación (Munoz Alcocer, 2016). Para el presente artículo se han seleccionado cinco casos de estudio: tres que siguen cánones estilísticos europeos y comparten una misma región geográfica, y un último que presenta diseños decorativos y figuras nativas ubicado en el interior de la Sierra Tarahumara (Figura 2).

La capacidad de adaptación y el uso de estilos, materiales y técnicas de manufactura de bienes arquitectónicos y artísticos por los misioneros jesuitas ha sido ampliamente reconocida y descrita (de la Riestra, 2015; Alcalá, 2002; Decorme, 1941), por lo que establecer una relación entre los materiales regionales entorno a este patrimonio lo hace imperante para establecer una correcta y certera identificación de los pigmentos utilizados para decorar estas superficies sobre muro y madera.



Figura 2. Detalle de rostro de un querubín que forma parte de la pintura narrativa de Santa María de Cuevas (a); Detalle de una viga de la misión de San Ignacio de Humariza que presenta pintura figurativa con motivos indígenas.

Tabla 1. Casos de estudios seleccionados

LOCALIDAD	TIPOLOGIA DE POLICROMÍA	PALETA COLORES
Santa María de Cuevas	Pintura narrativa Canones Europeos	[Paleta de colores europeos: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, negro]
Cusihuiachi	Pintura decorativa Canones Europeos	[Paleta de colores europeos: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, negro]
San Francisco de Borja		[Paleta de colores europeos: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, negro]
Santa Ana La Joya	[Paleta de colores europeos: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, negro]	[Paleta de colores europeos: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, negro]
Humariza	Pintura decorativa Figurativa Motivos indígenas locales	[Paleta de colores indígenas locales: rojo, negro]

El estudio multianalítico (FORS, XRF, Fotografía UV-IR falso color, FTIR, microscopía óptica) de la policromía de madera de las techumbres estudiadas no ha sido del todo conclusiva en base a las técnicas aplicadas hasta el momento, sin embargo, ha arrojado indicios sobre la naturaleza de los pigmentos y colorantes presentes. Los colores rojos, anaranjados, amarillos, y marrones presentes en Santa María de Cuevas, La Joya, y Humariza son pigmentos obtenidos principalmente a base de óxido de hierro ( $Fe_2O_3$ ) y tierras rojas. A su vez en el caso del negro, aunque si bien en algunos casos podría ser a base de carbón, también se detectó la presencia de hierro, silicio y

potasio por lo que podría tratarse de tierras. Tanto en Cusihuirachi como en San Francisco de Borja los rojos contienen plomo, pudiéndose tratar de minio (PbO). El verde en todos los casos de estudio contiene importantes concentraciones de cobre, pudiéndose tratar de malaquita  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ , sin embargo, las técnicas FORS y FTIR no pudieron confirmarlo. El azul en Santa María de Cuevas y Cusihuirachi fue identificado como índigo, cuya aparición en Mesoamérica está documentada por análisis arqueobotánicos desde al menos el 2.000a.C, lo que se remonta al periodo arcaico. El uso de este colorante en época prehispánica fue amplio en diversos soportes, desde el textil al arquitectónico, pasando por otros como el cerámico. Su uso en algunas de estas superficies, como la arquitectura, exigió su transformación en una materia colorante más estable, que fue conocida desde mediados del siglo XX como azul maya (Gettens, 1962).. Su manufactura, en esencia, consistió desde al menos el Preclásico Tardío mesoamericano (Vázquez de Ágredos et al. 2011) en la precipitación del colorante (previamente extraído por maceración de las hojas de distintas especies de *Indigófera*) en una matriz inerte de atapulgita, y el calentamiento térmico de esta síntesis a una temperatura no superior a 250°C, pues a más grados los anillos del índigo fracturan y la preparación del azul maya fracasa (Doménech et al., 2009). Los análisis efectuados en en Santa María de Cuevas y Cusihuirachi no identificaron la matriz de aluminio, sílice y magnesio propia de la atapulgita, por lo que no podemos afirmar que este azul se trate de un azul maya, si bien es cierto que no podemos descartar la hipótesis de tener esta misma síntesis o tecnología del color, pero con sello de identidad propia. En otras palabras: la tecnología del azul maya, pero adaptada a los materiales locales, lo que supondría el uso de otras matrices inertes más abundantes en la zona, como la calcita o yeso de las bases de preparación. El azul de Santa Ana no fue identificado, aunque es posible que se trate de algún otro colorante local. Finalmente, el rosa presente en la paleta de las techumbres de Santa María de Cuevas y Cusihuirachi fue identificado como carmín (Muñoz Alcocer et al., 2015)

