

# ¿ES ESTO UN BITTI? EVALUACIÓN QUÍMICA DE LOS PIGMENTOS PRESENTES EN “EL SEÑOR DE LA CAÍDA”

Jhonatan Arízaga Torres<sup>\*a</sup>, Patricia Gonzales Gil<sup>a</sup>, Nancy Junchaya Rojas<sup>b</sup>

## RESUMEN

Bernardo Bitti es una de las figuras más resaltantes en la historia de la pintura virreinal peruana; sin embargo, se cuenta con escasos estudios centrados en la caracterización técnica de su obra. En la iglesia de San Pedro de Lima se encuentran tres lienzos atribuidos a Bitti, además de una tabla policromada titulada “El Señor de la Caída”, que podría pertenecer al mismo autor y que es el objeto de esta investigación. El estudio se centró en el análisis químico de los pigmentos que fueron utilizados en la policromía, mediante espectroscopía de fluorescencia de rayos X portátil, microscopía óptica, microespectroscopía Raman y microscopía electrónica de barrido, con el fin de evaluar si pudiera pertenecer a la época de Bitti. Si bien se detectaron algunos pigmentos modernos, estos parecen provenir de intervenciones posteriores. Los pigmentos identificados como propios de la pintura en el curso de esta investigación fueron blanco de plomo, azurita (en algunos tonos azules), bermellón (rojos y encarnaciones), amarillo de plomo y estaño, y yeso (capa de preparación). Además, sobre la base de los resultados obtenidos se postula el posible uso de ocre y tierras en los tonos marrones, así como de una laca orgánica en los tonos rosa, aunque esto debe ser confirmado mediante análisis adicionales. Dado que todos estos pigmentos concuerdan con la época de Bitti, no se descarta la posibilidad de que la obra sea también de este artista. Con esta investigación se busca contribuir a la difusión de la técnica material empleada en la pintura virreinal peruana, así como a la construcción de una base de datos para los estudios relacionados a Bitti y a otros artistas de la época.

**Palabras clave:** Bitti, pintura virreinal, pigmentos, XRF, Raman, SEM-EDS

## IS THIS A BITTI? A CHEMICAL ASSESSMENT OF THE PIGMENTS PRESENT IN “EL SEÑOR DE LA CAÍDA”

### ABSTRACT

Bernardo Bitti is one of the most important figures in the history of Peruvian viceregal painting. However, there are few studies focused on the technical characterization of his work. In the church of San Pedro de Lima, there are three canvas paintings attributed to Bitti, as well as a panel painting, with the title “El Señor de la Caída”, which could also belong to this author, and which is the object of this investigation. This study was focused on the chemical analysis of the pigments that were used in this painting through portable X-ray fluorescence spectroscopy, optical microscopy, Raman microspectroscopy, and

---

<sup>a</sup> Departamento de Ciencias, Sección Química, Pontificia Universidad Católica del Perú, Av. Universitaria 1801, Lima 15088, Perú, [jjarizagat@pucp.edu.pe](mailto:jjarizagat@pucp.edu.pe)

<sup>b</sup> Conservadora independiente.

scanning electron microscopy to evaluate if it could belong to Bitti's time. Even though some modern pigments were detected, they seem to come from later interventions. The pigments that were identified as belonging to the painting during this investigation were lead white, azurite (in some blue tones), vermilion (reds and flesh tones), lead-tin yellow and gypsum (ground layer). Additionally, based on the obtained results, it is proposed that ochres and earths may have been used in the brown tones and a red lake in the pink ones, but this must be confirmed by further analyses. Since all these pigments are in agreement with what was used in Bitti's time, we cannot rule out the possibility that "El Señor de la Caída" may have also been painted by this artist. With this investigation we seek to contribute to the dissemination of the material technique used in Peruvian viceregal painting, as well as to the construction of a database for studies related to Bitti and other artists of his time.

**Key words:** Bitti, viceregal painting, pigments, XRF, Raman, SEM-EDS

## INTRODUCCIÓN

El análisis científico de obras de arte ha ido recibiendo cada más atención en los últimos años. El estudio técnico de la obra de un pintor permite lograr una mejor comprensión del desarrollo de la pintura en la época en la que el artista la produjo. Adicionalmente, esta información es muy importante para llevar a cabo procesos de restauración con una base científica sólida. Por ejemplo, la detección de zonas que han sido objeto de restauraciones anteriores puede ser crucial al momento de tomar decisiones sobre la remoción de algunas capas de barniz o pintura y, además, la identificación de un pigmento propenso a degradación puede contribuir a tomar las medidas necesarias para evitar un mayor deterioro o alteración<sup>1-3</sup>. Por último, la caracterización química de una obra pictórica puede permitir situarla en el tiempo de acuerdo con los materiales que se identifiquen en ella e, incluso, contribuir a reforzar o refutar una atribución de autoría, si se conoce ya de manera previa la paleta del pintor<sup>4,5</sup>.

La identificación de los materiales utilizados por un artista es una labor bastante complicada. Una pintura constituye una mezcla compleja de compuestos, por lo que es necesario utilizar una serie de técnicas complementarias entre sí para lograr una adecuada caracterización del objeto en estudio<sup>6,7</sup>. Adicionalmente, cuando se trata de un objeto de patrimonio cultural, el acceso a muestras para realizar los análisis suele ser limitado y, en ocasiones, imposible. Esto se debe tanto al alto valor cultural (y económico) de las piezas como a su estado de conservación. Por ello, se debe recurrir a técnicas no destructivas y, cuando es posible, a algunas técnicas de carácter microdestructivo<sup>8</sup>.

Una de las primeras técnicas a las que se recurre en el análisis químico de los pigmentos presentes en una pintura es la espectroscopía de fluorescencia de rayos X (XRF). Esta permite realizar una evaluación preliminar y relativamente rápida de los elementos presentes en un objeto y, además, en su versión portátil, evita tener que trasladar el objeto a un laboratorio para su análisis<sup>9</sup>. Normalmente, los estudios por XRF se complementan luego con una exploración mediante otras técnicas analíticas. Sin embargo, en ocasiones, por las dimensiones de las obras en estudio, su ubicación o la imposibilidad de tomar muestras, los investigadores pueden estar limitados al uso de la XRF. Aunque en estas condiciones, no se obtiene una información completa, se han publicado algunos estudios utilizando la XRF como única técnica para la evaluación química de una pintura<sup>1,10,11</sup>.

Uno de los principales problemas que se enfrenta cuando se realiza el análisis por XRF de una pintura es la estratigrafía de la obra. Esta técnica no permite establecer si las señales obtenidas pertenecen a elementos que se encuentran en la capa superior de la pintura o en una capa más interna. En algunos casos, la atenuación de la radiación por parte de los materiales que se encuentran en las capas externas incluso puede resultar en que no se detecten los elementos de las capas más internas. Adicionalmente, si bien la XRF proporciona información muy valiosa, se trata de una técnica de análisis elemental y no molecular, por lo que no es capaz de informar acerca de los compuestos presentes en la pintura sino solo de los elementos que los componen<sup>12</sup>.

Una técnica que sí permite obtener información que lleve a la identificación de compuestos es la microespectroscopía Raman<sup>13</sup>, la cual ha demostrado ser de gran ayuda en la caracterización de los materiales utilizados en pintura, tanto para los pigmentos inorgánicos como para algunos componentes orgánicos<sup>13, 14</sup>. Esta técnica puede ser utilizada de manera no destructiva (e incluso existe en una versión portátil) y también en forma microdestructiva, para lo cual se toman micromuestras de la obra.

