

DOCUMENTACIÓN Y AUTENTIFICACIÓN DE YESERÍAS NAZARÍES A TRAVÉS DEL TRATAMIENTO DE CONSERVACIÓN Y EL ANÁLISIS CIENTÍFICO

López Borges, V. H.¹, Burgio, L.^{1,2} and Clark, R.J.H.²

1. Victoria and Albert Museum, South Kensington, London SW7 2RL, UK.
l.burgio@vam.ac.uk, v.borges@vam.ac.uk
2. Christopher Ingold Laboratories, University College London, 20 Gower Street, London WC1H 0AJ, UK

RESUMEN

Cinco fragmentos de yeserías policromadas, procedentes del Palacio de La Alhambra de Granada y fechadas dentro de la época de gobierno de la dinastía Nazarí (siglos XIII-XV), fueron seleccionados para la nueva Sala de Arquitectura en el Victoria and Albert Museum (V&A) de Londres, para representar el arte y arquitectura dentro del mundo de la España islámica. Estas yeserías datan hipotéticamente del siglo XIV, época en que el arte nazarí se encontraba en su mayor esplendor. Los fragmentos poseían escasa documentación en los archivos del museo y además se pensaba que algunos pudiesen ser réplicas. Durante el tratamiento de conservación se estableció una colaboración interdisciplinaria con el equipo científico del V&A, para poder adquirir más información sobre los materiales y las técnicas empleadas en la elaboración de estas yeserías, así como ayudar en su autentificación y datación. Con el fin de determinar su composición, muestras de las policromías y los morteros fueron analizadas mediante técnicas de microscopía Raman en el University College London y de microscopía por luz polarizada en el V&A. Se detectó yeso en los morteros, así como pigmentos tradicionales, lazurita (lapislázuli), bermellón (cinabrio) y negro de carbón, en las yeserías que todavía estaban cubiertas por la policromía original. Pigmentos modernos como azul de Prusia y amarillo de cromo fueron identificados en uno de los fragmentos, lo cual indicaría que éste se trata o bien de un fragmento original repintado o de una copia realizada en el siglo XIX. Las observaciones adicionales recogidas durante el tratamiento de conservación de los fragmentos indican que esta última hipótesis es la más probable.

INTRODUCCIÓN

La colección que el V&A posee en fragmentos de yeserías (n.1) hispano-islámicas de época nazarí, posiblemente sea la mas grande fuera del territorio español. Los distintos fragmentos entraron a formar parte de la colección entre los años 1913 y 1919, lo cual los convierte en un caso muy interesante a estudiar ya que no han sufrido las diferentes restauraciones y alteraciones que afectaron a las yeserías del Palacio de la Alhambra durante el siglo XX.

La disposición original de estos cinco fragmentos dentro del edificio no es clara. Supuestamente el panel D (Fig. 1) proviene de una de las albanegas de la portada de entrada al Patio de los Leones, el panel B (Fig.2) del oratorio en el Salón de Comares y el panel E (Fig.3) del Patio de Arrayanes. La disposición original de los otros dos paneles A (Fig.4) y C (Fig.5) todavía es desconocida.

El presente estudio ha sido elaborado a través de la combinación de las observaciones obtenidas durante el tratamiento de conservación y el análisis científico, lo que nos permite obtener un mejor y más aproximado conocimiento de los materiales y las

técnicas utilizadas por los alarifes nazaríes en la elaboración de sus yeserías. Se trata de un primer paso de cara a un proyecto más amplio y ambicioso, que nos permitirá conocer más a fondo la composición y estratigrafías de los morteros y policromías, la naturaleza de los pigmentos y aglutinantes utilizados, así como la historia de las restauraciones sufridas en el pasado. La recopilación de toda esta información es vital para poder tratar los diferentes problemas de conservación que afectan a las yeserías así como su autenticación y datación. Los resultados de esta investigación pueden ayudar dentro de un espectro mucho más amplio a establecer conexiones histórico-artísticas entre el Oriente Próximo y la Europa Medieval así como a encontrar lazos comunes entre las yeserías nazaríes y otras yeserías islámicas de la cuenca mediterránea.

