



GUÍA
DIDÁCTICA

PROGRAMA

CHAT

CIENCIA HISTORIA ARTE Y TECNOLOGIA

LO QUE LOS RAYOS X
NOS PUEDEN CONTAR
SOBRE LOS PIGMENTOS

Pigmentos a lo largo del
tiempo

Portada: Patricia Gonzales (Química, PUCP), monitora científica del Programa CHAT realizando el análisis de fluorescencia de rayos X a la escultura *Ángel de la Guarda* del retablo de San Francisco de Borja (iglesia San Pedro de Lima). Fotografía: Equipo del Programa CHAT.



Lo que los rayos X nos pueden contar
sobre los pigmentos

PIGMENTOS A LO LARGO DEL TIEMPO

GUÍA DIDÁCTICA

PROGRAMA

CHAT

CIENCIA HISTORIA ARTE Y TECNOLOGIA

COORDINACIÓN DEL PROYECTO

Betty Galarreta
Patricia Gonzales

CONTENIDOS CIENTÍFICOS Y TEXTOS

Betty Galarreta
Patricia Gonzales
Irma Barriga
Nancy Junchaya

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Evelyn Salazar

IMÁGENES E ILUSTRACIONES

Patricia Gonzales
Evelyn Salazar

DISEÑO VECTORIAL ORIGINAL

freepik.com
vectoropenstock.com

FOTOGRAFÍA

Equipo del Programa CHAT

CRÉDITOS

La edición del presente documento forma parte de los resultados del Programa CHAT Ciencia, Historia, Arte y Tecnología, cuya primera temporada se realiza del 02 de abril al 18 de julio de 2015.

COPYRIGHT

El material desarrollado por el equipo técnico del Programa CHAT Ciencia, Historia, Arte y Tecnología está licenciado bajo la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMIENTOS

Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad - Ministerio de la Producción. Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP): Dirección Académica de Responsabilidad Social,

Dirección de Gestión de la Investigación, Instituto de Docencia Universitaria, Departamento de Ciencias - Sección Química, Maestría en Historia del Arte y Curaduría.

Museo de los Descalzos, Fundación Descalzos del Rímac, iglesia San Pedro de Lima, Taller de Conservación y Restauración San Pedro de Lima, Universidad Nacional del Centro del Perú, Museo del Convento de Santa Rosa de Ocopa.

Luis Ortega, Javier Nakamatsu, Victoria Landa, Sara Córdova, Cécile Michaud, Irma Barriga, Alberta Álvarez, Nancy Junchaya, Ciro Espinoza, Karinna Visurraga, Evelyn Salazar.

P. José Rodríguez, S.J., P. Percy Barrientos, O.F.M., P. Jorge Cajo, O.F.M.

Linda Soto, Miguel Espinoza, Ricardo Huamaní, Jhonatan Arízaga, Diego Córdova, Angeline Saldaña, Jorge Trevejo, Javier Reluz, Fiorella Gómez de la Torre, Claudia Cárdenas, María del Carmen Prado, Carlos Yarlequé, César Carrión, Rosa Alcántara, Vanessa Navarro, Gisselli Távara, Carlos Cuevas, Adrián Príncipe, Isabel Mansilla, Ivon Canseco, María Cuenca, Joseph Putz, Mariela Ninanya, P. Antonio Goicochea (O.F.M.), Carlos Martínez.

Fr. Antonio Saldaña (O.F.M.), Luis Ayala, Yulán Hernández, Francisco Huamán, Yves Coello, Fabian Limonchi, Giancarlo Arana, Isabel Cabello, Arturo Távora, Carlos Acevedo, Bruno Ccopa, Carlos Chávez, Martha Patricia Puente de la Vega, Francis Pajuelo, Tiana León, Elizabeth Pompilla, Luis Berrio, Luz Mamani, Verónica Montoya, Karina Bañón, Rocío Ponce, Cindy Vargas, María Teresa Rodríguez, Natalia Consiglieri, Lucía Bracco, Analí Quevedo, Rocío Espinel, Trinidad Montero, Luciana Reátegui, Estrella Guerra.

Las coordinadoras del proyecto agradecen de manera personal a sus familias y amigos por el apoyo brindado.

FINANCIAN

DIRECCIÓN ACADÉMICA DE
RESPONSABILIDAD SOCIAL

DIRECCIÓN DE
GESTIÓN DE LA
INVESTIGACIÓN



Innóvate Perú

PARTICIPAN



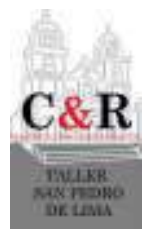
MUSEO DEL CONVENTO
DE SANTA ROSA DE OCOPA



museo de los
descalzos



San Pedro



¿Cómo usar esta guía didáctica?

Esta guía está dividida en dos partes: la primera está enfocada en el **MONITOR**, quien dirige la actividad, y la segunda va dirigida a quienes **PARTICIPARÁN** en la misma. El material del monitor contiene todos los requerimientos (espacios físicos y materiales) y los detalles científicos e históricos necesarios para que la actividad pueda ser implementada. De manera más resumida y lúdica, también se incluye el material didáctico que recibe cada participante.

Si bien la guía es el resultado del trabajo realizado en la primera temporada del Programa CHAT, entre abril y julio de 2015, es fácilmente adaptable a otros espacios patrimoniales. En realidad, uno de los objetivos principales de publicar esta guía es justamente que pueda ser utilizada como base para replicar un programa similar al Programa CHAT en otros espacios. De la misma forma, el material que encontrarás en ella puede servir para trabajar ciertos temas que forman parte de la currícula escolar o de la educación superior de una manera distinta e innovadora.



Karina Visurraga (Química, PUCP) y Patricia Gonzales (Química, PUCP), monitoras científicas del Programa CHAT, en el taller "Lo que los rayos X nos pueden contar sobre los pigmentos. Pigmentos a lo largo del tiempo" en la iglesia San Pedro de Lima (junio, 2015).

AYUDA VISUAL



OBJETIVOS



MATERIALES



VOCABULARIO



TEMAS



ACTIVIDAD
(Monitor)



RECUERDA
DATOS DE INTERÉS



RESUMEN



ACTIVIDAD
(Participante)



AVISO DE
SEGURIDAD



AMBIENTACIÓN



BIBLIOGRAFÍA
ENLACES DE INTERÉS

20 a 25
participantes

11+
años

90
minutos

2
monitores

4 a 5
participantes
por grupo

Lo que los rayos X nos pueden contar sobre los pigmentos

Pigmentos a lo largo del tiempo



OBJETIVOS

En esta actividad podrás conocer un poco más sobre...

- La aplicación de los rayos X (radiografías y espectrometría de fluorescencia de rayos X-FRX) en el estudio de objetos de nuestro patrimonio virreinal.
- La necesidad de un trabajo interdisciplinario en el estudio de este tipo de objetos.



TEMAS

CIENCIA

- Estructura del átomo
- Tabla periódica
- Rayos X

HISTORIA

- Virreinato del Perú

ARTE

- Escultura virreinal
- Materiales artísticos
- Técnicas de conservación del patrimonio cultural material.

TECNOLOGÍA

- Radiografías
- Espectrometría de fluorescencia de rayos X



RESUMEN

Esta actividad nos muestra las distintas maneras en las que podemos utilizar los rayos X para el estudio de nuestro patrimonio cultural.

Específicamente, veremos la aplicación de las radiografías (con las que estamos más familiarizados) y de la espectrometría de fluorescencia de rayos X en el análisis de los pigmentos.

¿Cuántos cambios ha experimentado una escultura de madera policromada en el tiempo? ¿Aproximadamente cuándo se cambió el color de una zona de un retablo? Iremos descubriendo esto conforme avanzamos con esta actividad.



CONTENIDOS DEL DCN - MINISTERIO DE EDUCACIÓN DEL PERÚ

Las actividades del Programa CHAT pueden realizarse para complementar los contenidos del Diseño Curricular Nacional y las Rutas de Aprendizaje, conforme al Ministerio de Educación del Perú. Para más información revisa el siguiente enlace: <http://recursos.perueduca.pe/rutas/>

EDAD	GRADO	CIENCIA	HISTORIA
11 años	6° grado Primaria	<p>Materia y cambios: Modelos de la estructura interna de objetos y sustancias.</p> <p>Fuerza y movimiento: Fenómenos moleculares: adhesión, cohesión, capilaridad, ósmosis y difusión.</p>	<p>Patrimonio natural y cultural:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Principales Zonas de Reserva Natural y muestras del Patrimonio Cultural en el mundo. <p>Visión general del proceso histórico del Perú:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El Tahuantinsuyo: Expresiones culturales más representativas. - La Conquista y la Colonia en América. - Virreinato: Expresiones culturales propias de la época.
12 años	1° grado Secundaria	<p>Ciencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Metodología científica y actitud científica. <p>Materia y energía:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Materia y sus propiedades generales y específicas. - Fuentes de energía y conservación de energía. 	<p>Historia personal, familiar y del Perú</p> <ul style="list-style-type: none"> - Historia e historiografía. Fuentes de la historia. - Patrimonio cultural en el Perú. - La historia del Perú como patrimonio nacional. <p>*CÍVICA: Diversidad y pertinencia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Manifestaciones de la diversidad cultural en el Perú. - Respeto a la diversidad cultural, la interculturalidad.
13 años	2° grado Secundaria	<p>Ciencia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Metodología científica y la actitud científica. - El papel de la ciencia en la vida cotidiana. - Proyectos de investigación. <p>Calor y temperatura</p> <ul style="list-style-type: none"> - El sol fuente de energía. 	<p>Perú y América: Siglo XVI</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conquista del Tahuantinsuyo. Resistencia a la conquista. Evangelización. <p>Orden colonial en el Perú: cambios y permanencias</p> <ul style="list-style-type: none"> - El mundo colonial, como producto de la tradición europea y andina. - Religiosidad. Educación y cultura. <p>*CÍVICA: Diversidad y pertenencia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos que fundamentan la peruanidad: El sentido de pertenencia.
14 años	3° grado Secundaria	<p>Ciencia y Tecnología</p> <ul style="list-style-type: none"> - Investigación científica. - Ciencia, tecnología y fases del trabajo de investigación. <p>Materia y átomo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Propiedades de la materia. - Modelos atómicos. Estructura del átomo. <p>La tabla periódica</p> <ul style="list-style-type: none"> - El átomo. Estructura, elementos, compuestos. <p>Los enlaces químicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fuerzas intermoleculares. - Compuestos inorgánicos y reacciones químicas - Compuestos químicos inorgánicos. Reacciones químicas. 	<p>Perú y América Colonial</p> <ul style="list-style-type: none"> - Economía, sociedad, política y cultura en el Perú y América Colonial en los siglos XVII-XVIII. <p>*CÍVICA: Diversidad y pertenencia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sociedad y diversidad cultural. Manifestaciones culturales de la localidad y de la región. - Valoración, conservación y defensa del patrimonio cultural.
15 años	4° grado Secundaria	<p>Ciencia, conocimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Investigación e innovación. Fases del trabajo científico. <p>Materia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los procesos físico químicos. - Agua. - Fenómenos físicos moleculares. 	<p>*CÍVICA: Diversidad y pertenencia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Valoración, conservación y defensa del patrimonio.
16 años	5° grado Secundaria	<p>Ciencia, investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Investigación, innovación y desarrollo. - Fases del proyecto de investigación. <p>Onda: sonido y luz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Movimiento vibratorio. Movimiento ondulatorio. - Sonido. Intensidad de sonido. - Ondas electromagnéticas. - La Luz. Rayos X. 	<p>*CÍVICA: Diversidad y pertinencia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identidad y globalización. Ser peruano en un mundo global. - Aspectos que fundamentan la peruanidad: ser partícipes del mismo proceso histórico. - Valoración, conservación y defensa del patrimonio histórico.



CONTENIDOS DEL DCN - MINISTERIO DE EDUCACIÓN DEL PERÚ

Las actividades del Programa CHAT pueden realizarse para complementar los contenidos del Diseño Curricular Nacional y las Rutas de Aprendizaje, conforme al Ministerio de Educación del Perú. Para más información revisa el siguiente enlace: <http://recursos.perueduca.pe/rutas/>

EDAD	GRADO	ARTE	TECNOLOGÍA
11 años	6° grado Primaria	<p>Artes visuales: Dibujo, pintura, modelado, construcción. Mural. Retablos, tallado en madera. Procesos seguidos en diversas creaciones de arte.</p> <p>Manifestaciones artísticas y culturales de su entorno y su región. Procedimientos, materiales, motivos y temas que contienen. Origen, significado e historia. Sentido y significado para sí mismo y la población. Patrimonio de la identidad local, regional y nacional.</p>	
12 años	1° grado Secundaria	<p>Artes visuales: Concepto, clasificación. Disciplinas artísticas.</p> <p>Materiales no convencionales Naturales: hojas, piedra, tintes naturales, etc.</p> <p>Estudio básico de los colores: primarios, secundarios, terciarios.</p> <p>Técnicas creativas: Bidimensionales: esgrafiado. Tridimensionales: modelado, tallado.</p>	<p>Tecnología y sociedad</p> <p>- Efectos de las radiaciones solares en la salud.</p>
13 años	2° grado Secundaria	<p>Estudio básico del color: Colores complementarios. Temperatura del color: fríos y cálidos. Simbología del color: Estudio de los colores precolombinos.</p> <p>Técnicas de pintura</p>	<p>Tecnología y sociedad</p> <p>- Microorganismos en la industria.</p>
14 años	3° grado Secundaria	<p>Historia del arte: Edad media y Renacimiento.</p> <p>Escultura.</p>	<p>Tecnología y Sociedad</p> <p>- Tecnologías alternativas.</p>
15 años	4° grado Secundaria	<p>Arte Peruano: Escuelas y sus representantes.</p> <p>El arte popular peruano y sus representantes.</p>	
16 años	5° grado Secundaria	<p>El arte en los espacios públicos: Arquitectura. Escultura monumental. Pintura mural.</p> <p>Creación plástica.</p>	

AMBIENTACIÓN REQUERIDA



- **AMBIENTE 1*** que tenga esculturas policromadas de la época virreinal que se mencionarán en el recorrido temático. En este ambiente, el **monitor cultural** hablará acerca de la función que cumplen estas esculturas y de su historia.
- **AMBIENTE 2** en el que el **monitor científico** pueda dar una explicación de las técnicas analíticas que se tratarán en las actividades (que tenga proyector o una pizarra o la opción de utilizar un papelógrafo).
- **AMBIENTE 3** que permita el análisis por FRX de objetos diversos, pigmentos y esculturas de madera policromada (o de muestras que las simulen). Debe ser lo suficientemente grande para que los participantes se sitúen cerca al analizador con comodidad y puedan participar en el análisis. De preferencia, debe tener mesas y sillas, para que los visitantes puedan llevar a cabo las actividades. Si no se cuenta con un equipo de FRX, se puede proporcionar a los visitantes los resultados de algunos análisis de los objetos descritos en las secciones A, B y C, para que ellos puedan interpretar los resultados.
- **AMBIENTE 4** donde se pueda mostrar radiografías de piezas artísticas y en el que se pueda discutir acerca de la utilidad de esta técnica en el estudio de objetos de arte.