Si bien la microespectroscopía Raman tiene una alta resolución espacial y también provee buena especificidad molecular, muchas veces es difícil obtener señales utilizables cuando las muestras tienen un contenido considerable de materia orgánica<sup>13</sup>. Por ejemplo, la presencia de colorantes orgánicos y de aglutinantes puede resultar en una fluorescencia muy alta que encubre por completo las señales que hubiesen podido llevar a la identificación de los compuestos de interés<sup>13</sup>.

Si se dispone de una micromuestra, se puede llevar a cabo el montaje en una resina, de modo que se acceda a un análisis en sección transversal, tanto por microespectroscopía Raman como por microscopía óptica, y, de esta manera, se pueda obtener información sobre la estratigrafía de la muestra de pintura tomada<sup>14</sup>. Las resinas más utilizadas actualmente para el montaje de las muestras son las de poliéster y las epóxicas, ya que combinan las características deseadas para estos propósitos, como son el color, la rapidez de curado, la temperatura de curado y la eficiencia de encapsulamiento de la muestra<sup>15</sup>.

El análisis estratigráfico puede ser complementado, con la microscopía electrónica de barrido (SEM), la cual permite el estudio de la topografía de la muestra y, si se acopla con un detector de energía dispersiva (SEM-EDS), se puede obtener información acerca de los elementos que constituyen cada capa<sup>5, 14</sup>. Al realizar este tipo de análisis es posible que se presenten efectos de carga por la baja conductividad de la muestra y, sobre todo, de la resina. El recubrimiento de la muestra con un material conductor puede reducir este problema, pero esto no siempre es posible en materiales de patrimonio cultural ya que se debe realizar análisis con múltiples técnicas sobre una sola micromuestra<sup>16</sup>. Por ello, se recurre a mediciones a bajo vacío o al recubrimiento de la resina con pintura de carbón para reducir, en la medida de lo posible, los efectos de carga<sup>16</sup>.

La información química que se puede obtener de una pintura es en extremo valiosa, pero cobra sentido solo cuando se interpreta bajo una mirada interdisciplinaria. El presente trabajo se realizó en el curso de un proyecto destinado al estudio de las obras de Bernardo Bitti que se encuentran en la iglesia de San Pedro de Lima (Cercado de Lima). El objetivo del proyecto era complementar la información que se tiene sobre estas obras sumando la caracterización química a la información estilística e histórica de la que se dispone.

Bernardo Luis Demócrito Bitti (1548-1610), hermano jesuita, llegó a Lima en 1575 y, desde ese momento hasta su muerte, se dedicó íntegramente a crear obras pictóricas y escultóricas para las iglesias de la Compañía de Jesús en el Virreinato del Perú<sup>17, 18</sup>. La importancia de Bitti radica tanto en la gran calidad artística y en la belleza de sus obras,

como en la participación que estas tuvieron para la propagación de la fe católica en América del Sur, lo que se conoce como la evangelización por medio de la imagen<sup>19,20</sup>. En la iglesia de San Pedro de Lima se encuentran tres pinturas de gran formato atribuidas a Bitti: “La Coronación de la Virgen”<sup>21</sup> y “La Candelaria”<sup>19</sup>, de marcada tendencia manierista, y “Nuestra Señora de la O”, obra posterior, que muestra una evolución hacia el naturalismo<sup>18</sup>. Si bien Bitti nunca firmó sus obras, su estilo, con figuras alargadas y estilizadas, de poses sofisticadas y poco naturales, permite a los expertos atribuir potenciales autorías.

La información que se tiene de los materiales empleados por Bitti es muy escasa. Se han realizado algunas investigaciones de los materiales y técnicas empleados en la pintura colonial sudamericana, pero la mayoría se enfoca en las escuelas andinas (Cusco y Bolivia) de los años posteriores a Bitti<sup>22,23</sup>. Los estudios centrados en la época de Bitti han explorado, más bien, la figura de Angelino Medoro<sup>24,25</sup>. En el curso de estos últimos estudios, fue analizada también una obra atribuida a Bitti (un retrato que pertenece a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos), pero no se brindaron detalles acerca de los materiales encontrados en esa pintura<sup>24</sup>. En la Tabla 1, se presenta un resumen de los pigmentos que han sido reportados en pinturas, tanto europeas como sudamericanas, que pertenecen a la época de Bitti, incluyendo la composición química de los mismos.

Tabla 1. Pigmentos utilizados en pintura en Europa y América (siglo XVI)<sup>24, 26</sup>.

Color	Pigmento	Elemento representativo	Composición química
Blanco	Blanco de plomo (albayalde)	Pb	$Pb(CO_3)_2(OH)_2$
Rojo	Rojo de plomo (minio)	Pb	$Pb_3O_4$
	Bermellón	Hg, S	HgS
	Ocre rojo	Fe, Si, Al, K	Arcilla y $Fe_2O_3$
	Laca roja	C	Colorantes obtenidos a partir de cochinilla y rubia
Amarillo	Amarillo de plomo y estaño	Pb, Sn	$Pb_2SnO_4$ (Tipo I) o $Pb(Sn,Si)O_3$ (Tipo II)
	Ocre amarillo	Fe (Si, Al, K)	Arcilla y $FeO(OH)$
	Oropimente	As, S	$As_2S_3$
Verde	Malaquita	Cu	$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$
	Tierra verde	Fe, Mg, Al, Si	Arcilla, $K[(Al,Fe^{3+}), (Fe^{2+},Mg)](AlSi_3, Si_4)O_{10}(OH)_2$
	Verdigris	Cu	$Cu(OH)_2 \cdot (CH_3COO)_2 \cdot 5H_2O$
	Resinato de cobre	Cu	$Cu(C_{19}H_{29}COO)_2$
Azul	Azurita	Cu	$Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$
	Esmalte	Co, Si, K	$SiO_2(65\%) + K_2O(15\%) + Al_2O_3(5\%) + CoO(10\%)$
	Vivianita	Fe, P	$(Fe^{2+})_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$
	Índigo	C	Colorante orgánico vegetal, $C_{16}H_{10}N_2O_2$
Negro	Carbón vegetal	C	C y cenizas
	Negro de huesos	Ca, P	$Ca_3(PO_4)_2 + CaCO_3 + C$

Los dos únicos reportes que se han podido hallar en la bibliografía de análisis químico de obras de Bernardo Bitti son aquellos que corresponden a “La oración en el huerto”<sup>27</sup> y a la “Madona del pajarito”<sup>28</sup>. Estos estudios, sin embargo, datan de hace más de 20 años y no fueron realizados con las técnicas analíticas más robustas con las que se cuenta actualmente.

La iglesia de San Pedro de Lima posee una obra cuya autoría está en discusión pero que, por algunos elementos de su composición, podría pertenecer a Bitti. “El Señor de la Caída” (Figura 1), es una pintura sobre tabla (madera, 152,5 x 117 cm) de autor desconocido. No se tiene documentación acerca de su origen ni de las posibles

intervenciones que haya podido sufrir esta obra a lo largo de los años. No todos los personajes de esta obra tienen características similares en cuanto a la técnica empleada, por lo que existe la posibilidad de una intervención con múltiples artistas para la elaboración de este cuadro. El tema iconográfico de la pintura se basa en la obra “Caída en el camino del Calvario” de Rafael Sanzio<sup>29</sup>. Al comparar la composición de ambas obras, se puede observar el recorte de los personajes de la margen izquierda en el cuadro del “Señor de la Caída”, por lo que surge la hipótesis de este haya sido, en realidad, una pintura de mayor formato, que fue cortada en algún momento de su historia.