Los cinco fragmentos de yeserías estudiados fueron supuestamente realizados en el reino musulmán de Granada, gobernado por la dinastía Nazarí desde 1238 al 1492. Muhammad ibn Nasr I fue el primer rey nazarí, pero no fue hasta el reinado de Muhammad V (1359-1391) cuando Granada alcanza el periodo más monumental, rico y sofisticado del arte islámico peninsular, momento en que Granada se convierte en el centro artístico del norte de África (arte Marinid) y de los reinos cristianos peninsulares (arte Mudéjar). Este floreciente periodo artístico llegó a su fin en 1492, cuando finalmente los reyes católicos, Isabel I de Castilla y Fernando II de Aragón, reconquistaron Granada desapareciendo así el último reino musulmán de la Europa Moderna.

La mejor y mas exquisita expresión del arte nazarí se encuentra en la residencia real de la Alhambra (Al-hamra = la roja) de Granada, donde elementos arquitectónicos decorativos profusamente decorados, como zócalos de azulejos, artesonados y yeserías, se entremezclan reflejando el llamado “horror vacui” o tendencia musulmana a cubrir totalmente todas las superficies con complejas decoraciones.(1)

Las yeserías nazaríes se encuentran presentes en la mayor parte del Palacio de la Alhambra cubriendo muros, arcos, cúpulas y techumbres con intrincadas decoraciones y ricos colores. El efecto casi abrumador de estas aplicaciones arquitectónicas es el resultado de la interconexión y superimposición de diferentes elementos decorativos como, textos epigráficos, lazo geométrico, ataurique y mocárabes. La comprensión de estos elementos decorativos es vital para poder datar y situar cada panel dentro del contexto del Palacio. Los cinco fragmentos de yeserías estudiados son perfectos ejemplos de estos elementos lo cual los identifica como típicas creaciones nazaríes.

Los textos epigráficos (2) encontrados corresponden a dos estilos diferentes: Cúfico y Nasjī. El estilo Cúfico normalmente es utilizado para citas del Corán, tiene un carácter muy geométrico y tiende a formar parte de la decoración volviéndose en ocasiones totalmente ilegible. En la parte inferior del Panel A se puede observar una inscripción cúfica cuyos caracteres se alargan y se transforman en parte de la decoración.

El segundo tipo es el estilo cursivo o Nasjī. Este es un estilo más elegante utilizado para describir la función de las alcobas o elementos arquitectónicos así como para citas de poesía. Este estilo fue utilizado durante el reinado de Muhammad V como vehículo propagandístico exhibiendo el lema de la dinastía nazarí, “Wa la ghalib ila Ala” (“Sólo Alá es vencedor”), en lugares centrales del diseño; parte inferior del panel A, centro del panel E.

El lazo geométrico, composición muy popular en el arte islámico, aparece en casi todos los paneles pero de una manera muy especial en el panel B, donde el lazo crea una composición geométrica alrededor de una estrella de dieciséis puntas, el diseño central de una composición mucho mas grande llamada “rueda”.

El Ataurique (al-tawrīq =hojas, follaje, flora) es el nombre dado a las decoraciones nazaríes de carácter vegetal y floral. Estos diseños son típicas abstracciones Hispano-

Musulmanas de elementos decorativos clásicos como frutas, flores y hojas de acanto. Se puede encontrar rellenando espacios creados por el lazo geométrico (panel B) o los textos epigráficos (panel A). Durante el reinado de Muhammad V más temas y variaciones aparecen: complejas hojas de palma (fondo de los paneles A, E, D), conchas (símbolo del origen de la vida, panel A), pimientos, piñas, etc., y por primera vez aparecen entrelazadas con los caracteres epigráficos.

El Mocárabe es un tipo de ornamento construido con distintos prismas verticales aplicados unos sobre los otros en múltiples combinaciones recreando el efecto de las estalactitas en las cuevas. El panel C es un ejemplo, aunque bastante simple, de un mocárabe típico probablemente proveniente de un capitel o del arranque de un arco.