NOTA: No es necesario tener cuatro ambientes diferentes sino simplemente uno o más ambientes que combinen las características descritas. Si eres docente y deseas usar tu salón de clase, aquí te damos algunos consejos para trabajar.

*** AMBIENTE 1:** Visita algún recinto religioso de la época virreinal ubicado en tu localidad. En esta guía didáctica te brindamos información básica de la iglesia de San Pedro de Lima. Otra alternativa puede ser preparar una breve presentación de 15 minutos sobre arte virreinal. Para ello, puedes revisar los siguientes proyectos:

- Contexto histórico y artístico: www.educared.fundacion.telefonica.com.pe/sites/virreinato-peru/pintura.htm
- Galería de imágenes: www.colonialart.org
- Taller de Conservación y Restauración de San Pedro de Lima: <https://tallersanpedrodelima.wordpress.com>
- Taller piloto de conservación y restauración del Museo de los Descalzos: www.vimeo.com/42828416

Puedes pedirle ayuda a un colega, recuerda que el trabajo multidisciplinario tiene mejores resultados.

MATERIALES REQUERIDOS



- Material para los **participantes** (disponible en esta guía didáctica), que incluye:
 - * Una separata informativa (véase **Material para el participante**, pp. 17-21).
 - * Espectros obtenidos de los análisis de fluorescencia de rayos X en objetos comunes (véase **Material para el grupo**, p. 22).
 - * Listado de pigmentos azules y blancos (véase **Material para el grupo**, pp. 23-24).
 - * Espectros obtenidos de los análisis de fluorescencia de rayos X en las muestras simuladas de escultura policromada (véase **Material para el grupo**, pp. 25-28).
 - * Fotografías de esculturas policromadas de madera de la época virreinal y los espectros obtenidos de los análisis de fluorescencia de rayos X de las mismas (véase **Material para el grupo**, p. 29).
 - * Cuchillas.
- Breve presentación en PowerPoint sobre el uso de los **rayos X (radiografía y espectrometría de fluorescencia de rayos X-FRX)** en el estudio de objetos de patrimonio cultural. Si no es posible utilizar PowerPoint, se puede trabajar simplemente con plumones y una pizarra pequeña o un papelógrafo.
- **Analizador portátil de fluorescencia de rayos X.** Hay pocos de estos equipos en el Perú. Sin embargo, es posible tener acceso a ellos mediante acuerdos con instituciones educativas (algunas universidades y centros de investigación cuentan con ellos y se podría proponer a los profesores o investigadores a cargo de estos equipos que ayuden en la implementación de estas actividades) o, incluso con compañías mineras, que los usan para el análisis de sus materiales. De la misma manera, algunas de las compañías que comercializan estos equipos en el Perú, tienen servicios de alquiler de los mismos. **ESTE EQUIPO EMITE RAYOS X, POR LO QUE SU USO DEBE SER SUPERVISADO POR UNA PERSONA ENTRENADA EN EL MANEJO DEL EQUIPO**, para evitar la exposición innecesaria a la radiación. Usado de manera correcta, el analizador no presenta riesgo alguno para las personas que realizan el análisis ni para las que están cerca del analizador en operación. Debemos resaltar que si la persona que va a operar el equipo (el **monitor científico**) no tiene experiencia en el análisis de objetos de patrimonio cultural **NO DEBE INTENTAR HACER EL ANÁLISIS DE ESCULTURAS DE VALOR**. En este caso, se puede ilustrar fácilmente la utilidad del analizador de FRX utilizando para ello tallas de poco valor disponibles comercialmente o, incluso, piezas pintadas por quienes están implementando el programa.
- Muestras a analizar:
 - * Objetos proporcionados por los mismos participantes (aretes, monedas, etc.)
 - * Muestras que simulen las capas de pintura que se pueden encontrar en una escultura de madera policromada (véase **Preparación de material**, p. 11).
 - * Esculturas virreinales hechas en madera policromada.



PREPARACIÓN DE MATERIALES

MUESTRAS SIMULADAS DE ESCULTURA POLICROMADA

Preparar las muestras para realizar esta actividad no es difícil pero sí toma tiempo. Asegúrate de tener todo listo antes de que lleves a cabo la actividad con los participantes.

Puedes preparar las muestras utilizando pintura al óleo. Sin embargo, los óleos tardan mucho en secar, por lo que tendrías que comenzar unas cuantas semanas antes de realizar la actividad. Lo más práctico es prepararlas con clara de huevo y pigmentos en polvo. Puedes comprar los pigmentos (y demás materiales) en tiendas que venden materiales para artistas. Necesitarás lo siguiente:

- Blanco de cinc
- Blanco de titanio
- Azul de ultramar
- Algún pigmento que contenga cobre (los pigmentos de cobre son verdes o azules y cualquiera sirve para esta actividad)
- Clara de huevo
- Pan de bronce (latón)
- Pegamento para aplicar pan de bronce (mixtión al agua, por ejemplo)
- Yeso
- Un pincel de pelos sintéticos (para extender el mixtión)
- Un pincel muy suave (para limpiar el exceso de pan de bronce)
- Cuadrangulares de madera (5 cm x 8 cm)

Preparación de pigmentos: Solo tienes que mezclar la clara de huevo con la cantidad de pigmento en polvo que te permita aplicar la pintura como si fuera una ténpera comercial sin diluir. Mira las imágenes para darte una idea más exacta.

Aplicación del pan de bronce: La manera más sencilla de aplicar el pan de bronce (latón) es utilizando un pincel de pelos sintéticos para esparcir el pegamento (mixtión al agua) en el lugar donde queremos que vaya pegada la lámina de bronce. Seguidamente colocamos el pan de bronce encima, lo aplanamos bien y retiramos el exceso con un pincel suave. Mira las imágenes para darte una idea más exacta (en este caso, solo hemos aplicado el pan de bronce en un lugar específico -la letra "H"-, pero para esta actividad, recuerda que necesitamos cubrir todo el cuadrangular de madera).

Las muestras: Como te indicamos antes, los participantes utilizarán las muestras que prepares para tratar de hacer calas. Como esta es una tarea difícil, te recomendamos tener dos juegos de muestras. Uno de ellos debe tener la superficie de madera completamente cubierta por la pintura (para que los participantes intenten hacer las calas), mientras que el segundo debe dejar ver cada capa de pintura aplicada (como si ya se hubiesen hecho las calas), como lo muestran las siguientes figuras:



JUEGO 1

MUESTRA A

- Mezcla de azul de ultramar con blanco de titanio
- Mezcla de un pigmento de cobre y de blanco de cinc
- Azul de ultramar
- Yeso
- Madera

MUESTRA B

- Mezcla de azul de ultramar con blanco de titanio
- Azul de ultramar
- Pan de bronce (latón)
- Yeso
- Madera

Vista desde arriba

MUESTRAS A y B



JUEGO 2

- Mezcla de azul de ultramar con blanco de titanio
- Mezcla de un pigmento de cobre y de blanco de cinc
- Azul de ultramar
- Yeso
- Madera

- Mezcla de azul de ultramar con blanco de titanio
- Azul de ultramar
- Pan de bronce (latón)
- Yeso
- Madera

MUESTRA A



MUESTRA B





1. ANTES DE LA ACTIVIDAD (5 minutos)

- A manera de diálogo se presenta el tema de la actividad. Se puede utilizar el **RESUMEN** (p. 7) para guiar la conversación a la relación existente entre la ciencia, la historia, el arte y la tecnología.

2. HISTORIA y ARTE (10 minutos)

- El **monitor cultural** ilustra el tema de las esculturas en madera policromada; se puede hacer énfasis en la función que cumple un retablo dentro de la iglesia, las iconografías y estilos que le corresponden, así como de lo que implica su conservación y restauración. En el segmento **AMBIENTACION REQUERIDA** (p. 10) y en los **contenidos brindados** (p. 13) se da más información.

3. CIENCIA y TECNOLOGÍA (15 minutos)

- El **monitor científico** explica el tema del uso de los pigmentos por diferentes artistas a lo largo del tiempo y qué herramientas podemos utilizar para estudiarlos sin afectar a una obra de arte. La idea de realizar esta exposición no es dar una clase teórica fuera de contexto sino plantear los conceptos científicos necesarios dentro del tema que nos concierne para esta actividad. Se recomienda involucrar a los participantes en esta presentación, de modo que podamos recoger sus opiniones y conocimientos sobre la escultura de la época virreinal, sobre el uso de pigmentos a lo largo de la historia, etc.

4. DURANTE LA ACTIVIDAD (45 minutos)

Antes de comenzar, se debe revisar que todo el material para las actividades esté disponible para ser utilizado (ver **MATERIALES REQUERIDOS**, p. 10 y **PREPARACIÓN DE MATERIALES**, p. 11).

- **Sección A:** Se muestra el funcionamiento básico de un analizador portátil de fluorescencia de rayos X (FRX), utilizando para ello algún objeto que los participantes mismos provean (aretes, anillos, etc.). En el caso de no contar con el analizador portátil de FRX, cada grupo de participantes recibe espectros (lo que se obtiene de un análisis por FRX) obtenidos a partir de análisis de objetos comunes para que puedan realizar la actividad. (10')

- **Sección B:** Se procede a entregar a cada grupo de participantes (4 a 5 personas) dos muestras simuladas de madera policromada. Estas muestras han sido preparadas previamente y a simple vista parecen iguales (ver **Preparación de materiales**, p. 11, donde se ilustra la preparación de estas muestras). Al mismo tiempo el **monitor científico** entrega también los espectros de FRX de estas muestras. En ambas se podrá detectar titanio (Ti), calcio (Ca), azufre (S), cinc (Zn) y cobre (Cu). En base a la información proporcionada en la lista de pigmentos, se discute con los participantes acerca de la posible identidad de cada pigmento en la muestra y del uso de cada uno de ellos a lo largo de la historia. Luego de concluir que los materiales utilizados en ambas muestras son muy similares, los **monitores** ayudan a los participantes a hacer calas (raspar con cuidado cada capa de pintura presente con el fin de ir exponiendo todas ellas a la vista) en estas muestras para exponer las diferentes capas de pintura y descubrir que, en realidad, la estructura de capas de estas es muy distinta. Realizar estas calas no es tarea fácil. Para que los participantes puedan sacar el máximo provecho de esta actividad, se tiene preparado también un segundo juego de muestras que simulan las calas ya hechas (ver p. 11). La discusión se guía hacia el hecho de que los resultados de los análisis científicos no siempre son suficientes, sino que deben ser interpretados dentro del contexto histórico-artístico junto con la ayuda del conservador. (10')

- **Sección C:** Se analizan algunas zonas seleccionadas de esculturas de madera policromada y se discute acerca de los resultados obtenidos.

Se recomienda realizar las actividades de una manera interactiva, con la participación de los **monitores culturales**, los **monitores científicos** y los participantes en la interpretación de los resultados y en la discusión. La parte física del análisis de las esculturas (manejo del analizador portátil) debe ser realizada por personal capacitado. Sin embargo, los participantes pueden dirigir el análisis desde la computadora y contribuir en la interpretación de los resultados.

En el caso de no contar con el analizador portátil de FRX, cada grupo de participantes recibe fotografías y espectros de análisis hipotéticos de esculturas de madera policromada. (10')

- **Sección D:** Con ayuda de una pieza artística adicional (de preferencia, una escultura) y de sus placas radiográficas, se explica la utilidad de las radiografías en el estudio de estas piezas. (10') Si no se cuenta con una pieza que haya sido analizada de esta manera, puede encontrar muchos ejemplos de esto en internet (ver **Bibliografía**). (10')

5. DESPUÉS DE LA ACTIVIDAD (10 minutos)

- Se desea conocer los comentarios e impresiones de los visitantes. Se sugiere hacer énfasis nuevamente en la necesidad de un enfoque interdisciplinario, que involucre también a la ciencia y a la tecnología, para el estudio de nuestro patrimonio cultural. Finalmente se invita a los participantes a que entren a la página web y al Facebook del programa y del espacio patrimonial mostrado en esta guía, a que se mantengan en contacto y a que se animen a visitar otros espacios patrimoniales con una nueva perspectiva.

AMBIENTE 1

AMBIENTE 2

AMBIENTE 3

AMBIENTE 4



HISTORIA Y ARTE

Los retablos de la iglesia de San Pedro de Lima: una gran labor del taller de conservación y restauración de la iglesia

En la iglesia de San Pedro de Lima, hay diez capillas con hermosos retablos. Los retablos surgieron con el fin de decorar y ennoblecer la iglesia y con la función de contribuir al adoctrinamiento religioso del pueblo. Su función sigue siendo devocional y litúrgica hasta la actualidad. En ellos se pueden encontrar elementos arquitectónicos, escultóricos y pictóricos y en esto trabajaron artistas y artesanos de diversos gremios.

Algunos de los retablos de San Pedro de Lima conservan sus colores originales y otros no. En ocasiones, hay zonas de un retablo que son prácticamente originales mientras que otras zonas del mismo retablo han sido completamente alteradas. Esto se debe a muchas razones. Por un lado, los barnices, pigmentos y aplicaciones metálicas se van deteriorando con el tiempo y, por ello, han tenido que ser retirados o restaurados y, por otro lado, tal como nosotros pintamos nuestras casas según como nuestros gustos y las modas van cambiando, esto pasa también en los lugares de culto.

A veces, los repintes y restauraciones anteriores han sido bien realizados y en otras ocasiones el trabajo no ha sido tan bueno y, además, no ha sido debidamente documentado. Esto es algo muy necesario: la documentación. Las prácticas actuales de conservación restauración toman esta parte del trabajo muy en serio.

Desde el año 2003, la iglesia de San Pedro de Lima viene trabajando en la recuperación y puesta en valor de sus retablos, por medio de proyectos que han mantenido su continuidad a cargo de la Comunidad Jesuita y del taller de conservación y restauración de la iglesia. Hasta la fecha se ha recuperado y puesto en valor siete capillas y sus retablos: San Estanislao de Kostka, La Virgen de la O, La familia de la Virgen, La Anunciación, San Luis Gonzaga, Cristo de la Contrición y Nuestra Señora de Loreto.

Actualmente se está realizando la intervención del



Retablo de San Francisco de Borja (iglesia de San Pedro de Lima) en proyecto de conservación por el Taller de Conservación y Restauración de San Pedro de Lima.

retablo de San Francisco de Borja. Este proceso se inició con una recopilación de información histórica y con la realización de estudios científicos, lo que nos ayudará a un entendimiento de su origen y de las modificaciones y restauraciones ocurridas en él a lo largo del tiempo.