**Figura 1.** “El Señor de la Caída”. Colección Compañía de Jesús, Comunidad de San Pedro.

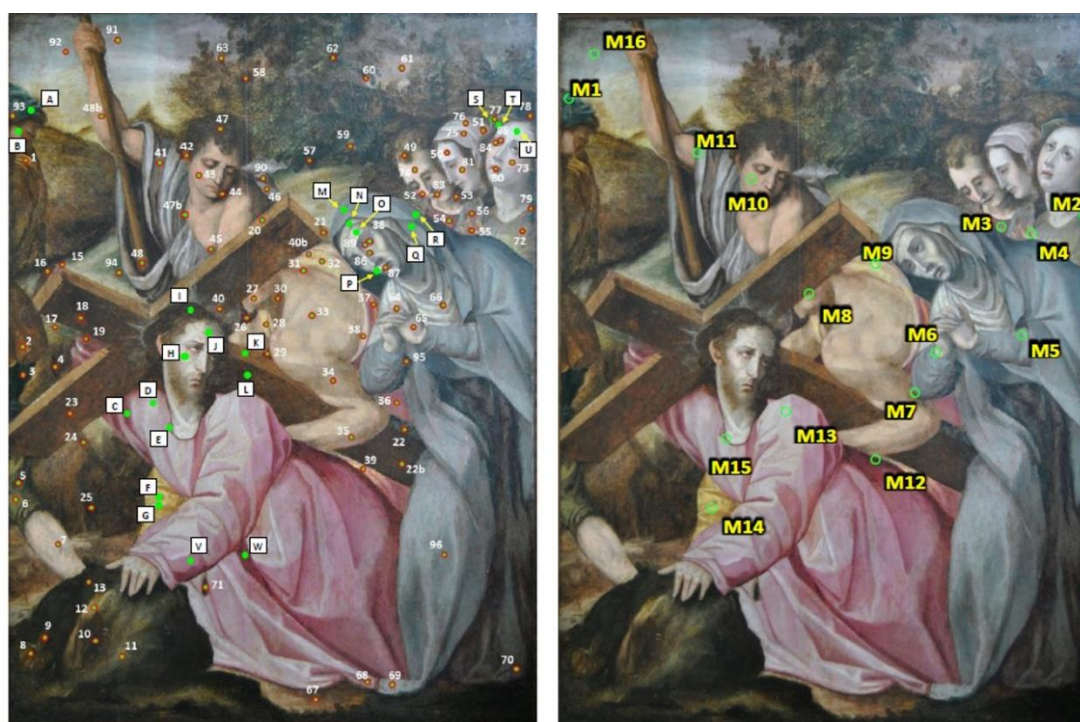
Según Ricardo Estabridis, historiador del arte peruano y estudioso de nuestro arte virreinal, en la Carta Anua de 1589 se menciona que en la iglesia de San Pedro de Lima se hallaba una colección de 26 tablas que representaban los misterios de la vida de Cristo y que rodeaban el interior del templo<sup>20</sup>. Ninguna de estas tablas parece haber llegado a nuestros días. Sin embargo, el historiador resalta la existencia de una tabla (“Cristo camino al Calvario se encuentra con su madre”) que en ese momento se encontraba en proceso de restauración en los talleres de la iglesia, y sugiere que podría tratarse de una de las 26 obras antes mencionadas<sup>20</sup>. “Cristo camino al Calvario se encuentra con su madre” es, justamente, la obra objeto de este estudio y se encuentra actualmente registrada con el título de “El Señor de la Caída”.

En la presente investigación, se llevó a cabo el análisis de los pigmentos utilizados en “El Señor de la Caída”, para evaluar la posibilidad de que esta obra date efectivamente de la época de Bitti y, de ser posible, contribuir a reforzar o refutar la atribución de autoría a este pintor. Con este artículo se busca incrementar el conocimiento que se tiene sobre las obras atribuidas a la época de Bitti, desde el punto de vista químico y contribuir a un flujo de información que es muy necesario para establecer comparaciones entre los artistas de este importante período en la historia de la pintura virreinal.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Análisis por espectroscopía de fluorescencia de rayos X (XRF)

Se utilizó un analizador portátil de fluorescencia de rayos X Bruker Tracer III-SD, sin filtros, y montado sobre un trípode, para el análisis *in situ* de la obra. La pintura estuvo soportada por una pared para el análisis y se comprobó que no hubiese interferencias de dicha superficie). El analizador fue posicionado a una distancia de 1 mm de la zona en estudio. El análisis fue realizado utilizando el software S1PXRF, propio del equipo. El tiempo de análisis fue de 30 segundos, con un voltaje de 40 kV y una corriente de 10,3  $\mu$ A. Los espectros fueron procesados con el software Spectra Artax 7.4.0.0. El análisis se realizó en dos etapas: una etapa inicial de exploración que consistió en el análisis de 23 zonas de la obra (Figura 2, izquierda, A a W) y una evaluación posterior más detallada de 96 zonas adicionales (Figura 2, izquierda 1 a 96).



**Figura 2. Zonas analizadas de “El Señor de la Caída.** Izquierda: analizadas por XRF. Las letras mayúsculas indican los puntos evaluados en la primera etapa de análisis, mientras que los números indican la segunda etapa de análisis. Derecha: zonas de extracción de micromuestras.

### Toma de micromuestras

Partiendo de los resultados de los análisis realizados por XRF, se procedió a la toma de muestras (Figura 2, derecha). Para esto, se utilizó un bisturí de hoja de punta, con el cual se realizó un corte triangular y profundo, procurando tomar todas las capas de pintura en cada muestra.

### Montaje de micromuestras en resina

Las muestras fueron montadas en mini cubos de 1 x 1 x 1 cm con una resina epóxica de dos componentes de la marca Leco. Se dejó curar la resina por lo menos un día, luego de

lo cual se procedió a cortar los cubos de resina con una sierra de joyero hasta el punto donde se encontraba la muestra y a pulir la superficie de corte con paños de pulido grueso y fino (grados 120 a 12000) Micro Mesh para exponer la sección transversal<sup>4,15</sup>.

### **Análisis de micromuestras mediante microscopía óptica**

Se utilizó un microscopio Zeiss Axio Imager.M2m con fuentes de excitación de luz visible, 365 nm, 405 nm y 485 nm. Se tomaron fotografías con objetivos de 5, 10X, 20X, and 50X y un ocular de 10X. Las imágenes fueron tomadas con la cámara digital Zeiss AxioCam HRc digital camera en conjunto con el software Zeiss AxioVision.

### **Análisis de micromuestras mediante microespectroscopía Raman**

Se utilizó un espectroscopio Raman de sobremesa con microscopio confocal Renishaw inVia, con una fuente de excitación de 785 nm. Los espectros se obtuvieron con un tiempo de acumulación de 20 segundos, variando el número de repeticiones y la potencia del láser (esta última, cerca de 0,3 mW para evitar la degradación térmica de las muestras<sup>3</sup>). Los espectros obtenidos fueron procesados con el programa Horiba LabSpec 5 y comparados con los espectros disponibles en dos bases de datos gratuitas en internet: Cultural Heritage Science Open Source (<https://chsopensource.org/download/8102/>) y University College London (<http://www.chem.ucl.ac.uk/resources/raman/>).

### **Análisis de micromuestras mediante SEM-EDS**

Se redujo el grosor de la resina que soportaba a la muestra a 1-2 mm. La resina fue montada en un soporte de aluminio utilizando cinta adhesiva de carbono de doble lado, y luego se recubrió la resina con pintura de carbono, dejando expuesta solo la zona de la muestra. Se realizó el análisis utilizando un SEM Zeiss EVO MA15 con una fuente LaB6 a un voltaje de 20 kV para el haz de electrones. Se ajustó la distancia de trabajo a 11 mm. El análisis de EDS fue realizado con un detector Bruker Nano X-flash® 6 | 30 y el software Quantax 200/Esprit 1.9.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La obra en estudio, “El Señor de la Caída”, fue analizada mediante diversas técnicas microscópicas y espectroscópicas para identificar los pigmentos que la constituyen y, luego, realizar una interpretación de estos resultados en el contexto histórico en el que podría haberse creado esta obra.