CONSIDERACIONES SOBRE MATERIALES Y TÉCNICAS EN LAS YESERÍAS NAZARÍES

El ingrediente básico de las yeserías es yeso (sulfato de calcio hidratado) en dos de sus variaciones: yeso negro utilizado para la talla directa o yeso blanco para vaciados. Sustancias como sales o colas animales eran posiblemente añadidas a los morteros para ralentizar el fraguado permitiendo la talla directa. En época nazarí se introduce el vaciado con moldes, utilizando una arcilla local y de color anaranjado como desmoldeante, particularidad técnica muy característica de las yeserías nazaríes. Una vez los distintos paños de yeserías se encuentran unidos al muro por medio de argamasas y clavos la totalidad del paramento se cubría con una capa de imprimación blanca ocultando así uniones y restos de desmoldeante unificando el conjunto. Esta imprimación posiblemente estaba compuesta por una aguada de yeso y algún tipo de aglutinante como podría ser el huevo. Los distintos fragmentos examinados en este estudio fueron obtenidos por vaciado a través de moldes.

Los alarifes nazaríes tenían una tendencia a jugar con efectos de luz y color en sus diseños. Algunos paramentos eran dejados en blanco (paneles A, C & E), mientras otros se policromaban profusamente (paneles B & D) utilizando pigmentos de gran calidad y variedad: rojos, azul, verde, púrpura y negro, combinados con dorados realizados con hojas de oro o estaño. La técnica pictórica seguida era extremadamente delicada y precisa: fondos con colores planos, dorados para el alto relieve y pequeñas miniaturas ejecutadas con gran delicadeza creando en combinación efectos de gran exquisitez.

El presente estudio trata principalmente el análisis de pigmentos encontrados en la superficie de los distintos paneles aunque algunas muestras extraídas de los morteros fueron también examinadas.

Un importante factor a considerar son las numerosas intervenciones y restauraciones que las yeserías nazaríes han sufrido a lo largo de su historia. El yeso, su componente en esencia, se ha considerado siempre como un material pobre debido a su fragilidad y poca resistencia mecánica y estructural, se trata de un material frágil y de fácil degradación por los elementos atmosféricos. Debido a esto los paramentos de yeserías habrían requerido un continuo trabajo de mantenimiento desde el mismo momento de su creación.

Hay constancia de intervenciones documentadas realizadas casi inmediatamente después de la toma de La Alhambra por los Reyes Católicos en 1492. Ya en el siglo XVI hubo campañas de restauración donde artesanos musulmanes de la zona eran todavía utilizados para realizar las reparaciones, en otros casos simplemente trataban de imitar el estilo “árabe”. Las intervenciones más significantes fueron en los siglos XIX o XX, cuando se convirtió en una práctica habitual cubrir los distintos paramentos con aguadas de arcilla. Estas aguadas permitían esconder los deterioros así como

intervenciones recientes en los distintos paños a través de una unificadora capa marrón que en realidad ocultó el verdadero color blanco de las yeserías y volvió casi irreconocible policromías y relieves por igual. Todas estas distintas intervenciones fueron llevadas a cabo en distintos grados de extensión y calidad durante siglos hasta nuestros días.

También debemos destacar el hecho de que durante los siglos XVIII y XIX la Alhambra se volvió víctima de los gustos de la sociedad y el mercado del arte europeo, convirtiendo a las yeserías nazaríes en objetos muy codiciados por coleccionistas de la época dentro y fuera de España. Esta situación desembocó en la producción masiva de copias realizadas en escayola (n.2) a través del vaciado con moldes de arcilla, los cuales eran tomados directamente de originales por la técnica del apretón. Todavía hoy en día se pueden observar restos de arcilla dejados por estos moldes en las yeserías de numerosas zonas de la Alhambra.

Todas estas intervenciones históricas complican aún más la datación y autenticación de las yeserías nazaríes, particularmente para aquellos fragmentos que ya no forman parte del edificio en sí o su localización original es desconocida. Este es el caso de los fragmentos de la colección del V&A.

METODOLOGÍA

Las muestras fueron extraídas de los estratos de policromía así como de los morteros. Cada muestra fue dividida en dos partes. Para el análisis por microscopía óptica, una parte fue dispersada en metoxypropan-2-ol y triturada suavemente con una piedra de ágata para ser colocada a continuación en una portaobjetos de vidrio, donde fue examinada a través del microscopio óptico antes de ser montada en Meltmount sobre un plato caliente a $\sim 87^{\circ}\text{C}$. Esta operación fue realizada para verificar que la muestra no sufrió ninguna alteración debido al calor como consecuencia del proceso de montaje en el plato caliente. La segunda porción de la muestra fue analizada por microscopía Raman sin ningún tipo de preparación preliminar.