¿Cómo puede un restaurador saber qué capas de pintura debe retirar para poder volver a mostrarnos los colores originales, aquellos que el artista

quiso plasmar en su obra? ¿Cómo puede tener la seguridad de que no está retirando una capa que fue aplicada por el mismo artista que hizo el retablo? ¿Podemos obtener un poco de información acerca de cómo se fue modificando el retablo con el tiempo aun cuando no haya documentos escritos que nos cuenten sobre esto? Hay mucho que el mismo retablo nos puede contar, si nos acercamos a él desde múltiples perspectivas: la historia, la ciencia y la conservación.



CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Los pigmentos a lo largo del tiempo

Una manera de aprender un poco más acerca de cómo se hizo una obra y de la historia de la misma es estudiar los pigmentos con los que esta se realizó y también aquellos pigmentos que fueron utilizados en modificaciones posteriores de la obra.

Mediante un estudio minucioso de documentos

históricos, se ha podido establecer las fechas aproximadas en las que comenzaron a utilizarse ciertos pigmentos. Los pigmentos blancos se han usado como imprimaciones, como pigmentos en sí y también para cambiar la tonalidad de otros pigmentos.

El blanco de plomo se utilizó en pintura desde la antigüedad, mientras que el blanco de cinc comenzó a utilizarse recién desde mediados del s. XIX y el blanco de titanio, solo a partir de 1921.¹ Entonces, si encontramos blanco de cinc en una escultura de madera policromada, podemos determinar que la escultura (o esa repolicromía en la escultura) no pudo ser hecha antes de mediados del XIX.

Otro punto importante que habíamos mencionado

ya es que los pigmentos y los barnices pueden deteriorarse a lo largo del tiempo e ir cambiando de color, lo cual nos puede dificultar la tarea de apreciar los colores originales en una escultura o en una pintura. Seguramente han podido apreciar esto al visitar un museo: a veces el barniz se ha oscurecido tanto que, aun acercándonos mucho al cuadro, no logramos distinguir detalles. Un análisis químico nos puede permitir identificar el pigmento que se ha deteriorado y, de esta forma, aun cuando no podamos recuperar el color original, sí nos podemos hacer una idea de cómo lucía la obra en sus inicios.

Para el análisis científico de los pigmentos, podemos utilizar muchas técnicas. Algunas son invasivas o microdestructivas (es decir, que es necesario retirar

una muestra pequeñísima del cuadro) y otras son no destructivas (prácticamente no causan efecto alguno en el cuadro). Las técnicas que te mostraremos hoy pertenecen a este segundo grupo. Veamos en qué consisten.

Radiografía (de rayos X)

Probablemente, todos conocemos esta técnica. Quizás te han tenido que tomar alguna vez una radiografía, o tal vez no a ti pero sí a un familiar o amigo. ¿Te has puesto a pensar alguna vez en cómo funciona esto? El tecnólogo a cargo te irradia con rayos X. Partes de tu cuerpo absorben más esta radiación (se quedan con ella) y otras la dejan pasar con mayor facilidad. La radiación que pasa a través de tu cuerpo es detectada al salir de él y con esto se forma una imagen, como puedes ver en la figura 1. Tus huesos no están hechos del mismo material que tus músculos y eso se ve claramente en la radiografía.



Figura 1. Radiografía de un codo. Fuente: MB, Wikimedia Commons (http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coude_fp.PNG)

Hoy veremos que también se le puede tomar una radiografía a una escultura o a un cuadro y que eso nos da información muy útil. Recuerda que, al igual que ocurre con tu cuerpo, no todos los materiales utilizados en un objeto son iguales y eso se podrá notar con claridad en la radiografía.

Espectrometría de fluorescencia de rayos X (FRX)

Esta es otra técnica que les mostraremos hoy y que nos dará información distinta a la que sacamos de una radiografía. Toda la materia está compuesta por átomos y en estos átomos tenemos un núcleo (formado por protones y neutrones) y también electrones. Cuando irradiamos estos átomos con rayos X que tengan la energía adecuada, algunos de los electrones del átomo (aquellos que están más cerca al núcleo) se pierden y dejan "huecos" (Figura 2).

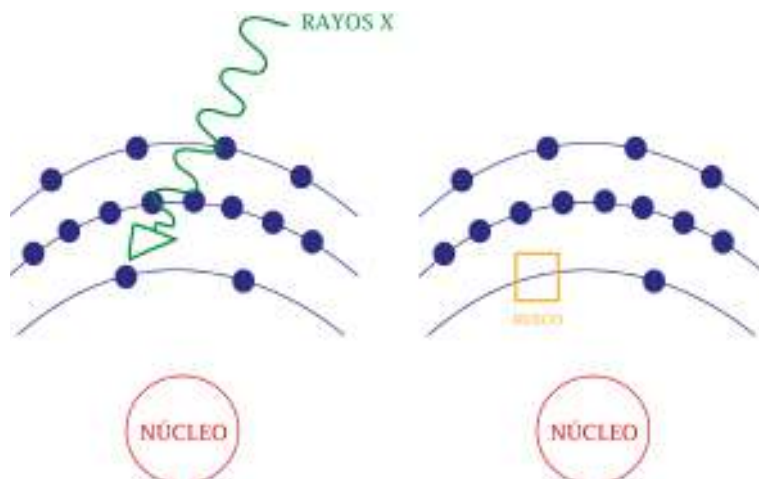


Figura 2. Cuando los rayos X de energía adecuada llegan a un electrón interno, este se pierde y deja un "hueco".

Pero el átomo no es estable en esta situación. Es preferible que los electrones más externos bajen de nivel para rellenar estos "huecos" y, cuando lo hacen, se emite "luz". Nosotros no podemos ver esta luz, porque también está en el rango de los rayos X, pero el detector del analizador de FRX sí lo "ve" y con esto genera una especie de huella digital del elemento: un espectro (Figura 3).

Cada elemento tiene su propio espectro que lo caracteriza (Figura 4, siguiente página). Entonces, vamos a ver un espectro muy distinto si el pigmento blanco que se usó como base para la pintura aplicada es blanco de plomo o si es una mezcla de blanco de zinc y blanco de bario.

De esta manera, podemos tener una idea preliminar de los elementos que están presentes en cada zona de la obra analizada y eso nos da pistas sobre los pigmentos que utilizó el artista. Luego podemos utilizar otras técnicas complementarias para terminar nuestra identificación de cada pigmento.

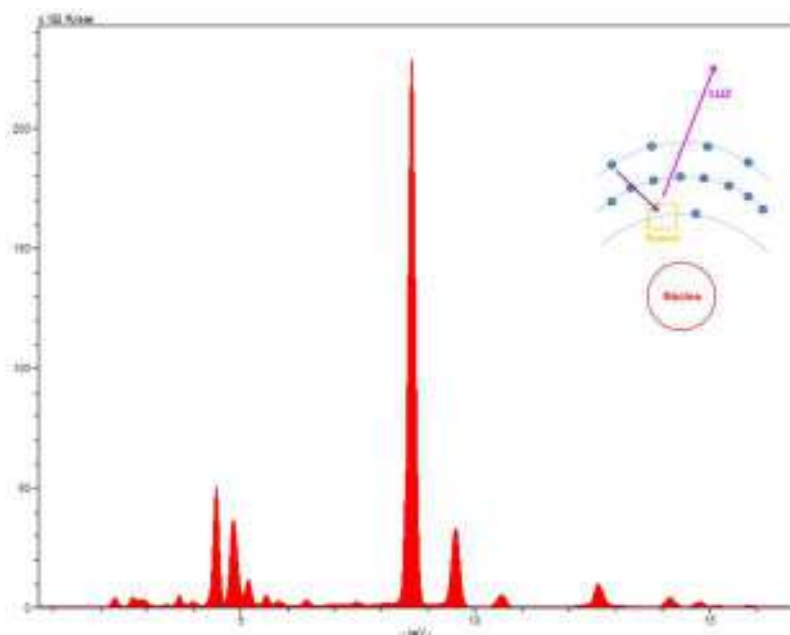


Figura 3. Cuando los electrones externos bajan a llenar los "huecos", se emite luz, que es detectada por el analizador de rayos X. El analizador nos reporta un "espectro" (el gráfico en rojo), que es una especie de huella digital del elemento.

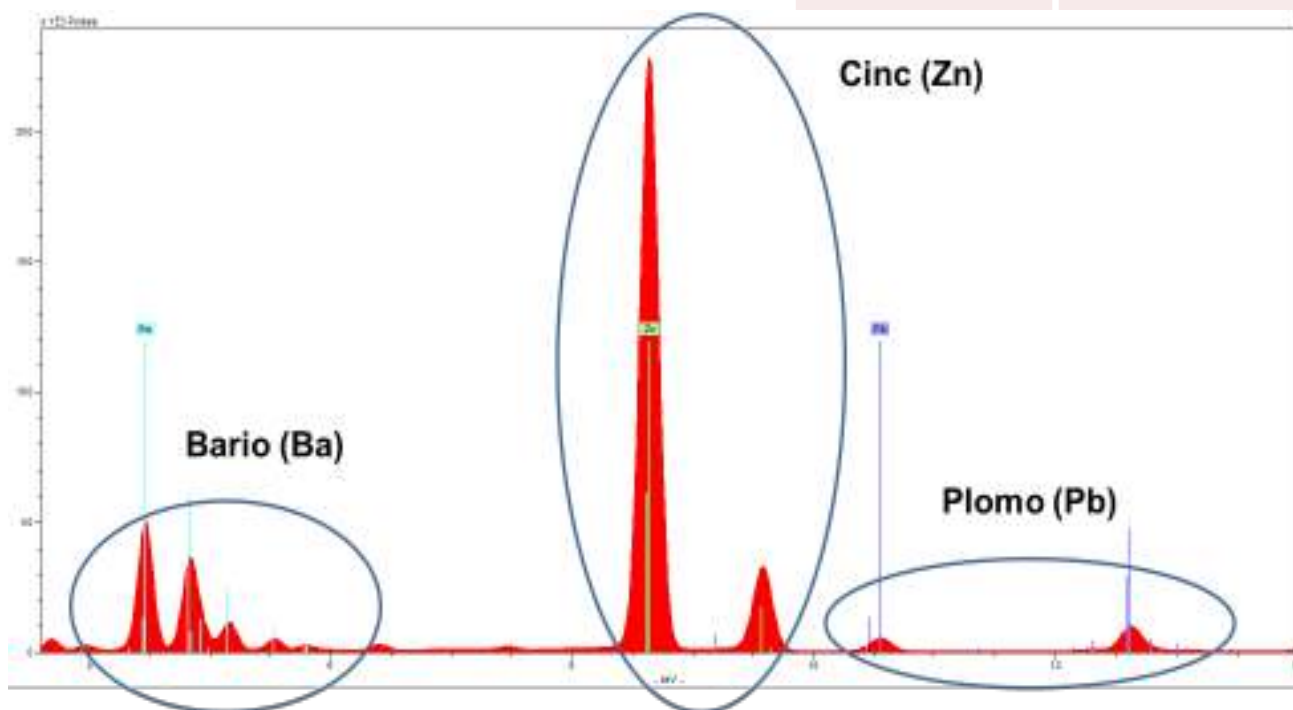


Figura 4. En este espectro de fluorescencia de rayos X se ven señales de bario, de cinc y de plomo. Esto nos sugiere que en la zona analizada existen pigmentos que contienen estos elementos (podrían ser blanco de plomo, blanco de cinc y blanco de bario, pero tendría que confirmarse esto con otras técnicas).



DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Sección A: ¿Cómo se analiza con FRX?

En esta actividad los participantes van a aprender, de manera general, el uso de un analizador de FRX. Para ello, se les solicitará que piensen en algo que podrían analizar con este aparato. La idea es que, al analizar objetos personales (un anillo, aretes) o cosas de la vida diaria (papeles, envolturas de alimentos), no vean a esta técnica como algo extraño y ajeno a ellos.

Se analizará un par de objetos con los que ellos decidan trabajar y se mostrará brevemente cómo obtener información sobre los elementos que los componen.

En caso de no contar con el analizador de FRX, se proporcionará a los participantes imágenes de objetos comunes y los espectros obtenidos de los análisis de los mismos. En este ejercicio los participantes aprenderán a leer los análisis de fluorescencia de rayos X, al mismo tiempo que pondrán en práctica sus conocimientos de la tabla periódica.

Sección B: ¿Qué tan iguales son estas dos muestras de madera policromada?

En esta actividad, los participantes trabajarán con dos muestras simuladas de madera policromada que han sido preparadas tal como se muestra en la figura 5 y, a simple vista, parecen iguales.



Detalle del analizador de FRX en el taller "Lo que los rayos X nos pueden contar sobre los pigmentos. Pigmentos a lo largo del tiempo" en la iglesia San Pedro de Lima (junio, 2015).

MUESTRA A	MUESTRA B
Mezcla de azul de ultramar con blanco de titanio	Mezcla de azul de ultramar con blanco de titanio
Mezcla de un pigmento de cobre y de blanco de cinc	Azul de ultramar
Azul de ultramar	Pan de bronce (latón)
Yeso	Yeso
Madera	Madera

Figura 5. Estructura de capas de las muestras simuladas.

Se entregará también a los visitantes los espectros de FRX de estas muestras (figura 6). Si bien los espectros no son completamente iguales, sí muestran los mismos elementos (solo las proporciones varían). En ambas muestras se puede detectar titanio (Ti), calcio (Ca), azufre (S), cinc (Zn) y cobre (Cu).

En base a la información proporcionada en las listas de pigmentos (página 22), se discutirá con los participantes que encontrar titanio nos sugiere el uso de blanco de titanio en una o más capas de pintura y que eso significaría que estas fueron aplicadas después de 1929. De la misma manera, la presencia de cinc puede sugerir el uso de blanco de cinc, el cual comenzó a utilizarse a mediados del siglo XIX.

Luego de concluir que los materiales utilizados en ambas muestras son muy similares, los monitores ayudarán a los participantes a hacer calas en estas muestras para exponer las diferentes capas de pintura. Cuando lo hagan, descubrirán que la muestra A solo tiene pintura, mientras que la muestra B tiene, además, una aplicación metálica. De ser posible, se realizarán los análisis por FRX de las capas expuestas con las calas. Si no se puede, se entregará a los visitantes los espectros correspondientes, obtenidos previamente. En este punto se guiará la discusión hacia el hecho de que los resultados de los análisis científicos por sí mismos no siempre son suficientes sino que deben ser interpretados dentro de un contexto y que son necesarios también la ayuda de la historia y el conocimiento de los especialistas en conservación.

Sección C: Pasamos a las esculturas reales

Se analizarán algunas zonas seleccionadas de una escultura de madera policromada y se discutirá acerca de los resultados obtenidos. Se recomienda realizar las actividades de una manera interactiva, con la participación de los monitores culturales y científicos junto con la participación activa de los participantes en la interpretación de los resultados y en la discusión. La parte física del análisis de estas obras (manejo del analizador portátil) debe ser realizada por personal capacitado. Sin embargo, los participantes pueden dirigir el análisis desde la computadora.