La primera técnica que se utilizó fue la XRF ya que, por ser de carácter no destructivo, permite una evaluación general de las diversas zonas de la obra. El análisis de una pintura por XRF puede ser realizado utilizando diversas condiciones de voltaje, corriente y tiempo, con o sin filtros y con o sin aplicación de vacío<sup>12</sup>. En este caso, dado que se estaba realizando un análisis exploratorio, se trabajó sin filtros y con el voltaje máximo que permite el equipo (40 kV). Dadas las dimensiones de la obra, el tiempo de análisis se ajustó a 30 segundos para permitir el estudio de una mayor cantidad de zonas en un tiempo razonable. Un incremento en el tiempo de análisis a 60 segundos no mejoró las señales en una proporción que justificase el tiempo invertido. Si bien la detección de los elementos más ligeros, como el aluminio, el silicio y el fósforo, se hace difícil en estas

condiciones de trabajo, la ausencia de señales de otros elementos en una zona determinada de la pintura es ya información en sí misma que puede guiar la siguiente etapa de análisis. En algunos casos, el análisis por XRF de las encarnaciones (rostros, manos) mostraron la presencia de bario y titanio (Tabla 2), elementos que no corresponden a ningún pigmento utilizado durante el siglo XVI. Esto sugiere que estas zonas han sufrido repintes, probablemente con blanco de bario (utilizado desde el siglo XIX) y blanco de titanio (disponible desde 1921)<sup>26</sup>. También se detectó cromo, cadmio y selenio en otras zonas de la pintura (Tabla 2). Estos elementos estarían indicando intervenciones posteriores a Bitti, dado que corresponden a pigmentos que se comenzaron a utilizar a partir del siglo XIX<sup>26</sup>. Estos resultados fueron considerados al momento de seleccionar luego las zonas para toma de muestras, de modo que se evitasen áreas con repintes.

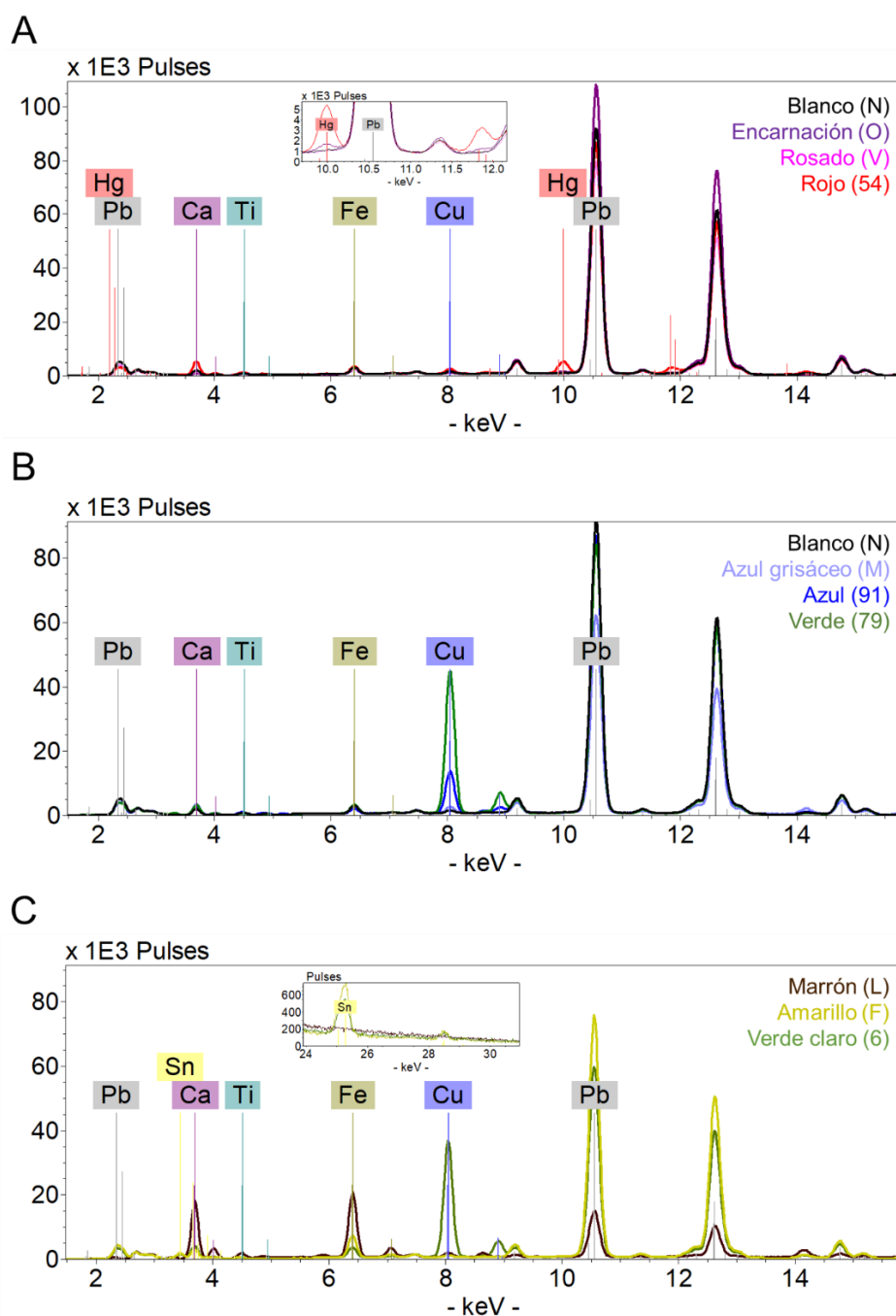
Tabla 2. Zonas con potenciales intervenciones posteriores a la época de Bitti.

Zona de análisis	Elementos detectados	Pigmentos propuestos
16	Cd, Se	Rojo de cadmio
17	Cr, Ti	Amarillo de cromo, verde de cromo, verde Viridiana, blanco de titanio
12	Cd	Amarillo de cadmio
27	Ti	Blanco de titanio
34	Ti	Blanco de titanio
35	Ti	Blanco de titanio
36	Ti	Blanco de titanio
45	Cr, Sr	Amarillo de estroncio
46	Ti	Blanco de titanio
47	Cr	Amarillo de cromo, verde de cromo
64	Ti	Blanco de titanio
87	Cr, Ti	Anaranjado de cromo, amarillo de cromo, blanco de titanio
88	Ti, Ba	Blanco de titanio, blanco de bario
93	Cr	Amarillo de cromo, verde de cromo, verde viridiana
94	Cr, Cd	Amarillo de cadmio, verde de cromo
95	Cr, Ti, Ba	verde de cromo, verde viridiana, blanco de titanio, blanco de bario

Si bien se encontraron pigmentos que no corresponden al siglo XVI, estos parecerían ser adiciones y no así los materiales originales de la obra. Las claras señales de plomo obtenidas en la totalidad de la tabla mediante el análisis por XRF (Figura 3) sugieren el uso de blanco de plomo tanto en las zonas blancas como en zonas en las que se habría utilizado para matizar los tonos de otros pigmentos. También fue recurrente la detección de mercurio en las encarnaciones y en algunas zonas de color rojo, lo cual es indicativo del uso de bermellón (Figura 3A). Ambos pigmentos fueron ampliamente utilizados durante la época virreinal.