El análisis por microscopía óptica fue realizado utilizando un microscopio Leica Aristomet con luz transmitida y de reflexión.

Los experimentos de Raman fueron realizados utilizando un Sistema Renishaw RM1000 configurado con un microscopio óptico Leica, filtros de selección holográfica, un tamizador de dispersión (1800 ranuras/mm.) y un detector CCD enfriado termoeléctricamente. La excitación de las muestras fue provocada por un láser He-Ne de línea 632.8nm con una potencia de <1 mW y utilizando un objetivo x50. Las marcadas bandas Raman fueron calibradas dentro de un umbral

± 1 cm^{-1} , haciendo referencia a las líneas de emisión de una lámpara de Neón.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La identificación de los pigmentos presentes en los distintos fragmentos, y la evaluación de la forma y tamaño de las partículas de los mismos durante la observación en el microscopio óptico, ha permitido establecer ciertas hipótesis sobre la datación de los paneles.

Todos los fragmentos, excepto por uno (panel D), mostraron la presencia de pigmentos tradicionales. En el panel B (Fig.6) se detectó sulfuro de mercurio (HgS), también conocido como bermellón y/o cinabrio. Las partículas de dicho pigmento mostraban una distribución irregular en forma y tamaño, además de presentar estriaciones en algunas de las partículas más grandes. Estas características indican que el pigmento rojo es o

bien de origen mineral, en cuyo caso es más acertado referirse a él como cinabrio, o bien de origen sintético obtenido por el llamado proceso en seco (5).

De una manera similar las partículas de lazurita observadas bajo el microscopio óptico mostraron las características típicas de un pigmento molido: tamaño y forma irregulares, bordes rotos y color no uniforme. Esto indica que el pigmento fue obtenido de lapis lázuli y no se trata del material sintético conocido como azul ultramarino, el cual fue producido artificialmente por primera vez en 1828 (5). En las muestras obtenidas de las zonas de policromía morada se observó una mezcla de bermellón y lazurita. Partículas de distintos óxidos de hierro fueron detectadas en las muestras provenientes de las capas superiores de la policromía.

En contraste pigmentos modernos como azul de Prusia y cromato de plomo fueron detectados en el panel D (Fig.7). Esto indica que o bien que este panel se trata de una réplica moderna, o que el fragmento es original pero repintado en algún momento durante el siglo XIX. Esta teoría se ve reforzada en el hecho de que el azul de Prusia fue producido artificialmente por primera vez en 1704, pero no fue comercializado hasta 1720 (6), y en que el cromato de plomo, también conocido como amarillo de cromo, fue producido artificialmente por primera vez a comienzos del siglo XIX (7). El panel D también muestra restos de bermellón sintético obtenido por el llamado proceso húmedo y caracterizado por la uniformidad en tamaño de sus pequeñas y redondeadas partículas.

Tabla 1. Materiales identificados en los cinco fragmentos de yeserías.

Fragmentos	Materiales Tradicionales	Materiales Modernos
Panel A	Yeso†	
Panel B	Lazurita*† Yeso*† Cuarzo* Óxido de Hierro* Cinabrio (bermellón)*†	
Panel C	Yeso† Calcita†	
Panel D	Yeso*† Blanco de Plomo* Negro de carbón† Rojo orgánico*	Azul de Prusia*† Bermellón (proceso húmedo)*† Amarillo de Cromo*†
Panel E	Yeso†	

* Resultados obtenidos por Microscopía Óptica

† Resultados obtenidos por Microscopía de Raman.

Otra diferencia significativa entre el panel D y los otros fragmentos examinados es el distinto nivel de fluorescencia obtenido durante los análisis Raman. Todas las muestras mostraron una muy marcada fluorescencia de fondo, la cual varias veces saturó totalmente el detector haciendo imposible la recepción de un espectro claro. Las muestras del panel D no mostraron ningún tipo de fluorescencia siendo detectado por Raman como un espectro de línea plana.

El alto grado de fluorescencia mostrado por algunas de las muestras podría ser debido a la antigüedad del aglutinante considerablemente degradado por el paso de los siglos. Las muestras provenientes del panel D parecen haber sufrido menos degradación de su aglutinante, posiblemente porque provienen de un fragmento de yesería de manufactura más reciente.