En caso de no contar con el analizador de FRX, cada grupo recibirá fotografías de una escultura y los espectros del análisis de fluorescencia de rayos X realizado a esta pieza artística.

Sección D: ¿Y las radiografías?

Se mostrará a los participantes las placas radiográficas que tomadas de piezas artísticas y se les explicará qué información nos brindan estas placas. Si no se cuenta con este material, se les mostrará ejemplos tomados de internet (ver [Bibliografía](#)).

Se les explicará cómo estos resultados, tomados ya en conjunto, e interpretados dentro de un contexto histórico, pueden ayudar al restaurador a decidir cuál es la mejor manera de intervenir la obra en cuestión.

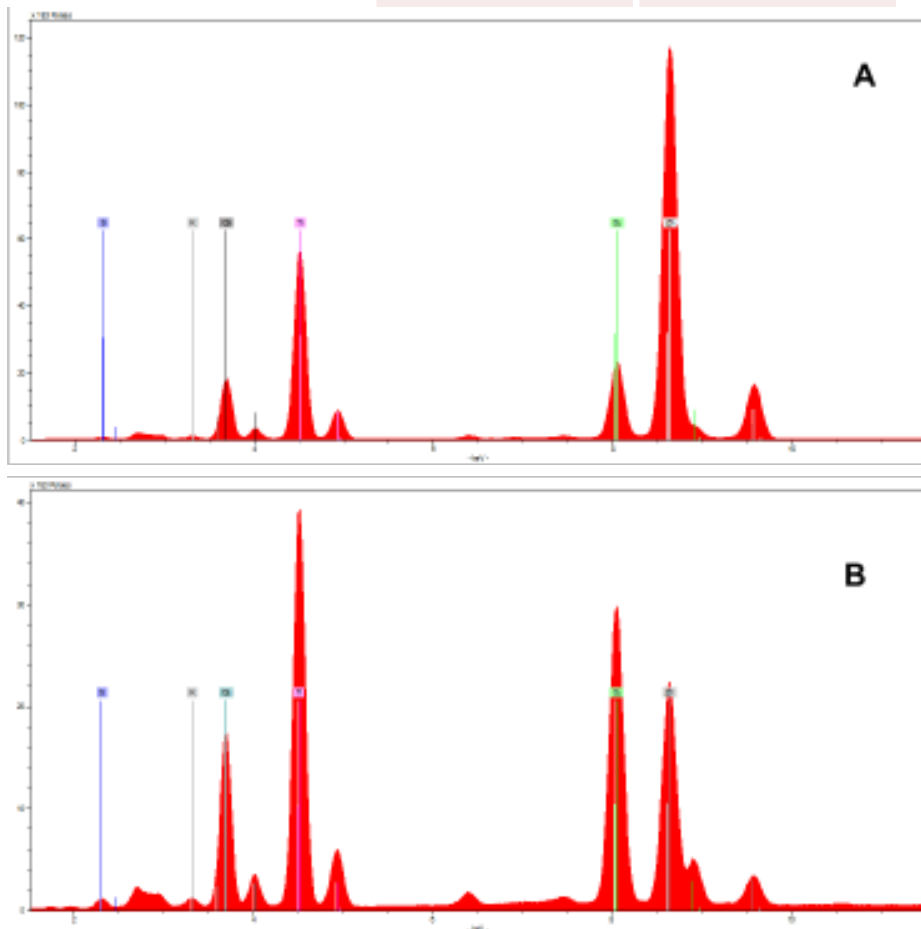


Figura 6. Espectros de FRX de las muestras simuladas.



Rosa Alcántara, conservadora de bienes culturales del Taller de Conservación y Restauración San Pedro de Lima, muestra las placas radiográficas tomadas a dos piezas artísticas de la iglesia, en el taller "Lo que los rayos X nos pueden contar sobre los pigmentos. Pigmentos a lo largo del tiempo" en la iglesia San Pedro de Lima (junio, 2015).



ANTES DE LA ACTIVIDAD

Escribe con tus propias palabras qué relación crees que existe entre la ciencia, historia, arte y tecnología



Lo que los rayos X nos pueden contar sobre los pigmentos

Pigmentos a lo largo del tiempo

Participantes en el taller "Lo que los rayos X nos pueden contar sobre los pigmentos. Pigmentos a lo largo del tiempo" en la iglesia San Pedro de Lima (junio, 2015)



HISTORIA Y ARTE

Los retablos de la iglesia de San Pedro de Lima: una gran labor del taller de conservación y restauración de la iglesia

En la iglesia de San Pedro de Lima, hay diez capillas con hermosos retablos. Los retablos surgieron con el fin de decorar y ennoblecer la iglesia y con la función de contribuir al adoctrinamiento religioso del pueblo. Su función sigue siendo devocional y litúrgica hasta la actualidad. En ellos se pueden encontrar elementos arquitectónicos, escultóricos y pictóricos y en esto trabajaron artistas y artesanos de diversos gremios.

Algunos de los retablos de San Pedro de Lima conservan sus colores originales y otros no. En ocasiones, hay zonas de un retablo que son prácticamente originales mientras que otras zonas del mismo retablo han sido completamente alteradas. Esto se debe a muchas razones. Por un lado, los barnices, pigmentos y aplicaciones metálicas se van deteriorando con el tiempo y, por ello, han tenido que ser retirados o restaurados y, por otro lado, tal como nosotros pintamos nuestras casas según como nuestros gustos y las modas van cambiando, esto pasa también en los lugares de culto.

A veces, los repintes y restauraciones anteriores han sido bien realizados y en otras ocasiones el trabajo no ha sido tan bueno y, además, no ha sido debidamente documentado. Esto es algo muy ne-



Retablo de San Francisco de Borja (iglesia San Pedro de Lima) en proceso de conservación por el Taller de Conservación y Restauración San Pedro de Lima.

cesario: la documentación. Las prácticas actuales de conservación restauración toman esta parte del trabajo muy en serio.

Desde el año 2003, la iglesia de San Pedro de Lima

viene trabajando en la recuperación y puesta en valor de sus retablos, por medio de proyectos que han mantenido su continuidad a cargo de la Comunidad Jesuita y del taller de conservación y restauración de la iglesia. Hasta la fecha se ha recuperado y pue-

Material para el participante

to en valor siete capillas y sus retablos: San Estanislao de Kostka, La Virgen de la O, La familia de la Virgen, La Anunciación, San Luis Gonzaga, Cristo de la Contrición y Nuestra Señora de Loreto.

Actualmente se está realizando la intervención del retablo de San Francisco de Borja. Este proceso se inició con una recopilación de información histórica y con la realización de estudios científicos, lo que

nos ayudará a un entendimiento de su origen y de las modificaciones y restauraciones ocurridas en él a lo largo del tiempo.

¿Cómo puede un restaurador saber qué capas de pintura debe retirar para poder volver a mostrarnos los colores originales, aquellos que el artista quiso plasmar en su obra? ¿Cómo puede tener la seguridad de que no está retirando una capa que

fue aplicada por el mismo artista que hizo el retablo? ¿Podemos obtener un poco de información acerca de cómo se fue modificando el retablo con el tiempo aun cuando no haya documentos escritos que nos cuenten sobre esto? Hay mucho que el mismo retablo nos puede contar, si nos acercamos a él desde múltiples perspectivas: la historia, la ciencia y la conservación.



CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Los pigmentos a lo largo del tiempo

Una manera de aprender un poco más acerca de cómo se hizo una obra y de la historia de la misma es estudiar los pigmentos con los que esta se realizó y también aquellos pigmentos que fueron utilizados en modificaciones posteriores de la obra.

Mediante un estudio minucioso de documentos históricos, se ha podido establecer las fechas aproximadas en las que comenzaron a utilizarse ciertos pigmentos. Los pigmentos blancos se han usado como imprimaciones, como pigmentos en sí y también para cambiar la tonalidad de otros pigmentos.

El blanco de plomo se utilizó en pintura desde la antigüedad, mientras que el blanco de cinc comenzó a utilizarse recién desde mediados del s. XIX y el blanco de titanio, solo a partir de 1921.¹ Entonces, si encontramos blanco de cinc en una escultura de madera policromada, podemos determinar que la escultura (o esa repolicromía en la escultura) no pudo ser hecha antes de mediados del XIX.

Otro punto importante que habíamos mencionado ya es que los pigmentos y los barnices pueden deteriorarse a lo largo del tiempo e ir cambiando de color, lo cual nos puede dificultar la tarea de apreciar los colores originales en una escultura o en una pintura. Seguramente han podido apreciar esto al visitar un museo: a veces el barniz se ha oscurecido tanto que, aun acercándonos mucho al cuadro, no logramos distinguir detalles. Un análisis químico nos puede permitir identificar el pigmento que se ha deteriorado y, de esta forma, aun cuando no podamos recuperar el color original, sí nos podemos hacer una idea de cómo lucía la obra en sus inicios.

Para el análisis científico de los pigmentos, podemos utilizar muchas técnicas. Algunas son invasivas o microdestructivas (es decir, que es necesario retirar una muestra pequeñísima del cuadro) y otras son no destructivas (prácticamente no causan efecto alguno en el cuadro). Las técnicas que te mostraremos hoy pertenecen a este segundo grupo. Veamos en qué consisten.

Radiografía (de rayos X)

Probablemente, todos conocemos esta técnica. Quizás te han tenido que tomar alguna vez una radiografía, o tal vez no a ti pero sí a un familiar o amigo. ¿Te has puesto a pensar alguna vez en cómo funciona esto? El tecnólogo a cargo te irradia con rayos X. Partes de tu cuerpo absorben más esta radiación (se quedan con ella) y otras la dejan pasar con mayor facilidad. La radiación que pasa a través



Figura 1. Radiografía de un codo. Fuente: MB, Wikimedia Commons (http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coude_fp.PNG)

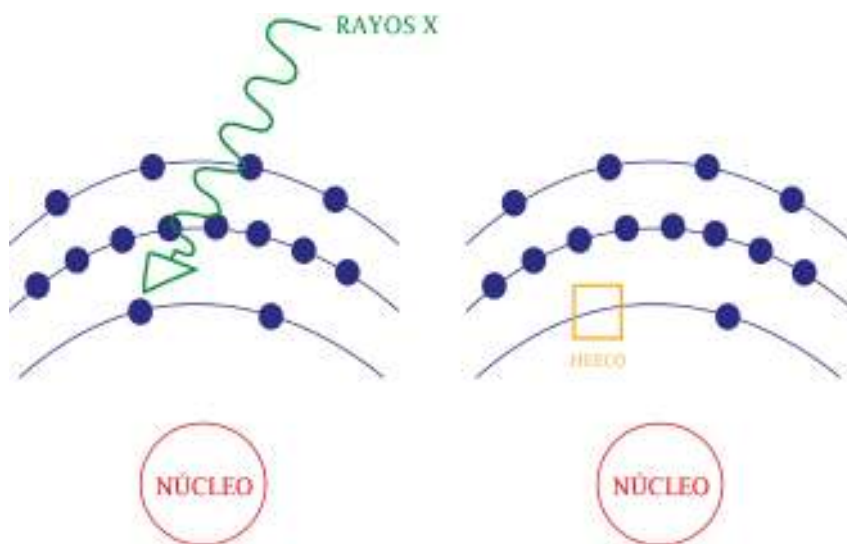


Figura 2. Cuando los rayos X de energía adecuada llegan a un electrón interno, este se pierde y deja un "hueco".

de tu cuerpo es detectada al salir de él y con esto se forma una imagen, como puedes ver en la figura 1. Tus huesos no están hechos del mismo material que tus músculos y eso se ve claramente en la radiografía.

Hoy veremos que también se le puede tomar una radiografía a una escultura o a un cuadro y que eso nos da información muy útil. Recuerda que, al igual que ocurre con tu cuerpo, no todos los materiales utilizados en un objeto son iguales y eso se podrá

notar con claridad en la radiografía.

Espectrometría de fluorescencia de rayos X (FRX)

Esta es otra técnica que les mostraremos hoy y que nos dará información distinta a la que sacamos de una radiografía. Toda la materia está compuesta por átomos y en estos átomos tenemos un núcleo (formado por protones y neutrones) y también elec-

trones. Cuando irradiamos estos átomos con rayos X que tengan la energía adecuada, algunos de los electrones del átomo (aquellos que están más cerca al núcleo) se pierden y dejan "huecos" (Figura 2).

Pero el átomo no es estable en esta situación. Es preferible que los electrones más externos bajen de nivel para rellenar estos "huecos" y, cuando lo hacen, se emite "luz". Nosotros no podemos ver esta luz, porque también está en el rango de los rayos X, pero el detector del analizador de FRX sí lo "ve" y con esto genera una especie de huella digital del elemento: un espectro (Figura 3).

Cada elemento tiene su propio espectro que lo caracteriza (Figura 4, siguiente página). Entonces, vamos a ver un espectro muy distinto si el pigmento blanco que se usó como base para la pintura aplicada es blanco de plomo o si es una mezcla de blanco de zinc y blanco de bario.

De esta manera, podemos tener una idea preliminar de los elementos que están presentes en cada zona de la obra analizada y eso nos da pistas sobre los pigmentos que utilizó el artista. Luego podemos utilizar otras técnicas complementarias para terminar nuestra identificación de cada pigmento.

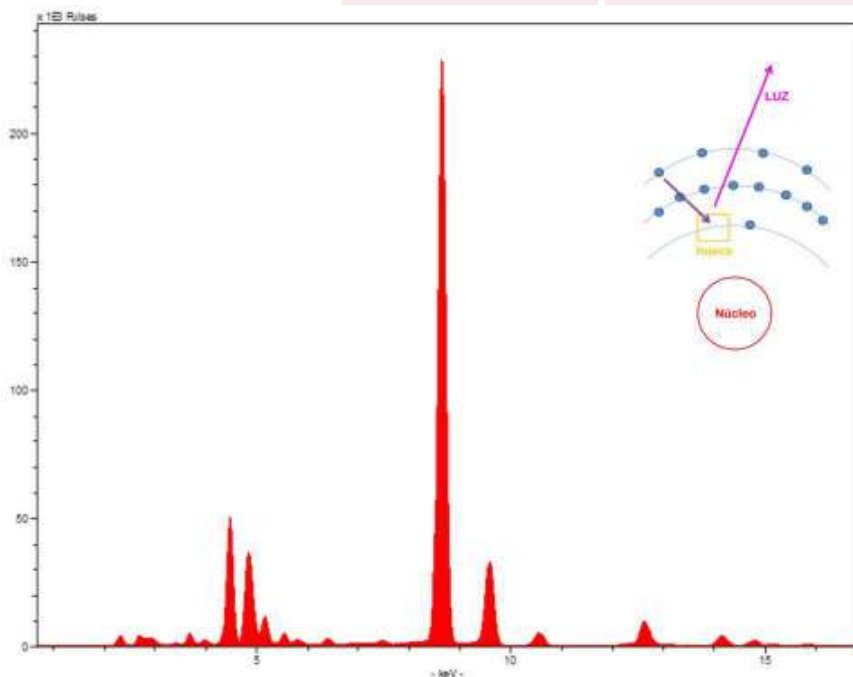


Figura 3. Cuando los electrones externos bajan a llenar los "huecos", se emite luz, que es detectada por el analizador de rayos X. El analizador nos reporta un "espectro" (el gráfico en rojo), que es una especie de huella digital del elemento.