El análisis por XRF de la túnica de Cristo (de tono rosado) y de la vestimenta rojiza de uno de los tres personajes presentes en la zona superior derecha de la obra mostró una ausencia total de mercurio (Figura 3A). Tampoco se detectó una cantidad apreciable de hierro ni una señal más intensa de plomo que pudiesen apuntar al uso de ocre o de rojo de plomo, respectivamente (Figura 3A). Esto podría indicar el uso de colorantes de naturaleza orgánica en estas zonas, como se discute más adelante. Las zonas verdes y azules mostraron la presencia de cobre, aunque esta señal fue mínima en el manto de Virgen (Figura 3B). Finalmente, en los tonos amarillos se detectó estaño, lo cual sugiere el uso de amarillo de plomo y estaño, y el análisis de las zonas marrones mostró la presencia de hierro, calcio y, en ocasiones, potasio, lo que es indicativo del uso de ocre o tierras (Figura 3C).



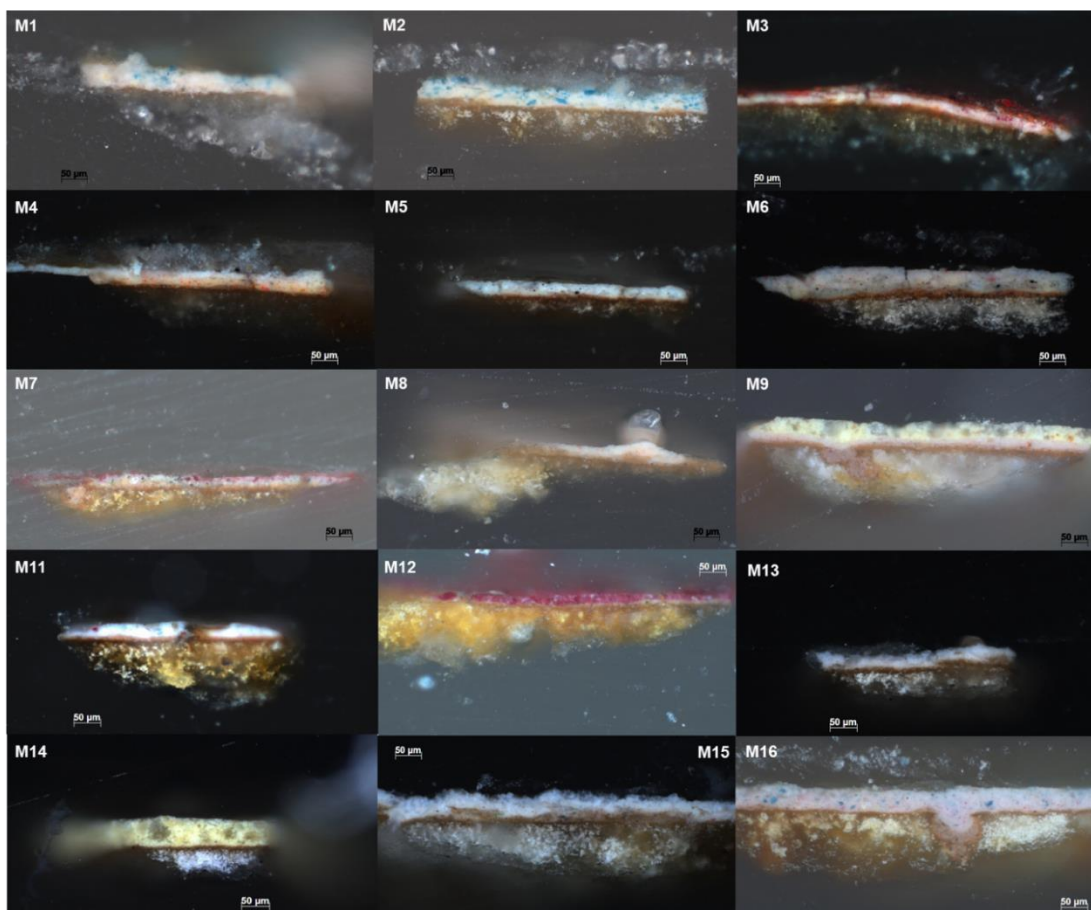


**Figura 3. Espectros de XRF de algunos puntos representativos de la obra. A. Rosados y rojos. B. Azules y verdes. C. Amarillos, verdes y marrones. La codificación de los puntos de análisis corresponde a la que se muestra en la Figura 2. En A y B se ha incluido una zona de color blanco como referencia.**

Luego de este primer análisis por XRF, se procedió a tomar micromuestras de las 16 zonas indicadas en la Figura 2 (derecha). Estas fueron evaluadas mediante microscopía óptica, microespectroscopía Raman y, tres de ellas, por SEM-EDS.

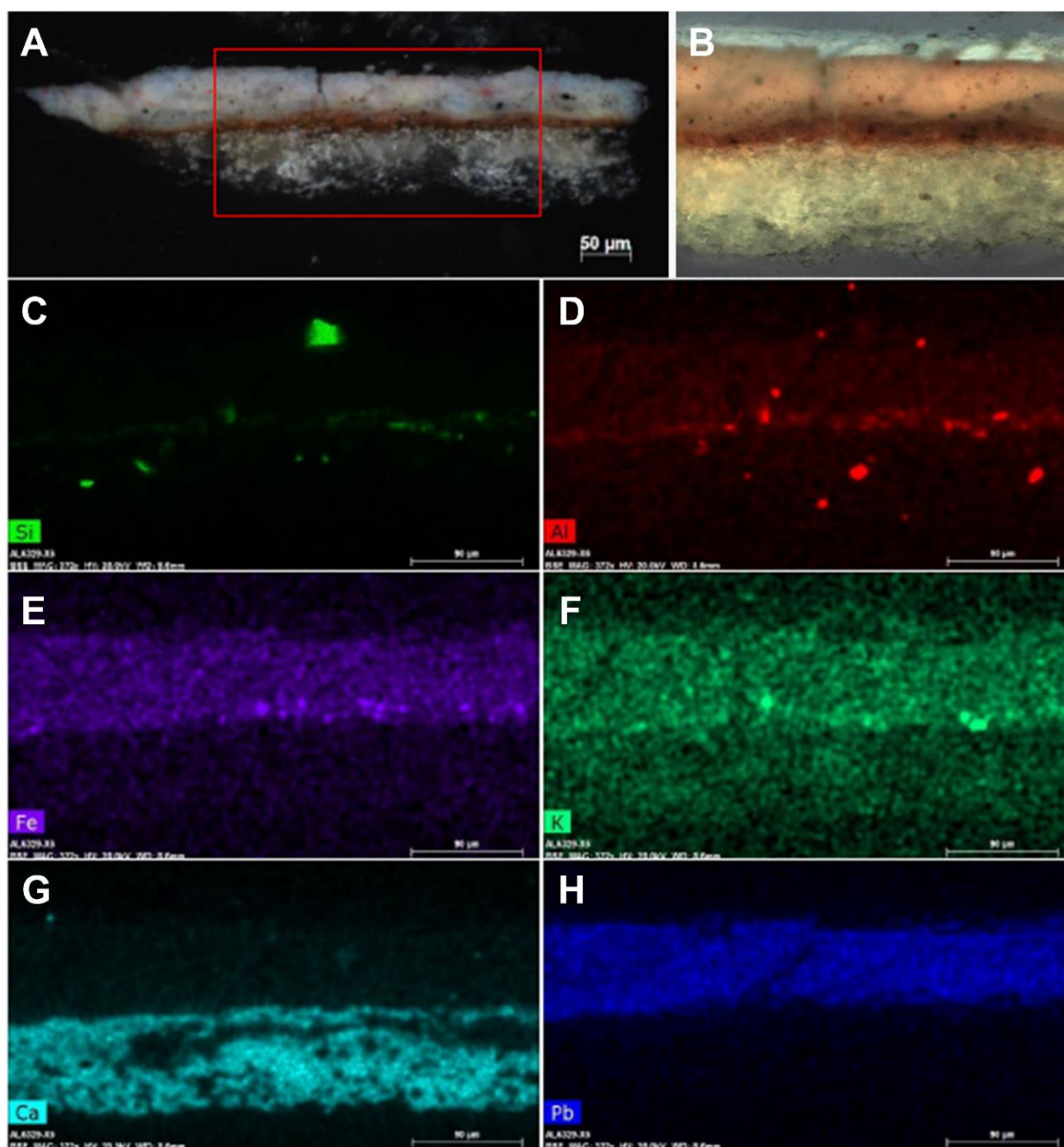
El análisis de la estratigrafía de las muestras obtenidas de la obra evidencia una ejecución relativamente sencilla por parte del artista (Figura 4). En la mayoría de las muestras (ver como referencia la muestra M2 en la Figura 4) se observó una base de preparación, seguida por una delgada capa de imprimación de unos 10 a 15  $\mu\text{m}$  y, luego, una sola capa de pintura. En cuatro muestras (Figura 4, M3, M4, M7 y M9) se observó esta misma