En las muestras obtenidas de la capa blanca de imprimación del panel C se detectó presencia de creta (calcita).

Respecto al análisis que se realizó en las distintas muestras extraídas de los morteros se detectó como material principal yeso (sulfato de calcio hidratado, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) tanto por medio de Microscopía Raman como por Microscopía óptica de luz polarizada.

Para poder clarificar y completar los resultados obtenidos por los métodos científicos estos fueron contrastados con las observaciones realizadas en los distintos paneles antes y durante el tratamiento de conservación, cuando los distintos fragmentos fueron cuidadosamente examinados bajo un microscopio binocular.

Panel A. La parte posterior ha sufrido una intervención importante en el pasado ya que aparece cubierta completamente con escayola (n.2), lo que imposibilita estudiar el reverso original del panel. La parte frontal se encuentra muy degradada pero aún posee pequeñas zonas donde la imprimación blanca original se conserva. En algunos casos y debajo de la capa anterior se pueden observar restos de una capa anaranjada. Respectivamente estas dos capas podrían estar relacionadas con las imprimaciones blancas y los desmoldeantes de arcilla, materiales típicamente nazaríes.

Panel B. El reverso a pesar de aparecer cortado y limado aún muestra el mortero original cuya naturaleza es granulosa y heterogénea, apareciendo fibras mezcladas en él. Todos estos datos nos indican la naturaleza antigua del mortero.

En la zona frontal, la rica policromía aparece cubierta con una fina capa irregular de tono marrón que recuerda o bien a los habituales depósitos de suciedad encontrados en las yeserías de la Alambra, o bien a las pátinas aplicadas en las restauraciones de los siglos XIX y XX. El dorado aparece aplicado profusamente pero de una manera irregular. Y en los relieves de ataurique se observa una combinación de esgrafiado y de pequeños motivos pintados que son bastante inusuales en el periodo nazarí.

Panel C. El reverso es irregular y muestra una mezcla de mortero homogéneo pero granuloso el cual se trata probablemente de un yeso blanco. Se observaron también restos de arcilla que podrían corresponder con las pellas de arcilla utilizadas tradicionalmente por los alarifes nazaríes como parte de su sistema de instalación de paños de yeserías en los muros (8).

El anverso muestra de nuevo restos de una capa de imprimación blanca oscurecida por gruesos depósitos de naturaleza arcillosa.

Una vez más los distintos datos encontrados apuntan a la manufactura nazarí de este fragmento de yesería.

Panel D. El reverso de este panel es extremadamente uniforme y liso y no aparecen señales de otras capas de morteros o argamasas lo que indica que este fragmento nunca ha sido parte de una estructura arquitectónica en el pasado. La fina textura del yeso es similar a la de una escayola (n.2) de moderna fabricación.

El anverso aparece relativamente limpio de depósitos y la policromía que se encuentra extremadamente pulverulenta, está aplicada directamente sobre la escayola sin ninguna tipo de imprimación aparente.

Panel E. Este panel que aparece fragmentado y con algunas áreas desaparecidas, ha sido montado en el pasado sobre una plancha de escayola (n.2). Documentación encontrada indica que este panel se encontraba roto en distintos fragmentos cuando entró en la colección del museo, siendo restaurado como lo vemos ahora en 1913.

El anverso aparece saturado con numerosas capas blancas. El mortero original aun puede ser observado en las numerosas fracturas del panel mostrando una apariencia homogénea blanca y fina, una vez más características de una escayola de manufactura moderna (n.2).

CONCLUSIONES

El análisis de los pigmentos y materiales encontrados en los cinco paneles junto con las observaciones realizadas durante el tratamiento de conservación aportaron los suficientes datos para poder establecer las siguientes conclusiones e hipótesis.

Los Paneles A y C probablemente se tratan de fragmentos de auténticas yeserías nazaríes pero mas investigación es necesaria sobre todo centrándose en las imprimaciones blancas y los restos de arcillas desmoldeantes.

El Panel E requerirá mas investigación para establecer una datación mas precisa, pero las observaciones realizadas en el mortero apuntan a que se trata de un vaciado en escayola (n.2) realizado posiblemente entorno a los siglos XVIII y XIX.