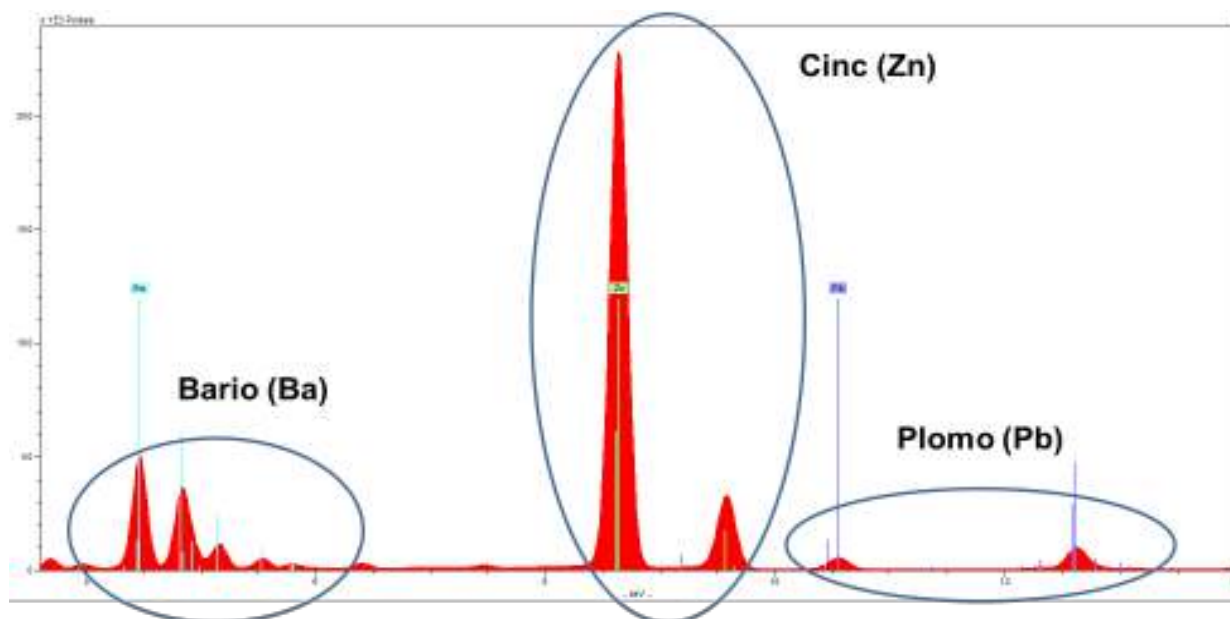


Figura 4. En este espectro se ven señales de bario, de zinc y de plomo. Esto nos sugiere que en la zona analizada existen pigmentos que contienen estos elementos (podrían ser blanco de plomo, blanco de zinc y blanco de bario, pero tendría que confirmarse esto con otras técnicas).

ANOTACIONES:



DURANTE LA ACTIVIDAD

SECCIÓN A ¿Cómo se analiza con FRX?

Tus monitores te mostrarán un analizador de FRX y te enseñarán brevemente cómo utilizarlo. Con este equipo se pueden analizar muchas cosas, siempre y cuando tengan elementos más pesados que el magnesio (¡sentimos recordarte la -a veces tan odiada- tabla periódica!). Eso significa que no podemos analizar carbono, por ejemplo.

Atrévete a ser curioso y creativo. ¿Qué te gustaría analizar? ¿Un anillo? ¿La envoltura de algún alimento? El análisis es muy corto y no daña al objeto que se analiza.

En caso no estés trabajando con el analizador de FRX, tus monitores te proporcionarán algunos resultados pertenecientes a ciertos objetos de uso común. ¿Puedes identificar de qué elementos están compuestos? Escribe qué objeto le ha tocado analizar a tu grupo y señala en la tabla periódica qué elementos químicos se han identificado.



Participante en el taller "Lo que los rayos X nos pueden contar sobre los pigmentos, pigmentos a lo largo del tiempo" realizando el análisis de FRX con la ayuda de Patricia Gonzales (Química, PUCP), monitora científica del Programa CHAT (iglesia San Pedro de Lima, junio, 2015).

Tabla periódica de los elementos

1																	18
1	2															10	18
3	4															9	10
11	12															17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uup	Lv	Uus	Uuo	

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

Tabla periódica de los elementos. Fuente: "Periodic table large-es" by 2012rc, Edit (Translation to Spanish) by The Photographer. Licensed under CC BY 3.0 via Wikimedia Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodic_table_large-es.svg#/media/File:Periodic_table_large-es.svg

Objeto analizado:

Elementos químicos encontrados:

SECCIÓN B. ¿Qué tan iguales son estas dos muestras de madera policromada?

Ahora nos toca centrarnos un poco más en nuestro tema de hoy: los pigmentos. Tus monitores te van a proporcionar dos pequeñas muestras de madera policromada y los espectros de FRX de cada una de ellas. Observa con detenimiento los espectros y discute las preguntas en el cuadro B.

A veces, los conservadores hacen pequeñas calas en este tipo de piezas para poder acceder a información acerca de las capas de pintura presentes en ellas. Tus monitores te ayudarán a hacer calas en tus muestras y te proporcionarán los espectros de FRX de cada una de las capas de pintura que logres exponer con las calas. Luego de observar esto, ¿han cambiado en algo tus conclusiones sobre las dos muestras?

El análisis químico de las muestras es muy importante pero solo cobra un verdadero significado cuando unimos los resultados a la información histórica de los pigmentos y a una inspección visual de la pieza. ¿Puedes dar fechas tentativas para las repolicromías que se ven en las dos muestras? Puedes ayudarte con la tabla de pigmentos que tus monitores te proporcionarán.

SECCIÓN C. Pasamos a las esculturas reales

Tus monitores te mostrarán una escultura de madera policromada y realizarán contigo el análisis de algunas zonas de la misma. ¿Qué conclusiones puedes sacar a partir de estos análisis? Haz tus anotaciones en el cuadro C.

Si estás realizando esta actividad sin la ayuda del analizador de FRX, tus monitores te brindarán lo siguientes elementos de un caso de estudio:

- Fotografías de una escultura perteneciente a la época virreinal.
- Los espectros de fluorescencia de rayos X de algunas zonas de dicha escultura.

SECCIÓN D. ¿Y las radiografías?

Tus monitores te mostrarán las placas radiográficas de algunas piezas artísticas. ¿Qué puedes ver en ellas? ¿Qué información te proporcionan estas placas? ¿Y si juntamos esta información con la que resulta de un análisis por FRX? Realiza tus anotaciones y/o preguntas en el cuadro D.

Entérate de cómo un restaurador puede utilizar toda esta información para decidir cómo intervenir una obra. Estás ante la situación ideal: ¡las ciencias naturales, la historia y la restauración se unen para conservar tu patrimonio!

Cuadro B

¿Son parecidos?

¿Por qué?

¿Qué conclusiones puedes sacar a partir de los espectros?

Luego de haber realizado las calas a las muestras, ¿han cambiado en algo tus conclusiones?

Con ayuda de la tabla de pigmentos, ¿puedes dar fechas tentativas para las repolicromías que se ven en las dos muestras?

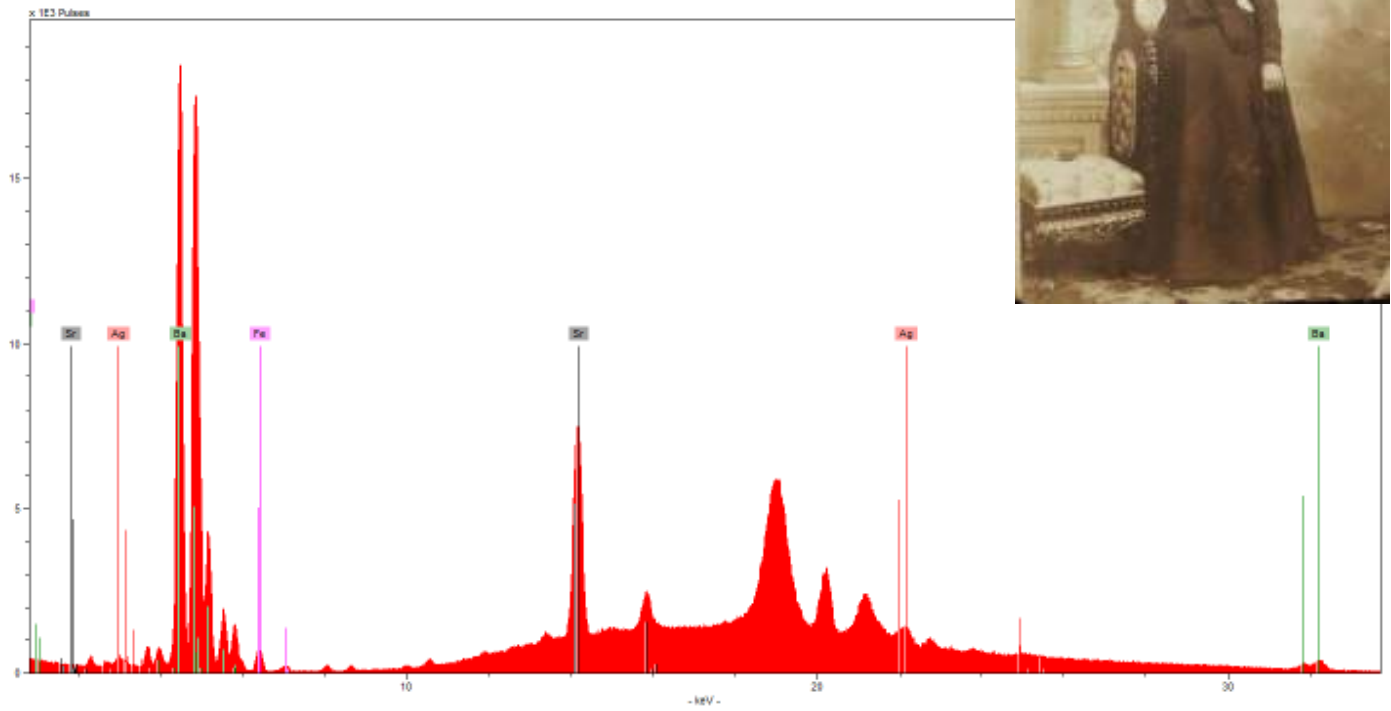
Cuadro C

ANOTACIONES:

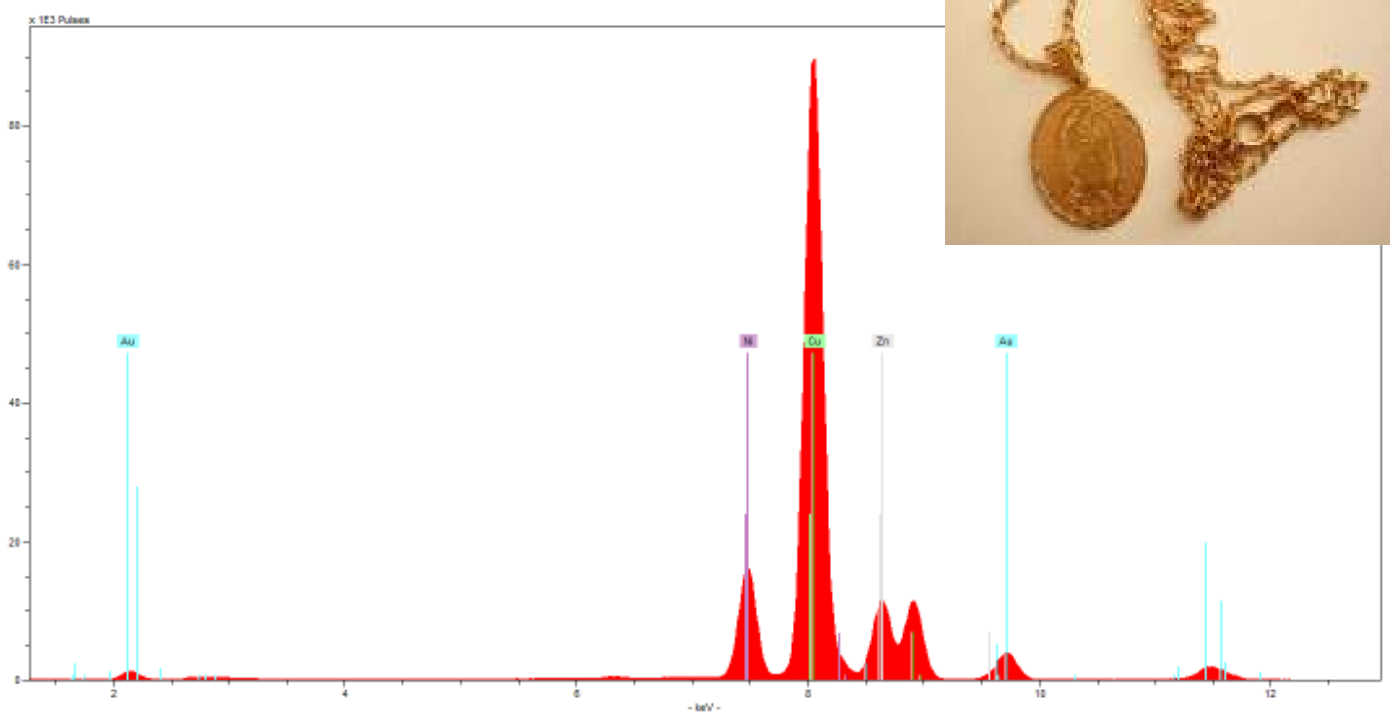
Cuadro D







ANOTACIONES:

ESPECTRO 1



ESPECTRO 2



PIGMENTOS*	CARACTERÍSTICAS Y FECHAS DE USO	TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN**	FÓRMULA QUÍMICA
 <p>Azurita, azul de Santo Domingo, azul de Sevilla</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Empleado desde la antigüedad. · Muy utilizado entre los s. XV y XVII en pintura mural, pintura sobre tabla y en manuscritos iluminados. · Usado a óleo pierde color y brillo. · Reemplazado desde el s. XVIII por el azul de Prusia. 	<p>Luz visible Fluorescencia UV: azul oscuro*** Raman FTIR FRX</p>	$Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$
 <p>Esmalte</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Empleado entre los s. XV y XVII. · Se utilizaba en polvos gruesos para no perder la intensidad del color. · Es inestable y se decolora con el tiempo (se vuelve gris), sobre todo cuando es usado al óleo. 	<p>Luz visible Fluorescencia UV: morado claro*** Raman FTIR FRX</p>	$SiO_2(65\%) + K_2O(15\%) + Al_2O_3(5\%) + CoO(10\%)$ Puede tener As y Ni
 <p>Índigo</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Empleado desde la antigüedad. · Extraído de plantas. Desde 1870 se puede obtener de manera sintética. · Es estable cuando está cubierto con barniz. En caso contrario, puede decolorarse por una prolongada exposición a la luz UV. 	<p>Luz visible Fluorescencia UV: morado oscuro*** Raman FTIR</p>	$C_{16}H_{10}N_2O_2$
 <p>Azul de ultramar, lapis lázuli, lazurita</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Empleado desde s.VI. · Muy utilizado en manuscritos iluminados y en pintura sobre tabla en los s. XIV y XV. · El lapis lázuli puro, traído de Afganistán y purificado por lo italianos, era el pigmento más caro (más que el oro durante el Renacimiento). · En el s. XIX se inicia la producción sintética. 	<p>Luz visible Fluorescencia UV: azul oscuro*** Raman FTIR FRX</p>	$(Na,Ca)_8[(Al,Si)_{12}O_{24}]Sn$
 <p>Azul de Prusia, azul de Amberes, azul de Berlín, azul de París</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Es uno de los primeros pigmentos sintéticos modernos. · Disponible a partir de 1724 y muy popular desde entonces. · Estable en diferentes medios y ante la luz. 	<p>Luz visible Fluorescencia UV: no*** Raman FTIR</p>	$Fe[Fe^{3+}Fe^{2+}(CN)_6]_3$
 <p>Azul cobalto</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Descubierta en la primera mitad del s. XVIII. · Se comercializa desde 1803-1804 · Reemplazo moderno para el esmalte. · Estable en acuarelas y frescos. 	<p>Luz visible Fluorescencia UV: rojo*** Raman IR FRX</p>	$CoO \cdot Al_2O_3$

*<http://www.webexhibits.org/pigments/intro/pigments.html>

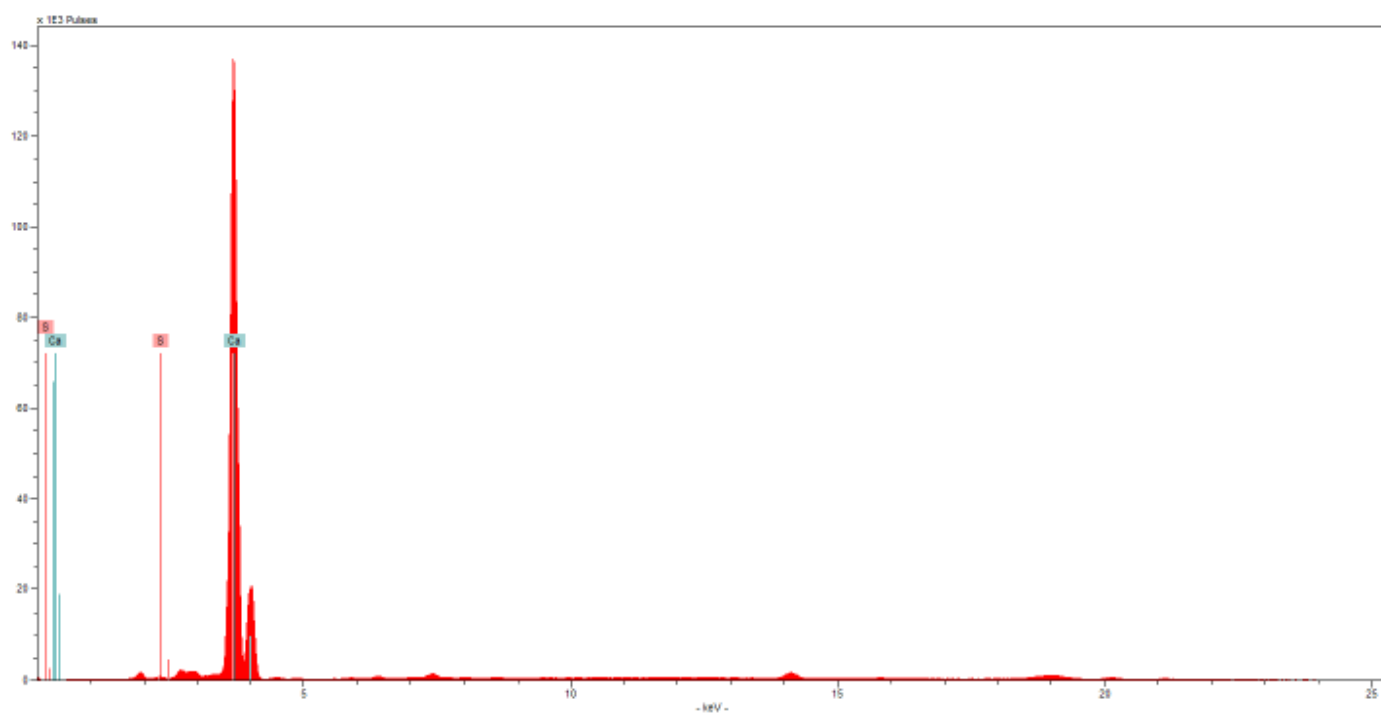
**Analytical Techniques in Materials Conservation. Barbara H. Stuart. John Wiley & Sons (2007) p.161

***Radiation in Art and Archaeometry. D.C. Creagh & D.A. Bradley. Elsevier Science B.V. (2000) p. 56-75.

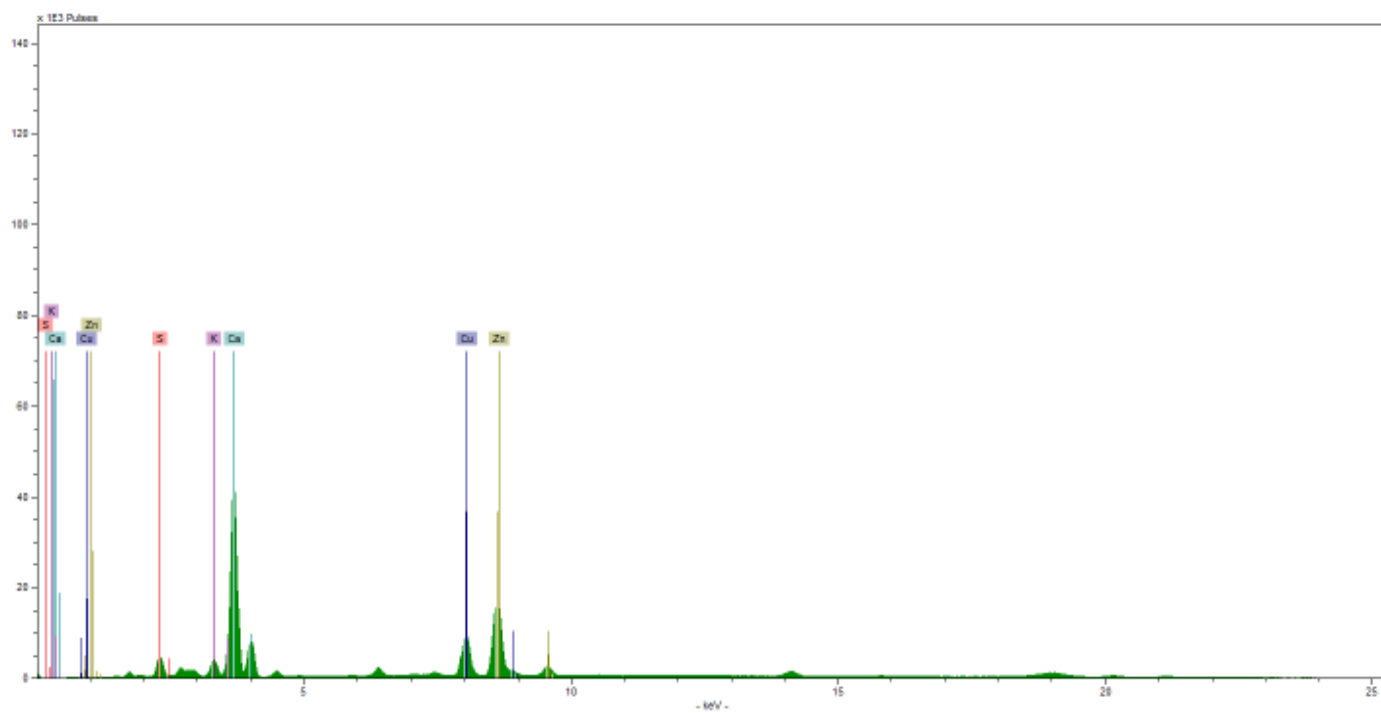
PIGMENTO/MATERIAL*	CARACTERÍSTICAS Y FECHAS DE USO	FÓRMULA QUÍMICA
Yeso	· Empleado desde la antigüedad.	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Blanco de plomo	· Empleado desde la antigüedad.	$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$
Blanco de bario	· Empleado desde el s. XVIII.	BaSO_4
Blanco de cinc	· Comercializado a partir de mediados del s. XIX.	ZnO
Blanco de titanio	· Empleado desde el primer tercio del s. XX.	TiO_2

*<http://www.webexhibits.org/pigments/intro/pigments.html>.
http://cameo.mfa.org/wiki/Main_Page.

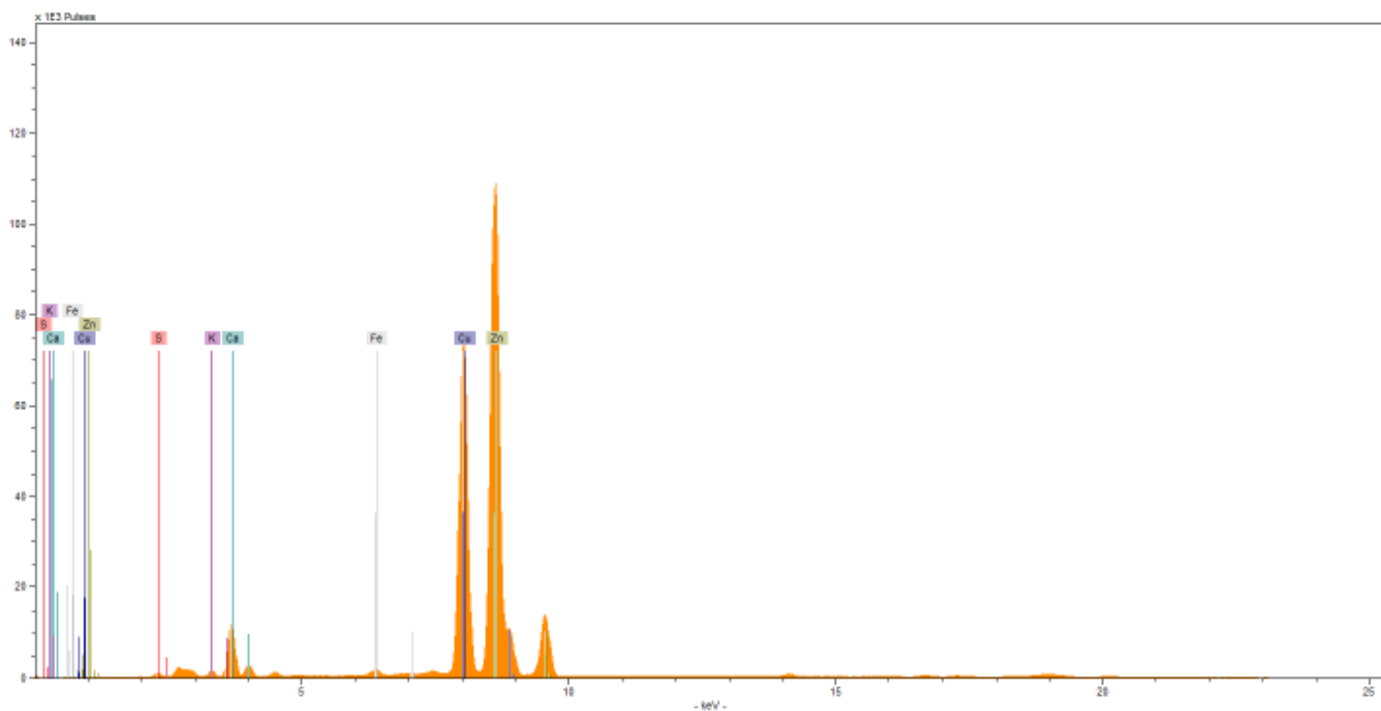
ESPECTRO 3: Muestra A - base y primera capa