composición, pero con dos capas pictóricas. La capa de imprimación es semi translúcida y de color pardo, tal como se puede apreciar para todas las muestras en la Figura 4. Esto se ha observado en obras anteriores a la época de Bitti, por ejemplo, en la obra de Tiziano y en el famoso altar de Ghent<sup>30, 31</sup>.



**Figura 4: Análisis por microscopía óptica de las muestras extraídas de “El Señor de la Caída”.** Las muestras fueron montadas en resina y se observan en sección transversal bajo luz visible y un aumento de 200X. La escala que se observa es de 50 µm. Se ha omitido la muestra M10 ya que la fotografía era menos clara, por el tamaño y forma de la muestra.

Para evaluar con más detalle la composición de la capa de imprimación, se procedió a realizar un análisis por SEM-EDS de tres muestras. En la Figura 5, se presentan los resultados del análisis de la muestra M6 por microscopía óptica y por SEM-EDS. Se puede ver claramente la capa de imprimación tanto bajo luz visible (5A) como bajo luz ultravioleta (5B) y, por las características observadas por microscopía óptica, probablemente se trate de una capa oleosa. El color podría deberse al uso de tierras o arcillas, como sugiere la presencia de silicio, aluminio, hierro y potasio detectada por SEM-EDS (Figura 5C, 5D, 5E, 5F, respectivamente).



**Figura 5: Análisis por microscopía óptica y mapeo elemental por SEM-EDS de la muestra M6. A:** Microfotografía de la muestra bajo luz visible, como referencia. **B:** Detalle de la sección transversal de la muestra vista bajo luz UV (405 nm). **C-H:** Mapeo elemental de la zona señalada en A con un rectángulo rojo (se muestra la ubicación del elemento indicado en cada sub-imagen).

La predominancia de calcio en la capa de preparación (Figura 5G) apunta al uso de yeso en la misma. El análisis de la capa pictórica mostró claramente el uso de un pigmento de plomo (Figura 5H), tal como lo sugería el análisis por XRF. La evaluación de las 16 muestras por microespectroscopía Raman permitió confirmar la presencia de yeso y de blanco de plomo en la capa de preparación y en la capa pictórica, respectivamente, en todas ellas (Tabla 3).

En la Tabla 3, se muestra un resumen de los resultados obtenidos en las 16 muestras por microespectroscopía Raman. Este análisis permitió confirmar la presencia bermellón en las encarnaciones y en algunas zonas rojas, así como de amarillo de plomo y estaño en las zonas amarillas.

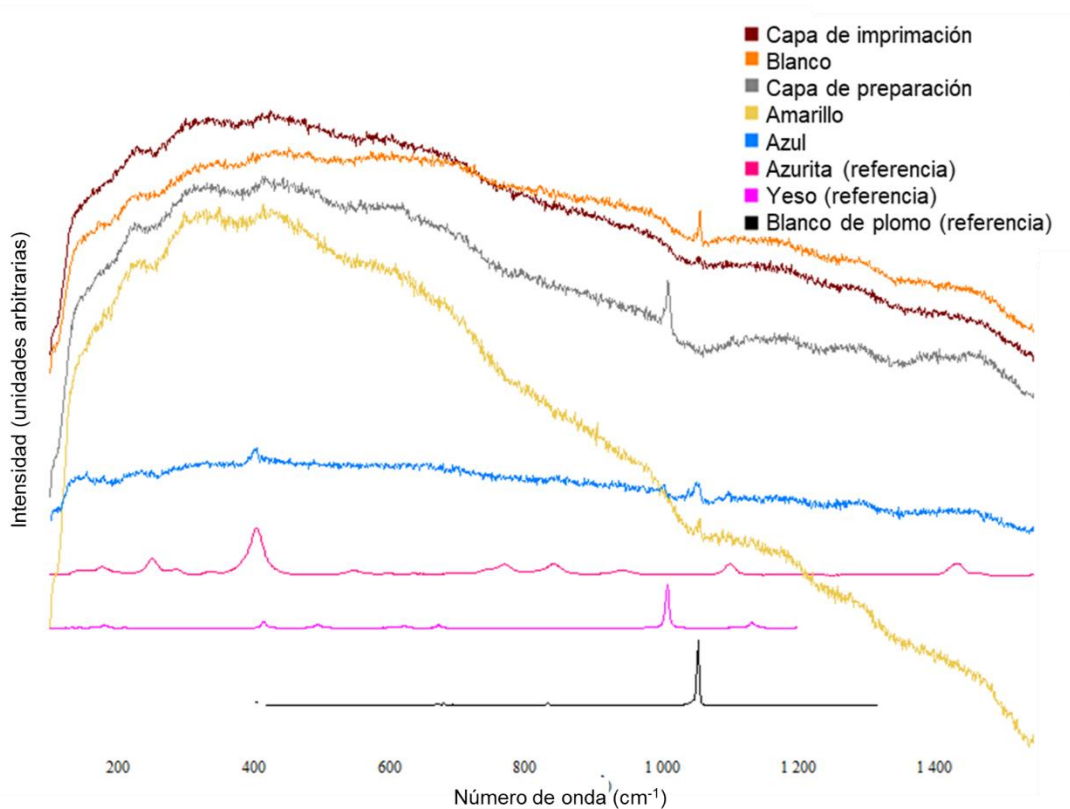
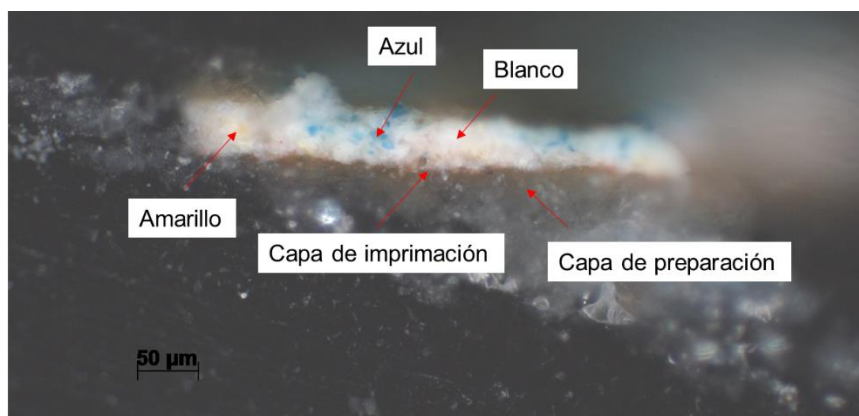
Tabla 3. Pigmentos encontrados en el análisis por microespectroscopía Raman de las muestras tomadas “El Señor de la Caída”.