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Materiales de estudio

El material de estudio en la presente investigación se componía de:

- Muestras milimétricas de policromía y madera provenientes de techumbres policromadas y de la pintura mural de las obras objeto de estudio.
- Recursos naturales orgánicos e inorgánicos procedentes de la región geográfica donde están ubicados los templos estudiados. Se trata de

materiales tales como: tierras, piedras, rocas minerales (procedentes de minas cercanas), hojas, semillas, flores, extractos de plantas, árboles y arbustos (que puedan tener tanto propiedades tintóreas como propiedades fijativas en la preparación de colorantes y pigmentos), al igual que plantas que tengan la capacidad de influir en el cambio de tonalidad (entonantes) en el color de los pigmentos (Gayo García, 2014). Finalmente, se han recolectado pencas de nopal infestadas por cochinilla silvestre (*Dactylopius coccus*). Hasta el momento es el único recurso natural de origen animal que está siendo estudiado. La recolección del material se ha realizado con la participación de miembros de las comunidades locales, aportando sus conocimientos empíricos sobre las propiedades y usos de los materiales, incluyendo los de fines medicinales (Figura 3).

- Pigmentos y probetas consistentes en tablas de madera policromadas previamente preparadas con carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) simulando las policromías originales y en las que se ha utilizado el agua de los ríos cercanos a los sitios, con la finalidad de establecer comparaciones entre éstas y las obras estudiadas.



Figura 3. Custodio del templo de Santa Rosa de Lima de Cusihuirachi mostrando las tierras y piedras recolectadas en áreas cercanas al templo. Foto: K.Muñoz Alcocer.

### 4.2 Métodos

Una vez recolectados los materiales se documentaron, fotografiaron y registraron según la clave de la localidad geoestadística del Instituto Nacional de Geología y Estadística (INEGI). El instrumental utilizado en el análisis consistió en:

- Espectrofotómetro Bruker ALPHA-P FTIR equipado con un módulo de muestreo Platinum ATR (cristal de diamante) para recoger espectros en el intervalo de  $4000\text{-}550\text{ cm}^{-1}$ . Los espectros se examinaron con el software Quick Compare OPUS. Los espectros de

ATR-FT-IR obtenidos tanto de las obras de estudio como de los recursos naturales recolectados.

- Microscopio óptico Olympus con luz transmitida y reflejada en campo claro y campo oscuro y luz polarizada. Las muestras estratigráficas se encapsularon en resina Epoxy marca Epo-Tek 301-1 y curaron a temperatura ambiente 23<sup>0</sup>c durante 24 horas. El proceso se realizó en Laboratorio de Patrimonio Histórico – LPH.

La identificación de las policromías de las techumbres y la estructura de la madera fueron además estudiadas *in situ* con las siguientes técnicas:

- Espectroscopia de fluorescencia de rayos X – XRF. Equipo marca Tracer-III SD de Bruker. Las condiciones de análisis fueron 40 kV, 11  $\mu$ A y 30 s de adquisición. Los espectros se procesaron utilizando el software Spectra Artax versión 7.4.6.1 de Bruker.

Reflectancia de fibra óptica – FORS. Equipo marca FieldSpect4 (ASD Inc.) Las condiciones de análisis fueron en un área de análisis de 1 cm de diámetro a un rango espectral de 300 a 2500nm y una resolución de 3nm para el rango visible y 10nm para el infrarrojo cercano. En cada punto se adquirió un espectro de reflectancia y otro de absorbancia. Los espectros fueron procesados mediante el software Microcal Origin v8.

Estos estudios fueron realizados por el Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## 5. EXPERIMENTACIÓN

### 5.1 Pigmentos y colorantes

#### 5.1.1 Ocre – Óxido de Hierro

Las tierras y rocas recolectadas se molieron en mortero hasta lograr partículas semi homogéneas y pulverizadas. Estas se mezclaron con agua del río según el caso de estudio. Las variables realizadas dependieron del tipo de mordiente (o ausencia de éste) a utilizar, siguiendo para ello recetas europeas tradicionales, principalmente las de Cennino Cennini, como también aquellos que habían sido documentados como parte de la preparación de pigmentos y colorantes tradicionales de los indígenas locales. Los mordientes utilizados fueron: vinagre, alumbre (alúmina), cal, y urea como sustituto de orina.