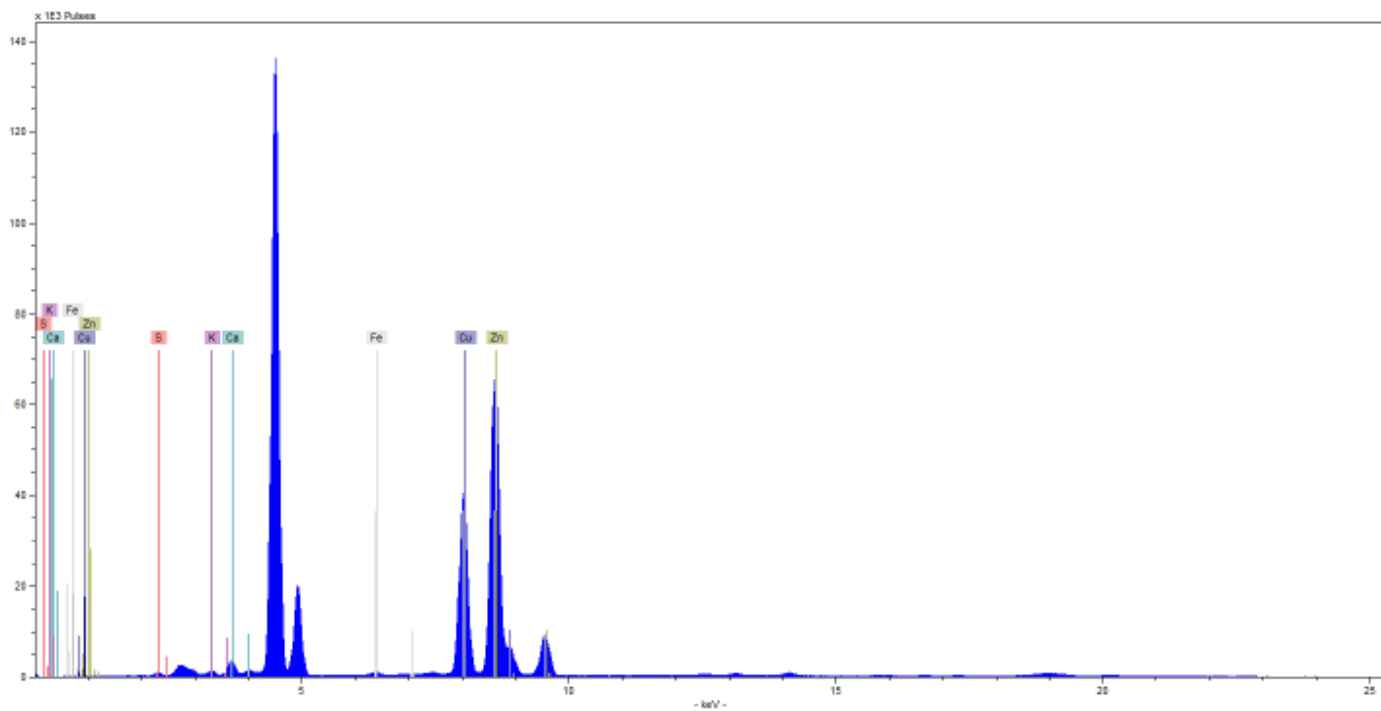
ESPECTRO 4: Muestra A - segunda capa



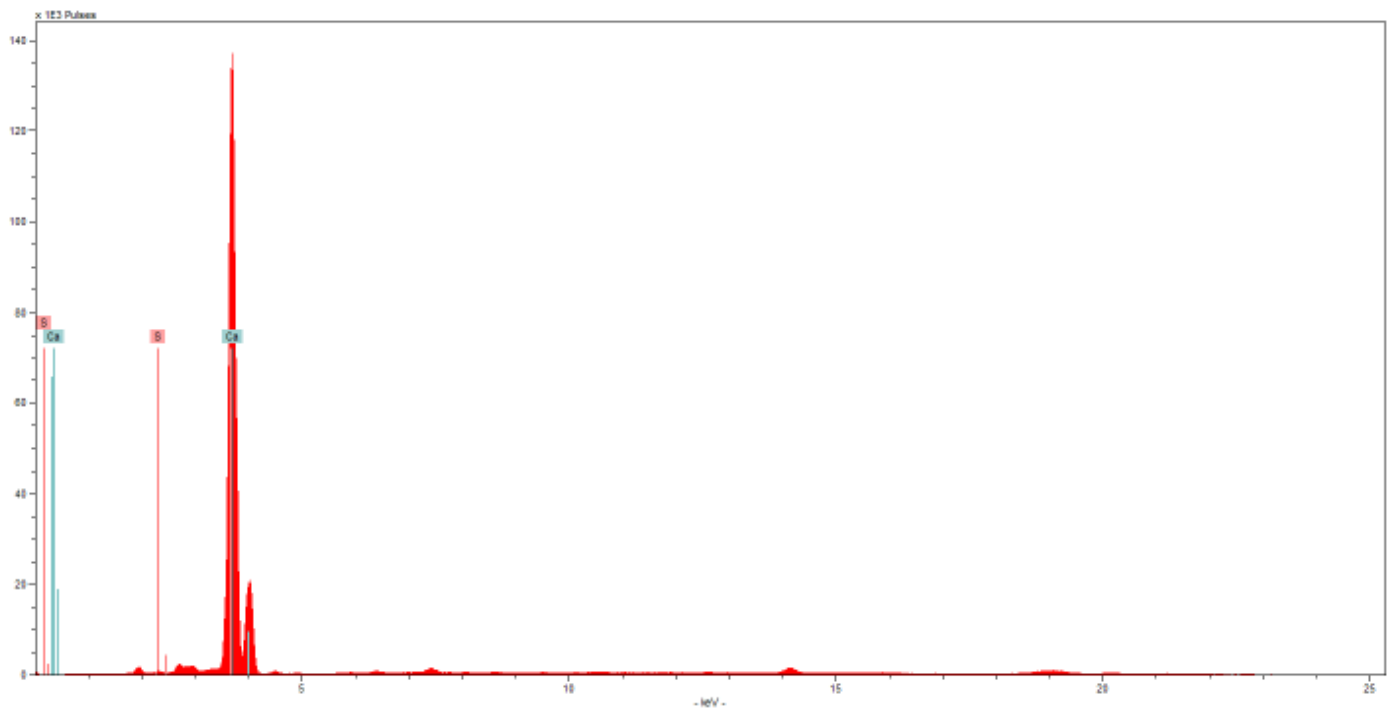
ESPECTRO 5: Muestra A - tercera capa



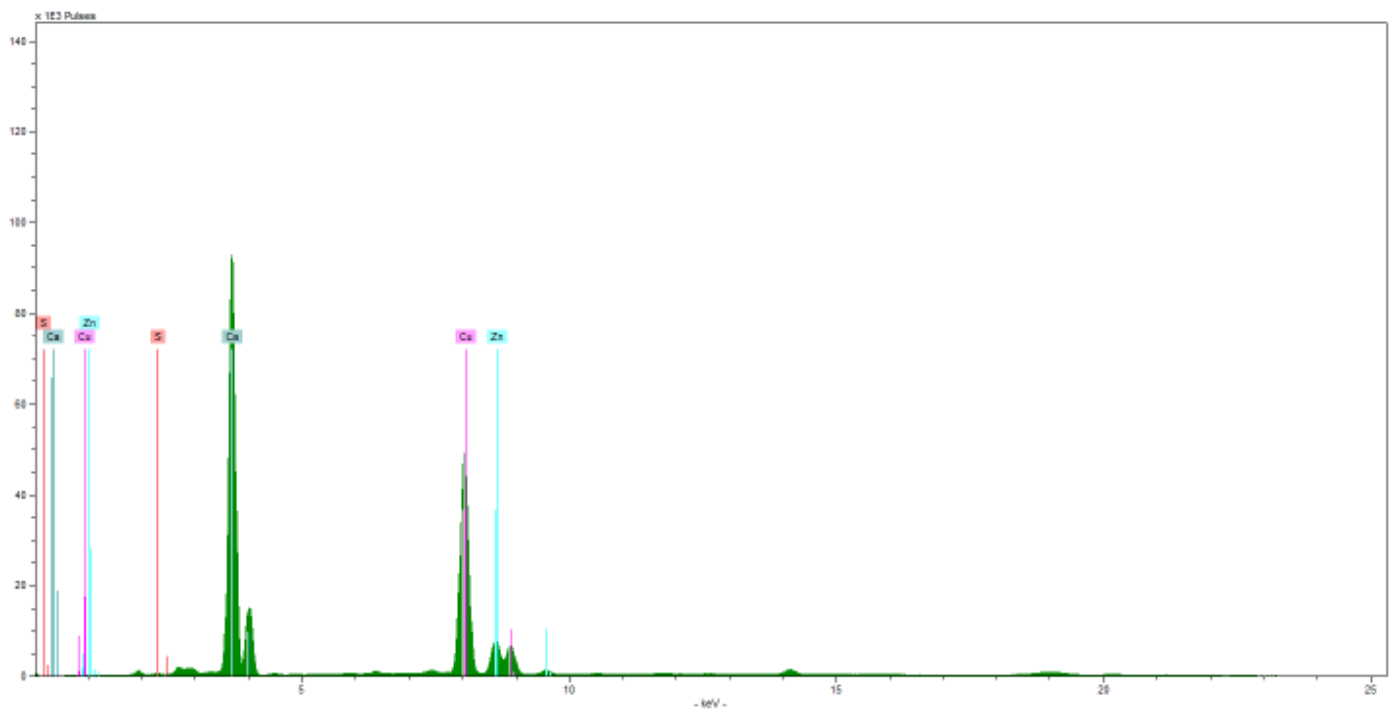
ESPECTRO 6: Muestra A - última capa



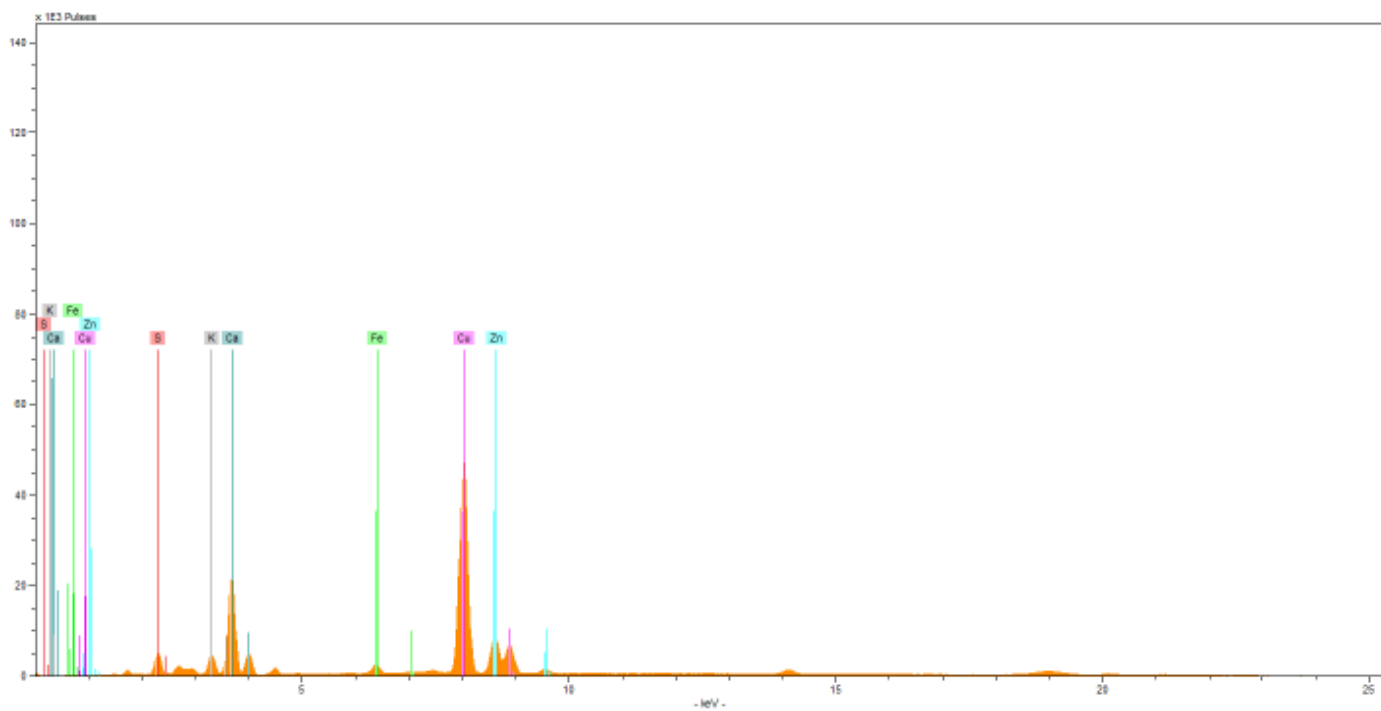
ESPECTRO 7: Muestra B - base y primera capa