Muestra	Color	Capa de preparación	Capa pictórica			
		Yeso	Blanco de plomo	Amarillo de plomo y estaño	Bermellón	Azurita
M1	Verde	X	X			X
M2	Verde	X	X			X
M3	Rojo	X	X		X	
M4	Rosado	X	X	X	X	
M5	Azul/gris	X	X			
M6	Encarnación	X	X	X	X	
M7	Marrón rojizo	X	X			
M8	Encarnación	X	X		X	
M9	Amarillo	X	X	X	X	
M10	Encarnación	X	X		X	
M11	Verde/Azul	X	X			X
M12	Rosado	X	X			
M13	Rosado pálido	X	X			
M14	Amarillo	X	X	X		
M15	Encarnación	X	X		X	
M16	Azul	X	X			X

Con esta técnica no se pudieron identificar algunos pigmentos de color rosado/rojizo, como aquellos utilizados para la túnica de Cristo y la vestimenta de otros personajes. La ausencia de señales características de los pigmentos rojos de origen mineral en el análisis por XRF, mencionado anteriormente, y la alta fluorescencia y ausencia de señales definidas en el análisis por microespectroscopía Raman en las muestras tomadas de estas zonas apoya la idea del uso de lacas orgánicas para lograr los tonos observados. Un análisis preliminar por espectrometría de masas con desorción/ionización láser asistida por matriz (MALDI-MS) de la muestra M12<sup>32</sup> (resultados no mostrados en este manuscrito) sugeriría que se trata de una laca de origen animal (cochinilla o kermes), pero esto debe ser estudiado con más detalle para poder dar una identificación más sólida.

Si bien el color azul del cielo pudo ser atribuido a la presencia de azurita, no fue posible determinar el pigmento utilizado en el manto de Virgen (muestra M5), el cual había dado señales muy bajas de cobre en el análisis preliminar por XRF. Esto podría deberse a que el pigmento esté en menor proporción y a que no logró tomarse una muestra que lo contuviese en cantidades suficientes para permitir el análisis, pero no se puede descartar que se haya utilizado algún otro pigmento más difícil de detectar por estas técnicas, sobre todo cuando se encuentran en baja concentración, como son el índigo o la lazulita. Si bien este último pigmento no ha sido reportado en pinturas al óleo en la época virreinal, sí hay indicios de su uso, muy posiblemente en forma de mineral no refinado, en pintura de paredes de edificaciones virreinales<sup>24</sup>. Se descartó la posibilidad de que se tratase de esmalte dado que no se detectaron señales de cobalto en el análisis por XRF.

Un detalle interesante es la ausencia de pigmentos verdes en las muestras que parecían tener un color verdoso. Al parecer, el color se debe a una capa oscurecida de barniz aplicada sobre una capa pictórica de color azul. La muestra M1 es justamente uno de estos casos y en ella se ha identificado claramente el uso de blanco de plomo y azurita en la capa pictórica (Figura 6). También se pudieron observar algunas partículas de color amarillo claro, pero estas no pudieron ser identificadas.



**Figura 6:** Análisis por microespectroscopía Raman de la muestra M1. En la fotografía se muestran los cinco puntos analizados y se incluyen los espectros obtenidos para estos cinco puntos, así como los espectros de referencia de blanco de plomo, azurita y yeso. Láser de excitación: 785 nm.

## CONCLUSIONES

Mediante el análisis no destructivo y microdestructivo de la obra “El Señor de la Caída”, utilizando técnicas microscópicas y espectroscópicas, se ha podido identificar una buena parte de los pigmentos encontrados en esta pintura. En líneas generales, se ha observado el uso extensivo de blanco de plomo, azurita, bermellón y amarillo de plomo y estaño en las capas pictóricas y de yeso en la capa de preparación. Se propone, además, el potencial uso de tierras u ocre en los tonos marrones y de una laca orgánica en los tonos rosados, aunque esto debe confirmarse mediante otros métodos. Además, se observó el uso de una

delgada capa de imprimación de color pardo, práctica que se ha reportado en otras pinturas sobre tabla tanto anteriores a Bitti como de la época de este artista. Con excepción de las zonas que parecen haber sufrido intervenciones posteriores, los materiales encontrados en la obra son consistentes con aquellos que se reportan para otras obras del siglo XVI, por lo que no se descarta la posibilidad de que “El Señor de la Caída” pertenezca a este período. Por supuesto, no se puede afirmar solo a partir de este estudio que esta obra sea parte de la serie de 26 tablas mencionadas por Estabridis<sup>20</sup>. Se hace necesario investigar otras obras de Bitti a nivel químico para poder establecer comparaciones que permitan ahondar nuestro conocimiento acerca de este artista y determinar si es posible encontrar características técnicas y de uso de materiales que lo diferencien de sus contemporáneos. Existen cerca de 60 obras atribuidas a Bitti que han llegado hasta nuestros días y que se ubican principalmente en diversas ciudades de Perú y Bolivia, y una en Argentina<sup>18</sup>. Los autores se encuentran en el proceso de análisis de tres obras atribuidas con mayor seguridad a Bitti, de acuerdo con criterios estilísticos e históricos, y que forman parte del patrimonio de la iglesia de San Pedro de Lima. Sin embargo, para el caso específico discutido en este artículo, resultaría particularmente interesante contar con acceso al análisis estratigráfico de la “Madona del Pajarito” (el reporte publicado por Querejazu<sup>28</sup> es descriptivo, pero no presenta imágenes de las muestras tomadas durante la intervención). Esta obra es también de una pintura sobre tabla y constituiría una referencia más cercana para comparar “El Señor de la Caída” que los lienzos de Bitti que se encuentran actualmente en estudio en la iglesia de San Pedro de Lima. Dado el número de obras atribuidas a Bitti y su localización, un estudio de su trabajo involucra necesariamente una colaboración e intercambio de información entre diversos investigadores. Con el presente artículo, los autores buscan justamente contribuir a difundir esta información y a hacer que las investigaciones realizadas en torno a este artista sean más visibles en nuestro medio.

## AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo de la Dirección de Gestión de la Investigación y la Sección Química de la Pontificia Universidad Católica del Perú (proyecto DGI-2015-1-0015/211). Se agradece al Laboratorio de Investigación Científica y Análisis (SRAL) del Museo Winterthur (Delaware, EE.UU.) por permitir el uso de su instrumentación y al Padre Enrique Rodríguez, S. J., entonces párroco de la iglesia San Pedro de Lima, por permitir el acceso a la obra en estudio y por su apoyo a la investigación científica en el patrimonio de la iglesia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Calza C, Pereira MO, Pedreira A, Tadeu Lopes R. Characterization of Brazilian artists' palette from the XIX century using EDXRF portable system. *Appl Radiat Isotopes*. 2010; 68: 866-870. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2009.10.049>
2. Izzo FC, Zendri E, Balliana E, Falchi L, Piccolo M, Fuso S, van Keulen H. The materials and painting techniques of Giulio Aristide Sartorio in the pictorial cycle “The poem of human life” (1906-07): Knowledge and prevention for a museum