#### 5.1.2 Índigo y Azul Maya

Aunque si bien la presencia de *Indigofera Suffruticosa* ha sido registrada por botánicos locales a 1500 m.s.n.m hasta los niveles más profundos de los cañones de Sierra Tarahumara, aproximadamente a ocho horas de

distancia en coche desde Santa María de Cuevas (400 km) y Cusihiuriachi (323 km), no ha sido posible su recolección hasta el momento.

El índigo utilizado en los presentes experimentos procede de Oaxaca<sup>1</sup>. Las probetas se hicieron con el objetivo de determinar si los azules de estos casos de estudio fueron preparados solamente con índigo, o bien si utilizaron una arcilla local de tipo atapulgita, lo que confirmaría la presencia de azul maya. Una variante en el material empleado en la matriz inerte, a su vez, supondría confirmar la presencia de variantes en una misma tecnología del color, adaptadas a recursos y conocimientos locales.

El índigo en polvo fue diluido con agua procedente de los ríos de Santa María de Cuevas y Cusihiuriachi y separado en dos recipientes. En un recipiente se mezcló índigo con yeso mientras que en el segundo recipiente se mezcló yeso con sepiolita. Ambos se pusieron a fuego templado y controlado hasta que se obtuvo una mezcla de pigmento homogénea.

#### 5.1.3 Carmín

El colorante carmín fue preparado con cochinilla (*Dactylopius coccus*) domesticada<sup>2</sup> y con cochinilla silvestre procedente de un cactus (*Opuntia*) encontrado a 10 km de Santa María de Cuevas lo que sugiere la posible existencia de cochinilla en la región, a pesar del desconocimiento de sus propiedades tintóreas por parte de la comunidad local.

La finalidad del experimental se centraba por una parte en poder establecer diferencias tonales entre la cochinilla domesticada y la silvestre, tanto visualmente como mediante análisis FTIR. Por otra parte, el estudio pretendía identificar los mordientes y entonantes utilizados en los casos de estudio. Los mordientes utilizados fueron: alumbre (alúmina) y urea en sustitución de orina, ambos utilizados por los indígenas locales en la producción de otros colorantes y pigmentos (Pennington, 1963). Como entonantes se utilizó lejía de ceniza, planta agria, e hidróxido de cal y sulfato de hierro o pirita (FeS<sub>2</sub>), procedente de la variedad dorada de las minas de Urique.

### 5.2 Probetas

Una vez preparados los pigmentos, éstos se aplicaron en tablas de madera de diferentes especies que habían sido recubiertas con una preparación tanto a base de sulfato de calcio como de carbonato de calcio, con el objetivo de establecer una correlación más cercana entre la policromía de las superficies decorativas en estudio y las probetas preparadas.

Con la finalidad de evitar mayor complejidad en la lectura de los espectros FTIR, y enfocar principalmente los resultados a los pigmentos, no fue incluido ningún

tipo de cola o material orgánico en las bases de preparación de las probetas.

Para el experimento del índigo- azul Maya, además de incluir las mezclas de pigmentos antes descritas, se aplicó índigo puro (tan solo diluido en agua) sobre la base de preparación de sulfato de calcio, con la propósito de poder determinar si el índigo había sido preparado anteriormente con yeso, (siguiendo la tradicional receta del azul Maya), o bien si la ornamentación azul había sido aplicada directamente sobre la base de preparación que -al estar humedecida- favorecería la fijación del colorante a la carga ya adherida al soporte.



Figura 4. Probeta que muestra las combinaciones de mordientes y entonantes en la preparación del colorante carmín, y tierras amarillas recolectadas en Cusihiuriachi. Foto: K. Muñoz Alcocer

## 6. RESULTADOS

Son múltiples los resultados que se están obteniendo de esta investigación por lo que los pigmentos y colorantes que se presentan a continuación deben ser considerados como resultados preliminares que revelan la importancia del estudio de los materiales regionales para el conocimiento e interpretación de las policromías encontradas en muros y techumbres en templos virreinales en la Nueva Vizcaya.

### 6.1 Ocre – Óxido de Hierro

El pigmento negro y café (tornasol) de la techumbre de San Francisco de Borja, fue identificado mediante XRF a partir de la presencia de hierro y altas concentraciones de cobre. El espectro muestra una comparación entre el negro de la techumbre con el negro barroso encontrado a 6 kilómetros del templo. Aunque si bien existe una correlación no conclusiva, presenta un 91% de similitud entre ambos.