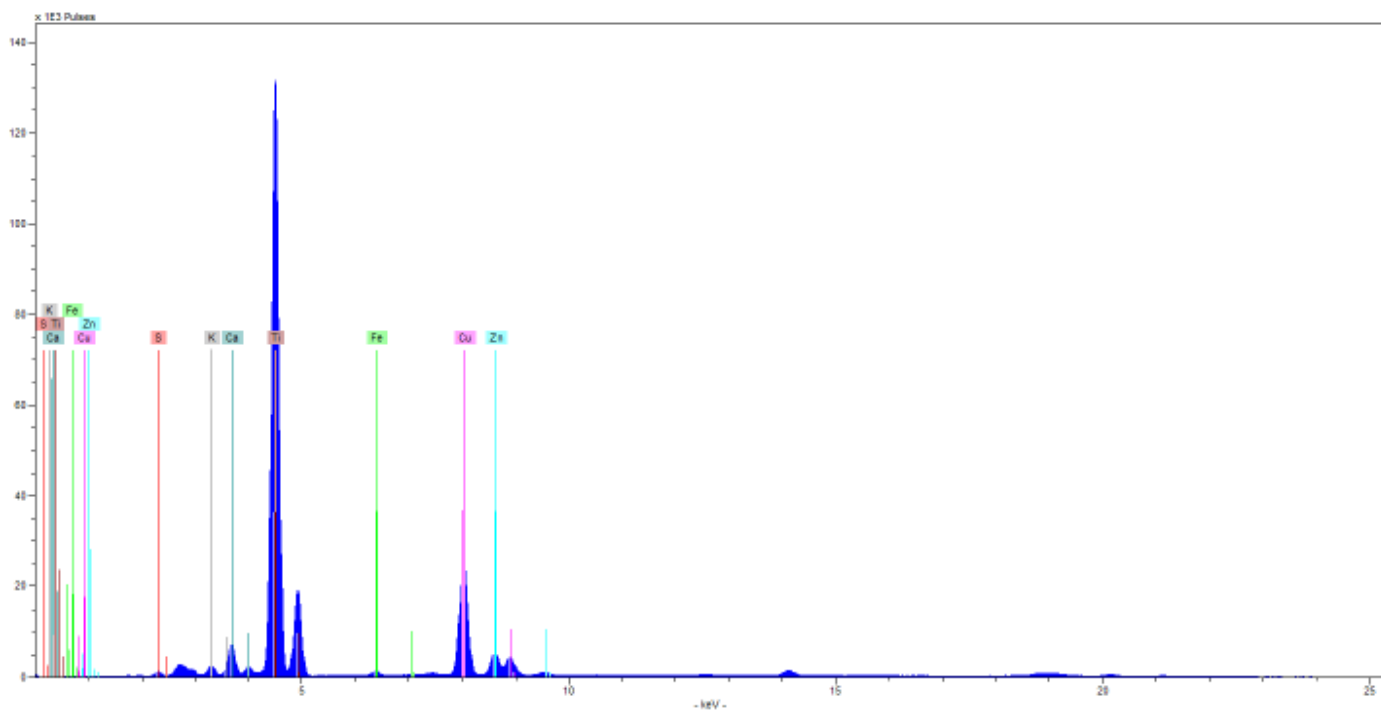
ESPECTRO 8: Muestra B - segunda capa



ESPECTRO 9: Muestra B - tercera capa

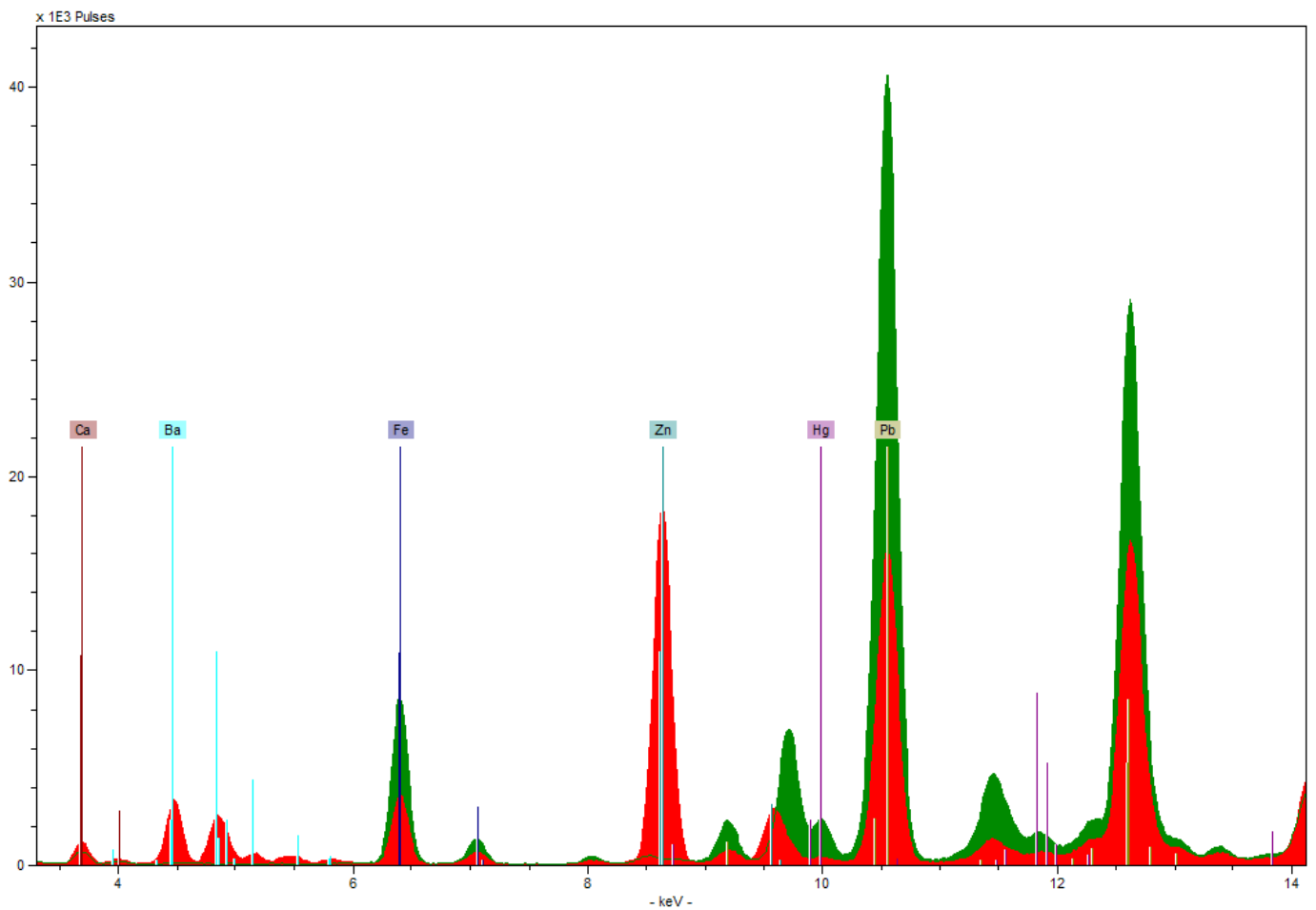


ESPECTRO 10: Muestra B - última capa





ESPECTROS DE UN RELIEVE ESCULTÓRICO



ANOTACIONES PARA EL MONITOR

- ESPECTRO 1 (p. 22): Espectro obtenido del análisis de una fotografía antigua (plata gelatina). El área analizada se encuentra en la zona oscura del vestido de la dama. Se observa plata (Ag), que forma la imagen, y también estroncio (Sr) y bario (Ba), del papel baritado utilizado como soporte.

- ESPECTRO 2 (p. 22): Espectro obtenido del análisis de una medalla de oro de 14 kilates. Se observa oro (Au), por supuesto, pero también níquel (Ni), cobre (Cu) y cinc (Zn), que forman parte de la aleación metálica con la que está hecha la medalla.

- ESPECTRO 3: Muestra A - base y primera capa (p. 25)

2. Yeso
1. Madera

- ESPECTRO 4: Muestra A - segunda capa (p. 25)

3. Azul de ultramar
2. Yeso
1. Madera

Nótese que en este caso se ve un poco de cobre y cinc en esta capa, que viene de contaminación con la capa que sigue.

- ESPECTRO 5: Muestra A - tercera capa (p. 26)

4. Mezcla de pigmento de cobre y blanco de cinc
3. Azul de ultramar
2. Yeso
1. Madera

- ESPECTRO 6: Muestra A - última capa (p. 26)

5. Mezcla de azul de ultramar con blanco de titanio
4. Mezcla de pigmento de cobre y blanco de cinc
3. Azul de ultramar
2. Yeso
1. Madera

- ESPECTRO 7: Muestra B - base y primera capa (p. 27)

2. Yeso
1. Madera

- ESPECTRO 8: Muestra B - segunda capa (p. 27)

3. Pan de bronce (latón)
2. Yeso
1. Madera

- ESPECTRO 9: Muestra B - tercera capa (p. 28)

4. Azul de ultramar
3. Pan de bronce (latón)
2. Yeso
1. Madera

- ESPECTRO 10: Muestra B - última capa (p. 28)

5. Mezcla de azul de ultramar y blanco de titanio
4. Azul de ultramar
3. Pan de bronce (latón)
2. Yeso
1. Madera

- ESPECTROS DE UN RELIEVE ESCULTÓRICO (p. 29):

El espectro en rojo pertenece a la capa 0, la más externa y nueva. El espectro verde pertenece a la capa I, la más interna y antigua. Aunque ambas capas tienen un color rojo, se puede deducir que en la capa I el color está dado por bermellón (hay presencia de mercurio (Hg) en esa capa), mientras que en la capa 0, probablemente, se trata de un pigmento rojo de hierro.

También se observa que en la capa más nueva tenemos cinc (Zn) y bario (Ba), lo que apuntaría al uso de blanco de cinc y blanco de bario y nos informa que esta capa no pudo haber sido pintada antes de mediados del siglo XIX.

Imagen: *Relieve de la Santísima Trinidad en el Retablo de Nuestra Señora de Loreto* antes de su restauración, iglesia San Pedro de Lima.

Fotografías proporcionadas por el Taller C&R San Pedro de Lima.

Espectros proporcionados por la Sección Química de la PUCP.



VOCABULARIO

- **Análisis microestratigráfico:** Estudio de la superposición de capas (estratos) en una micromuestra.
- **Barniz¹:** Sustancia líquida volátil que se aplica en la superficie de un objeto y que al secarse forma una película fina, brillante y flexible, cuya función principal es la de proteger la obra. Tradicionalmente se preparaban a partir de aceites y resinas vegetales. La clara de huevo también ha sido empleada con este fin. Otra función del barniz era dar el acabado de color y luminosidad que quería el artista.
- **Barroco³:** Es la expresión que define la característica actitud estilística del s. XVII, originada en Roma hacia 1630. Continuación del Renacimiento, el barroco se opuso, sin embargo, al ideal clasicista mantenido por aquél. En la arquitectura se dan las superficies onduladas, las plantas elípticas y las trabazones interrumpidas, acompañadas de una exageración de la monumentalidad; en la escultura, que cobra papel decorativo, tiende a integrar el arte escultórico, como parte esencial, en la composición general, y en las grandes pinturas murales viene a corroborar el gusto por la teatralidad, que asimismo reflejan los fondos de los retratos y los grandes altares de las iglesias, con su complicada estructura y dramático dinamismo.
- **Claroscuro²:** Contraste de luz y sombra que finge o hace resaltar las formas en profundidad.
- **Fluorescencia:** Proceso por el cual una sustancia es capaz de absorber luz de una determinada longitud de onda, p.ej. luz UV, y emitir parte de esa radiación a mayores longitudes de onda, p.ej. luz visible.
- **Manierismo³:** Estilo artístico que se caracteriza por la expresividad y la artificiosidad, difundido por Europa en el siglo XVI.
- **Ocre¹:** Tierras naturales de colores amarillos, rojos o marrones, empleadas como pigmentos. Su coloración se debe, principalmente, a la presencia de óxidos o hidróxidos de hierro en su composición.
- **Pigmento¹:** Sustancia natural o artificial que refleja algunas longitudes de onda y absorbe otras. En las técnicas artísticas, el pigmento es un material sólido, coloreado, insoluble y químicamente estable e inerte, que finamente molido puede ser empleado con un aglutinante para colorear otro material.
- **Pintura al óleo¹:** Pintura que se fabrica con los pigmentos habituales y usando como aglutinante un aceite secante.
- **Radiografía:** Técnica de diagnóstico. Se irradia un objeto con rayos X y se obtiene una imagen con la radiación que atraviesa dicho objeto. Como los diferentes materiales que componen el objeto absorben la radiación de manera distinta, es posible diferenciar estos materiales en la imagen obtenida.
- **Rayos X:** Radiación electromagnética de alta energía.
- **Retablo²:** Armazón arquitectónico que sirve tanto de ornamento sobre un altar, como para la colocación de imágenes, pinturas o relieves.

¿Tienes dudas sobre otras palabras o términos que no has encontrado aquí? Con la ayuda del diccionario busca el significado de las palabras que no encuentres en el VOCABULARIO de esta guía didáctica y escríbelas aquí. Quizás puedas ayudar a otros compañeros con las mismas dudas que tú.



BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES DE INTERÉS

USO DE RADIOGRAFÍAS EN LA CONSERVACIÓN DEL ARTE

- <https://ceroart.revues.org/3197>
- <https://www.khanacademy.org/partner-content/getty-museum/getty-sculpture/a/making-a-spanish-polychrome-sculpture-saint-gins-de-la-jara>
- http://www.nga.gov/content/ngaweb/features/slideshows/spanish-polychrome-sculpture.html#slide_1

VOCABULARIO

- ¹ Stefanos K. Kroustallis "Diccionario de Materias y Técnicas (I. Materias)". 2008. ISBN: 978-84-8181-382-1
- ² Glosario de términos de artísticos: <http://www.uchbud.es/materiales/glosarte.pdf>
- ³ Unidad de Promoción y Desarrollo de la Diputación de Salamanca "Diccionario de términos relacionados con el arte": http://www.dipsanet.es/upd/pdfs/22_%20Formacion_especialidad/diccionario%20arte%20completo%20VMLD.pdf

TAMBIÉN PUEDES CONSULTAR

- Brown, T., LeMay, H.E., Bursten B.E. y Burdge, J.R.: "Química, La ciencia central". 9ª ed. Pearson Educación, Naucalpan de Juárez, 2003.
- Chang, R.: "Química", 7ª ed. McGraw-Hill interamericana, México D.F., 2003.
- Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico y The Getty Conservation Institute. "Metodología para la conservación de retablos de madera policromada". Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, 2006.
- Gómez, María Luisa. "La restauración. Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte". Ed. Cátedra, 2000.

AUDIOVISUALES

- Espectro electromagnético: https://www.youtube.com/watch?v=X04xVB_X0Sw
- ¿Cómo se hace una escultura?: <https://www.youtube.com/watch?t=718&v=9Wb-T1F033Q>

RECURSOS EDUCATIVOS DE CIENCIA

- <http://www.scienceinschool.org/es/2011/issue20/em>
- <http://www.scienceinschool.org/es/2010/issue14/chemlight>
- <http://www.rsc.org/learn-chemistry>
- <http://www.scienceinschool.org/>
- <http://www.rsc.org/eic/>
- <http://rincondelaciencia.educa.madrid.org/Practica/practica2.html>



CONSERVACIÓN, PRESERVACIÓN Y DIFUSIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Taller de Conservación y Restauración de San Pedro de Lima

- <https://tallersanpedrodelima.wordpress.com>
- Facebook: <https://goo.gl/jjZaQm>

Taller piloto de conservación y restauración del Museo de los Descalzos

- www.vimeo.com/42828416

Museo de los Descalzos

- www.facebook.com/museodelosdescalzospaginaoficial

Museo del Convento de Santa Rosa de Ocopa

- <http://conventodeocopa.blogspot.com/>
- Facebook: <https://goo.gl/2al72S>

Ciencia en la labor de recuperación del patrimonio

- <http://goo.gl/uxNbHE>
- <http://www.heritagescience.ac.uk/>

Aprender con el patrimonio cultural

- <http://didcticadelpatrimonicultural.blogspot.com>
- <http://interpretacionpatrimonio.blogspot.com/>



¿Sabías que

el tema de la preservación del patrimonio cultural se encuentra presente en el DCN del Ministerio de Educación para los niños desde los 3 años? Consulta estos enlaces para ayudarte a preparar esta actividad.

LO QUE LOS RAYOS X NOS PUEDEN CONTAR SOBRE LOS PIGMENTOS. PIGMENTOS A LO LARGO DEL TIEMPO

Esta guía didáctica presenta el formato de desarrollo del taller "Lo que los rayos x nos pueden contar sobre los pigmentos. Pigmentos a lo largo del tiempo.", llevado a cabo como parte de la primera temporada de Programa CHAT Ciencia, Historia, Arte y Tecnología, en la iglesia San Pedro de Lima (Lima-Perú, 13 de junio de 2015).

PROGRAMA CHAT Ciencia, Historia, Arte y Tecnología

Actividades científico-culturales que buscan fomentar el interés por la ciencia y la tecnología y promover una aproximación interdisciplinaria al estudio y conservación de piezas histórico-artísticas. El Programa CHAT propone vincular disciplinas aparentemente desligadas mediante el descubrimiento de conceptos científicos en un contexto poco usual: tres monumentos históricos peruanos en los que se conservan importantes piezas de nuestro patrimonio cultural. Los participantes pueden darse cuenta de que solo mediante el trabajo conjunto de historiadores, científicos, conservadores y otros profesionales es posible comprender, conservar y valorar nuestro rico patrimonio cultural.

El Programa CHAT busca mostrar al público una visión integral de lo que significa el estudio de nuestro patrimonio cultural material. Al mismo tiempo el programa desea que la comunidad participante descubra que el campo de acción de un científico es mucho más amplio del que habían imaginado y que tenga un mayor aprecio por el aporte de la ciencia y la tecnología en la resolución de problemas concretos en nuestro país. Finalmente, el programa busca que la población conozca los monumentos históricos participantes y que, de esta manera, se genere un sentimiento de identidad y apropiación del patrimonio cultural peruano y un compromiso con su preservación, difusión y puesta en valor.

COPYRIGHT

El material desarrollado por el equipo técnico del Programa CHAT Ciencia, Historia, Arte y Tecnología está licenciado bajo la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.

CONTÁCTANOS

Si deseas tener este trabajo en archivo de texto de manera que puedas adaptarlo a tu espacio, ponte en contacto con nosotros.

Portal web: <https://www.programachat.org>
Correo electrónico: chat.programa@gmail.com

Síguenos en nuestras redes sociales:





Lo que los rayos x nos pueden contar
sobre los pigmentos

PIGMENTOS A LO LARGO DEL TIEMPO

GUÍA DIDÁCTICA