- display project. *Conservation Science in Cultural Heritage*. 2013; 13: 379-393. <https://doi.org/10.6092/issn.1973-9494/4192>
3. Christiansen MB, Baadsgaard E, Sanyova J y Pilkjær Simonsen K. The artists' materials of P. S. Krøyer: An analytical study of the artist's paintings and tube colours by Raman, SEM-EDS and HPLC. *Herit Sci* 2017; 5, 39. <https://doi.org/10.1186/s40494-017-0153-2>
  4. Haddad A, Rogge CE, Martins A, Dijkema D. "Foundations of a great metaphysical style": unraveling Giorgio de Chirico's early palette. *Herit Sci*. 2022; 10:70. <https://doi.org/10.1186/s40494-022-00685-7>
  5. Burgio L, Clark RJH, Sheldon L y Smith GD. Pigment Identification by Spectroscopic Means: Evidence Consistent with the Attribution of the Painting Young Woman Seated at a Virginal to Vermeer. *Anal. Chem*. 2005; 77: 1261-1267. <https://doi.org/10.1021/ac048481i>
  6. Burgio L, Clark RJH y Hark RR. Raman microscopy and x-ray fluorescence analysis of pigments on medieval and Renaissance Italian manuscript cuttings. *PNAS*. 2010; 107: 5726-5731. <https://doi.org/10.1073/pnas.0914797107>
  7. Berrie BH. Rethinking the history of artist's pigments through chemical analysis. *The Annu Rev Anal Chem*. 2012; 5: 441-459. <https://doi.org/10.1146/annurev-anchem-062011-143039>
  8. Rebollo E, Nodaria L, Russo U, Bertoncetto R, Scardellato C, Romano F, Ratti F, Poletto L. Non-invasive multitechnique methodology applied to the study of two 14<sup>th</sup> century canvases by Lorenzo Veneziano. *J Cult Herit*. 2013; 14S, e153-e160. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2012.10.020>
  9. Glinsman, L.D. The application of X-ray fluorescence spectrometry to the study of museum objects. Tesis [doctoral]. Países Bajos: Universidad de Amsterdam; 2004.
  10. Uffelman ES, Court E, Marciari J, Miller A y Cox L. Capítulo 3: Handheld XRF analyses of two Veronese Paintings. En Lang PL, Armitage RA, editores. *Collaborative Endeavors in the Chemical Analysis of Art and Cultural Heritage Materials*. ACS Symposium Series. Washington, DC: American Chemical Society; 2012. p. 51-73. <https://doi.org/10.1021/bk-2012-1103.ch003>
  11. Molari R y Appoloni CR. Pigment analysis in four paintings by Vincent van Gogh by portable X-ray fluorescence (pXRF). *Radiat Phys Chem*. 2021; 181, 109336. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.109336>
  12. McGlinchey, C. Capítulo 4: Handheld XRF for the examination of paintings: proper use and limitations. En Shugar, AN y Mass, JL, editores. *Handheld XRF for Art and Archaeology*. Leuven University Press; 2012. p. 131-159. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/j.ctt9qdzfs>.
  13. Casadio F, Daher, C, Bellot-Gurlet L. Raman Spectroscopy of cultural heritage Materials: Overview of Applications and New Frontiers in Instrumentation, Sampling Modalities, and Data Processing. *Top Curr Chem*. 2016, 374:62. <https://doi.org/10.1007/s41061-016-0061-z>
  14. Arslanoglu J, Centeno SA, Digney-Peer S y Duvernois I. Picasso in the Metropolitan Museum of Art: An investigation of materials and techniques. *J. Am. Inst. Conserv*. 2013; 52<sup>3</sup>: 140-155. <https://doi.org/10.1179/1945233013Y.0000000007>
  15. Narayan K. Preparation of cross-sections from easel paintings. *Studies in Conservation*. 2003; 48: sup1, 52-64. <https://doi.org/10.1179/sic.2003.48.Supplement-1.52>

16. Jaques VAJ, Zikmundová E, Holas J, Zikmund T, Kaiser J, y Holcová K. Conductive cross-section preparation of non-conductive painting micro-samples for SEM analysis. *Sci Rep.* 2022; 12, 19650. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21882-1>
17. De Mesa, J. y Gisbert, T. El Hermano Bernardo Bitti-Escultor. En *Actas de las II Jornadas de Andalucía y América*. Sevilla. Escuela de Estudios Hispano-Americanos de Sevilla; 1982. Volumen II, p. 411-42.  
Disponible en <https://dspace.unia.es/handle/10334/338>
18. Amerio E. Demócrito “Bernardo” Bitti, SJ. Un pintor de las Marcas hacia el Nuevo Mundo. *Sílex* 2018; 8<sup>2</sup>: 17-42.
19. Estabridis Cárdenas R. Influencia Italiana en la Pintura Virreinal. En *Pintura en el Virreinato del Perú*. Lima. Banco de Crédito; 1989. p. 109-164.
20. Estabridis Cárdenas R. La obra de Bernardo Bitti en San Pedro de Lima. En *Redescubramos Lima: Iglesia de San Pedro*. Lima: Banco de Crédito; 1996. p. 18-23.
21. Solórzano Gonzales M. La Coronación de la Virgen por la Santísima Trinidad de Bernardo Bitti en el arte peruano virreinal. Tesis [Maestría en Historia]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú; 2012. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/1590>
22. Seldes AM, Burucúa JE, Siracusano G, Maier MS y Abad GE. Green, yellow and red pigments in South American painting (1610-1780). *J. Am. Inst. Conserv.* 2002; 41: 225-242. <https://doi.org/10.1179/019713602806082548>
23. Siracusano G. El poder de los colores. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica de Argentina; 2005.
24. Bruquetas R. Técnicas y materiales en la pintura limeña de la primera mitad del siglo XVII: Angelino Medoro y su entorno. *Goya*. 2009; 327: 144-161.
25. Bruquetas R, Carrassón A, Kuon R, Fiorentino C, Gómez M, Estabridis R. Materials and techniques in viceregal paintings and sculpture in Lima – 16th and 17th centuries. 16th Triennial Conference of the International Council of Museums-Committee for Conservation (ICOM-CC); 19-23 de setiembre de 2011, Portugal. Lisboa: ICOM Committee for Conservation; 2011. P 1-8. Disponible en: <https://www.icom-cc-publications-online.org/1267/Materials-and-techniques-of-the-Vice--royal-Paintings-and-Sculptures-in-Lima-XVI-and-XVII-centuries>
26. Pigments through the ages [en línea]. Douma M (curador). 2008. [accesado 15 de agosto de 2023].  
Disponible en: <http://www.webexhibits.org/pigments/intro/history.html>
27. Stastny F, Rosario Chirinos N. Perfil tecnológico de las escuelas de pintura Limeña y Cuzqueña. *Íconos*. 2000; 4<sup>2</sup>, 19-29.
28. Querejazu P. La Madona del Pajarito. *Conserva*. 2001; 5: 81-94. Disponible en: <https://www.cncr.gob.cl/publicaciones/la-madona-del-pajarito-de-bernardo-bitti-tratamiento-de-conservacion-y-restauracion>
29. Caída en el camino del Calvario [en línea]. Museo del Prado. 2015. [accesado 30 de agosto de 2023] Disponible en: <https://www.museodelprado.es/coleccion/obra-de-arte/caida-en-el-camino-del-calvario/870c8293-1691-4a90-88ff-b554a2bc3fe8>
30. Dunkerton J y Spring M, con contribuciones de Billinge R, Kalinina K, Morrison R, Macaro G, Peggie D y Roy A. “Titian’s Painting Technique to c.1540”. *National Gallery Technical Bulletin*. 2013; 34: 4–31.  
Disponible en: <http://www.nationalgallery.org.uk/technical-bulletin/vol-34-essay-1-2013>



31. Sanyova J, Van der Snickt G y Mederos-Henry F. The Challenges of a Complex Stratigraphy from a Chemical Point of View. En *The Ghent Altarpiece Research and Conservation of the Interior: The Lower Register*. Steyaert G, Postec M, Sanyova J y Dubois H (editors). Bélgica: Brepols; 2021. p. 111-145.
32. Arízaga Torres JJ. Análisis químico de una obra de arte colonial en el Perú del siglo XVI con posible atribución a Bernardo Bitti. Tesis [Licenciatura en Química]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú; 2018. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12426>