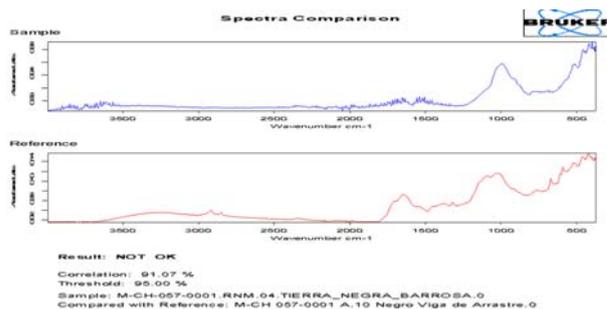


Figura 4. Espectro ATR-FTIR del pigmento negro del alfarje de San Francisco de Borja y la tierra negra barrosa recolectada a 6 km de distancia del templo. Estudio: K. Muñoz Alcocer

### 6.2 Índigo- Azul Maya

El azul presente en el alfarje de Cusihiuriachi M-CH 018-0001.E.T3.02 (espectro azul, Figura 5), fue comparado con dos pigmentos preparados y aplicados en la probeta con base de preparación de sulfato de calcio.

El pigmento con mayor similitud es el compuesto por índigo en yeso 4:1 LPH.DT2.01.18-0001.H (espectro amarillo, Figura 5). Éste se realizó sin previa cohesión del yeso, es decir estando el índigo acuoso se mezclaron en frío y posteriormente se calentó la mezcla hasta conseguir una consistencia homogénea, lo que evidencia un modo de estabilizar colorantes directamente sobre bases de preparación de naturaleza inerte, como el propio sulfato de yeso, muy extendida en la Europa medieval y renacentista (M. Picollo, comunicación personal 2017). El segundo pigmento a comparar es el "azul Maya" LPH.DT2.01.18-0001.F (espectro verde, Figura 5). Éste fue realizado con índigo y sepiolita local siguiendo la receta tradicional de azul maya.

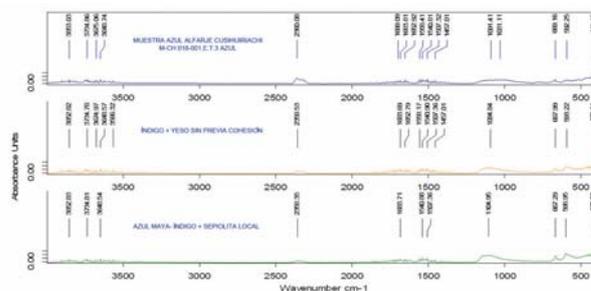


Figura 5. Espectro ATR-FTIR del pigmento azul del alfarje de Cusihiuriachi y el índigo preparado con yeso y sepiolita local. Estudio: K. Muñoz Alcocer

Los tres espectros mantienen una semejanza casi idéntica. El espectro azul maya local (espectro verde) muestra una diferencia con los otros dos espectros en el rango 1200-1000  $\text{cm}^{-1}$ . Es decir, éste muestra presenta una absorción en 1116 mientras que los otros dos coinciden en 1091 (muestra original, espectro azul) y

1095 (índigo+yeso, espectro amarillo). Para poder establecer una correcta interpretación se hace necesario producir pigmentos azul maya con sepiolita local a diferentes proporciones, con la finalidad de determinar mediante esta técnica la presencia de sepiolita en el azul de la techumbre de Santa María de Cuevas. Ahora bien, el experimento permitió establecer una comparación entre los pigmentos preparados azul Maya local por las diferentes aguas de río. El espectro (Figura 6) presenta una comparación entre el azul de la techumbre de Santa María de Cuevas M-CH.022-0014.DT1.01 con el azul de la techumbre de Cusihiuriachi M-CH.018-0001.E.T3.02 con los pigmentos preparados con índigo y sepiolita local con el agua correspondiente al río de Santa María de Cuevas LPH.DT1.01.022-0014.B y el de Cusihiuriachi LPH.DT1.01.018-0001.F. Es interesante ver cómo el agua tiene una participación muy importante para la correcta interpretación de los pigmentos y colorantes de bienes artísticos. A pesar de que hay variaciones de absorción entre los pigmentos originales y las probetas (las cuales requieren una interpretación más detallada), el espectro muestra claramente, cómo el único componente que varía entre los pigmentos preparados con índigo y sepiolita es el agua, y se puede observar la correlación que existe entre la muestra original de ambos templos con su correspondiente pigmento azul maya elaborado (figura 6).