El Panel D no se trata de de una yesería nazarí del siglo XIV como se sospechó desde un principio. Los pigmentos encontrados indican una datación mucho mas reciente, además ninguno de los materiales o técnicas observadas recuerdan las técnicas tradicionales nazaríes. Por lo tanto se puede concluir que este fragmento de yeseria es probablemente una de las numerosas réplicas realizadas durante el siglo XIX.

Por el contrario el Panel B presenta materiales tradicionales es su decoración pero las observaciones realizadas en la técnica de aplicación de la policromía nos lleva a confirmar que el presente panel no se trata de un fragmento de yesería nazarí en su totalidad. Posiblemente se trata de una parcial o total recreación de una de las intervenciones de restauración llevadas a cabo en los siglos XVI o XVII, donde hubo un intento de emular la delicadeza de las policromías y miniaturas nazaríes sin conseguir con éxito alcanzar la misma destreza técnica de los alarifes nazaríes.

NOTAS

- (1) Por simplicidad en lugar de utilizar los números propios de identificación de cada fragmento en el V&A, se les referirá como: fragmento A.176-1919 como Panel A, fragmento A.9-1913 como Panel B, fragmento A.171-1919 como Panel C, fragmento A.10-1913 como Panel D y fragmento A.12-1913 como Panel E.
- (2) Plaster of Paris.
- (3) Espectro de Raman de a) lazurita de la zona azul y b) cinabrio de la zona roja del Panel A. Espectros de referencia de muestras conocidas de lazurita y cinabrio también aparecen como referencia.
- (4) Espectro de Raman de a) cromato de plomo de la zona amarilla y b) azul de Prusia de la zona azul del Panel D. Espectros de referencia de muestras conocidas de amarillo de plomo y de azul de Prusia también aparecen como referencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. FERNÁNDEZ PUERTAS, A., *The Alhambra vol. 1*, Saqi Books, London, 1997.
2. *Arte Islámico en Granada. Propuesta para un Museo de la Alhambra*, Granada, 1995 [exhibition catalogue].
3. GARCÍA BUENO & MEDINA FLÓREZ, «The Nasrid Plasterwork at “qubba Dar al-Manjara l-kubra” in Granada: Characterisation of materials and techniques». *Journal of Cultural Heritage* 5. 2004
4. RUBIO DOMENE, R. F. (coord.), *Técnicas de conservación y restauración de yeserías*, 2005 [course material].
5. ASHOK R. (ed.), *Artists' Pigments. A Handbook of their History and Characteristics*, vol. 2, Oxford University Press, Oxford, 1993.
6. FITZHUGH E.W. (Ed.) *Artists' Pigments. A Handbook of their History and Characteristics*, vol. 3, Oxford University Press, Oxford 1997.
7. FELLER R.L. (ed.), *Artists' Pigments. A Handbook of their History and Characteristics*, vol. 1, Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
8. RUBIO DOMENE, R.F., DE LA TORRE LÓPEZ M.J., SEBASTIÁN PARDO E.M., *Estudios del sistema de fijación de yeserías nazaríes sobre paramentos verticales en la Alhambra, Granada, España*. Actas IV Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y edificación, La Habana, Cuba, 1998.

CURRÍCULUM VITAE

La Dr. **Lucia Burgio**, científica en el departamento de Conservación del V&A (Londres), se graduó en Química con distinciones por la Universidad de Palermo, Italia, en 1996. En el año 2000 fue doctorada en Química por University College London por su tesis sobre análisis de pigmentos utilizando Microscopia Raman y otras técnicas.

Víctor Hugo López Borges, conservador de escultura en el V&A (Londres), se graduó en Conservación-Restauración en la especialidad de escultura por la ‘Escuela Superior de Conservación e Restauración de BB. CC. de Galicia’ en 1997, trabajando desde entonces en escultura y pintura mural tanto en España como en Gran Bretaña.

Robin Clark CNZM FRS, es el Sir William Ramsay Professor of Chemistry y antiguo Decano de Ciencias en el University College London. Ha investigado en el campo de la química inorgánica física y la espectroscopia, enfocando su estudio principalmente hacia la espectroscopia de vibración y electrónica de componentes inorgánicos. En el campo de la espectroscopia Raman ha realizado importantes aportaciones en sus diferentes aplicaciones, particularmente en la caracterización de pigmentos de obras de arte y piezas arqueológicas.