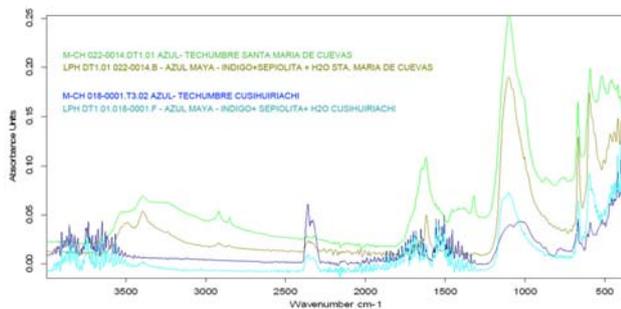


Figura 6. Espectro ATR-FTIR del pigmento azul del alfarje de Cusihiuriachi y Santa María de Cuevas con pigmentos preparados con índigo y sepiolita con agua de los ríos de correspondientes localidades. Estudio: K. Muñoz Alcocer

### 6.3 Carmín

Los pigmentos preparados en laboratorio con cochinilla seca y cochinilla silvestre no presentaron diferencias significativas. Incluso modificando el proceso de preparación mantienen una considerable correlación entre ellas. El espectro antepone el rosa de la techumbre de Santa María de Cuevas M-CH 022-0014.DT1.03 con los pigmentos preparados con cochinilla silvestre LPH-DTC.01.022-0014.P.CA.CC.B, y cochinilla domesticada DTC.01.022-0014.P.CA.CC.C preparadas solamente calentando la cochinilla sin mordiente (Figura 7). Estas se diferencian de espectro que compara el mismo rosa de la techumbre con los

pigmentos preparados con alumbre en proporción 1:1. Con cochinilla silvestre LPH-DTC.01.022-0014.P.CA.CC.G y domesticada LPH-DTC.01.022-0014.P.CA.CC.I (Figura 8). La diferencia entre los pigmentos con alumbre y los pigmentos con cochinilla sola, tanto silvestre como domesticada presentan una variación entre el rango 1600-1400  $\text{cm}^{-1}$ . La muestra original de la techumbre además de otras bandas de absorción debidas a la presencia de madera y posiblemente del aglutinante, presenta una mayor correlación los pigmentos preparados con cochinilla en caliente y sin alumbre.

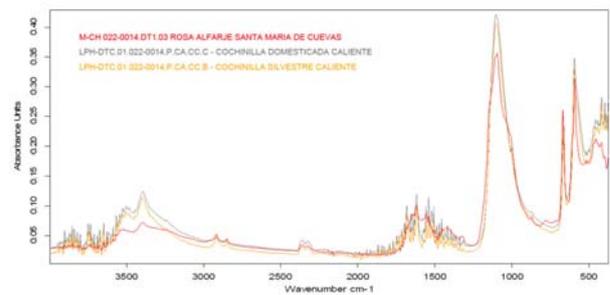


Figura 7. Espectro ATR-FTIR del pigmento azul del alfarje de Cusihiuriachi y Santa María de Cuevas con pigmentos preparados con cochinilla caliente con agua de los ríos de correspondientes localidades. Estudio: K. Muñoz Alcocer

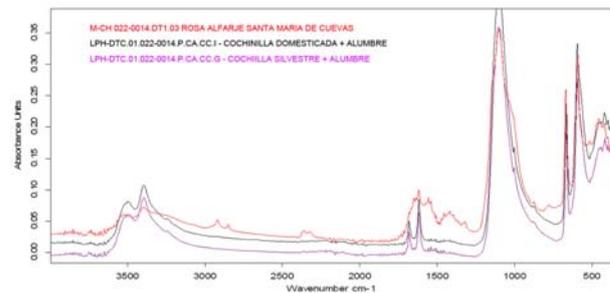


Figura 8. Espectro ATR-FTIR del pigmento azul del alfarje de Cusihiuriachi y Santa María de Cuevas con pigmentos preparados con cochinilla+alumbre con agua de los ríos de correspondientes localidades. Estudio: K. Muñoz Alcocer

## 5. CONCLUSIONES

El estudio del Patrimonio Cultural requiere ser comprendido por todo lo que le encierra entorno a éste. El uso de materiales regionales así como la fuente de agua en donde están emplazados estos templos históricos, se convierten en los componentes principales en la construcción tanto de estos edificios como en su decoración. Los resultados aquí presentados, si bien requieren de un análisis más profundo, establecen una clara importancia entre la correlación materia prima regional con el bien edificado. La participación interdisciplinaria y multinsitucional enriquecer conclusiones relativas a los yacimientos de origen de las materias primas, las rutas por las que llegaron en el caso de que su procedencia sea foránea, sus procesos de

manufacutra, y correcta interpretación en las ciencias de la Conservación y Restauración, y la historia del arte. Asimismo, estos equipos favorecen la obtención de resultados holísticos que pueden beneficiar a las poblaciones locales, no sólo para recuperar conocimientos sobre su pasado a través de Talleres de Sensibilización sobre Patrimonio Cultural y Natural ad hoc, sino también para reforzar la identidad socio-cultural de estas comunidades y con ello favorecer un fortalecimiento comunitario que siempre es motor de Desarrollo Local.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todas las organizaciones e instituciones de México (Misiones Coloniales de Chihuahua AC, Tecnológico Monterrey Campus Chihuahua, Laboratorio de Patrimonio Histórico, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONACYT, Centro de Investigación de Materiales Avanzados - CIMAV Chihuahua, Universidad Autónoma de Chihuahua, Instituto Nacional de Antropología e Historia - INAH, Chihuahua, CONACYT-Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Empresa minera Dia Bras, así como autoridades locales y comunidades de Santa María de Cuevas, Cusihiuriachi, La Joya, Satevó, Rosario, Coyachi, San Francisco de Borja), Estados Unidos (Museum Conservation Institute- Smithsonian Institution, Programa de Becas J. Paul Getty), España (Universidad Politécnica de Valencia) e Italia (Università Ca' Foscari, IFAC-CNR en Firenze, IVASA-CNR en Trento), que han contribuido al desarrollo de este estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcala, L.E. (2002) *Fundaciones jesuíticas en iberoamérica*

Decorme, G. (1941) *La Obra de los Jesuitas mexicanos durante la época colonial*. Antingua Libreria Robredo.

Economía, S. De (2011) '*Chihuahua Minero*'. Chihuahua, Mexico

Gayo García, M.D. (2014) 'El uso de la grana cochinilla en la pintura española de los siglos XVI y XVIII' In: *Rojo Mexicano*. Ciudad de Mexico: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Gettens, R.J. (1962) 'Maya Blue: An Unsolved Problem in Ancient Pigments' In: *American Antiquity* 27 (4) pp.557–564.

Ma. Luisa Vázquez de Ágredos Pascual, Ma. Teresa Doménech Carbó, Antonio Doménech Carbó, (2011) *Characterization of Maya Blue Pigment in Pre-Classical and Classical Monumental Architecture of the Ancient Pre-Columbian City of Calakmul (Campeche, Mexico)*. Journal of Cultural Heritage 12, 140–148.

Doménech Carbó, Antonio, Ma. Teresa Doménech Carbó & Ma. Luisa Vázquez de Ágredos Pascual, (2009) *Maya Blue as a Nanostructured Polyfunctional Hybrid Organic-Inorganic Material: the need to change paradigms* In: *New Journal of Chemistry* 33: 2371-2379. Royal Society of Chemistry, USA.

INEGI (2003) *Síntesis de información geográfica del estado de Chihuahua*. Mexico

de la Riestra, P. (2015) *Edificio Gesuitici del Vecchio e del Novo Mondo*.

Lebgue, T. (2002) *Flora de las Barrancas de Cobre*. Chihuahua, Mexico

Márquez, Z. (2004) *Misiones de Chihuahua S. XVII y XVIII*. Secretaria de Educación Pública.

Muñoz-Alcocer, K. *et al.* (2016) 'Pre-hispanic pigments and Italian renaissance designs at Spanish colonial missions churches in Northern Mexico' In: *Color Research and Application* 41 (3) pp.289–293.

Pennington, C. (1963) *The Tarahumara of Mexico: their environment and material culture*. Salt Lake City, Utah: University of Utah Press.

## NOTAS ACLARATORIAS

<sup>1</sup> Agradecemos al Dr. Miguel Ángel Maynez por proporcionar el índigo para llevar a cabo estas pruebas. El índigo fue producido a manera tradicional por una familia oaxaqueña que por generaciones producen colorantes naturales para teñir textiles.

<sup>2</sup> Gracias a la Dra. Elena Aguado Guardiola por proporcionar cochinilla domesticada procedente de la isla de Lanzarote. Esta cochinilla fue donada por Pedro José Corujo de México a la Real Sociedad Económica de Cádiz en 1820, introducidas a las Islas Canarias en 1825.