

Los modelos clínicos en terracota de Francisco Morales de la Universidad de Granada. Estudio y restauración

CARMEN BERMÚDEZ SÁNCHEZ / LUCÍA RODRÍGUEZ SALAZAR / LUCÍA RUEDA QUERO

Este trabajo es una muestra de los estudios y tratamientos realizados sobre un conjunto de piezas clínicas pertenecientes a la Universidad de Granada. Todas ellas son del autor Francisco Morales y están realizadas con el mismo material de soporte: terracota. El conjunto es un ejemplo de aplicación de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto de investigación I+D+i (HAR2012-239512): *Proyecto Terránica: la escultura en terracota policromada: técnica, deterioro y conservación*, del Ministerio de Economía y Competitividad, donde se perfila un protocolo específico de trabajo para la terracota como soporte artístico. La principal novedad aportada es el método de estudio de la composición material, la técnica de elaboración, el estado de conservación y los procesos de intervención. Para ello, se ha recurrido a métodos de análisis específicos que aportan esta información, al mismo tiempo que ayudan a establecer condiciones de conservación preventiva. Se propone, por lo tanto, un criterio de actuación para este conjunto, considerado patrimonio científico-técnico, que carece de una regulación específica para su intervención.

Los modelos clínicos, considerados material didáctico, muestran patologías avanzadas de enfermedades, representando de forma fidedigna los matices descritos en los tratados médicos. En su día constituyeron la única forma de conocer de manera fehaciente la anatomía y el modo en que las enfermedades se desarrollaban en su sintomatología más agresiva. Están destinados al manejo por estudiantes, para percibir patologías con las diferentes formas y tonalidades que adoptaban las erupciones, úlceras y demás alteraciones físicas del paciente. Como herramienta de conocimiento científico la representación debe ser estricta, por lo que su elaboración es encargada a escultores de calidad o a talleres especializados en este tipo de obras. Muchas de ellas también fueron encargadas a escultores de la época, incluso locales, como es el caso que nos ocupa, y siempre asesorados por un médico forense. Estos modelos han sido realizados a lo largo de la historia de la medicina en diferentes materiales: cera, papel y cartón, terracota, yesos o materiales contemporáneos como los sintéticos. De ahí que aquellos más antiguos y menos manejables por su extremada delicadeza o de manipulación más difícil haya sido sustituidos progresivamente por otros que facilitan su función, como son los realizados en resinas sintéticas y con nuevas tecnologías.

Nuestra colección es un ejemplo de piezas encargadas a un escultor local de primera fila, Francisco Morales González (1846-1911). Por ello, además de los valores científico, didáctico y divulgativo, la estética y el arte realzan el efecto técnico y procedimental, poniendo de manifiesto la necesidad de un trato más exclusivo al considerarse conjuntamente tres valores que hacen más peculiar su tratamiento: su valor científico-técnico, el histórico-artístico y el descubrimiento de nuevas obras de un autor que, aunque de gran renombre, sigue siendo un gran desconocido; con lo que el hallazgo de estas piezas aumenta su interés^[1] [F. 01].

FRANCISCO MORALES GONZÁLEZ (1839-1907) GRANADA

Este escultor, considerado como el nexo artístico entre los siglos XIX y XX de la escuela granadina, fue tanto artista como docente. En una época en la que la escultura era menos practicada que la pintura, resultó un gran maestro para la siguiente generación de escultores de imaginería religiosa, entre los que se encuentran artistas de la talla de Navas Parejo, último gran escultor que cierra esta escuela. Su figura ha sido muy poco estudiada, por lo que no se conocen muchos datos de su vida y obra. La escasa producción artística que está documentada, es muy variada tanto en materiales como en tipología y temática; por ejemplo se sabe que evitaba en gran medida la escultura seriada y destacan de su producción algunas obras de imaginería religiosa en madera policromada y encargos a particulares en barro cocido, faceta de su producción que tendría gran relevancia y entre la que se encuentran los modelos clínicos encargados por la Facultad de Medicina, hasta ahora desconocidos. Paralelamente a su producción de taller, fue docente en la Escuela de Bellas Artes de Granada y en la Escuela Superior de Bellas Artes y Artes Industriales (actual Escuela de Artes y Oficios de Granada)^[2].

Material y tecnología de creación

El conjunto de piezas estudiado está realizado en terracota policromada, salvo una (*Microcéfalo*) que no tiene ningún acabado. De todas las piezas, tres son relieves (*Tumor fibro-blástico*, *Cáncer de mandíbula antes de ser operado* y *Cáncer de mandíbula después de ser operado*); las demás podemos considerarlas como obras de bulto redondo, si bien algunas están seccionadas por su parte posterior, para facilitar su vaciado y mejorar la estabilidad. En todos los casos, las piezas están ahuecadas tras su

[1]

La primera información al respecto ha sido obtenida en la publicación donde aparecen catalogadas las piezas clínicas del Departamento de Anatomía y Embriología Humana de la Facultad de Medicina de Granada: Miguel Cecilio Botella López, Inés María Collado Malagón y Juan Emilio Fernández Barbero, *Catálogo de piezas modeladas clínicas y anatómicas del Departamento de Anatomía y Embriología Humana de la Universidad de Granada*, Granada, Universidad de Granada, 2015.

[2]

Miguel Córdoba Salmerón, M^a Dolores Santos Moreno y Juan Jesús López-Guadalupe Muñoz, *La Semana Santa de Granada a través de su escultura procesional. El lenguaje de las imágenes*, Granada, Real Federación de las Hermandades y Cofradías, 2002, pp. 168-170.



modelado, lo que se manifiesta por las marcas de herramientas que presentan. El *Angioma ocular* y el *Lipoma del hombro* [F. 02a] muestran la sección y re-adhesión de piezas para su ahuecado. Unas son de modelado directo y otras realizadas a partir de moldes. El soporte tiene un grosor muy similar y homogéneo en todas ellas, entre 1,5 y 2 cm.

En algunas se aprecia una textura particular indicativa de su elaboración a partir de moldes directos del paciente. Es el caso del *Pie varo*, que mantiene tras el policromado la textura de la piel [F. 02b]. Este efecto, difícilmente puede ser imitado con tanta precisión, por lo que podemos deducir que estas huellas de la epidermis son producto de la realización de un molde directo sobre el paciente previo a la realización del positivo en terracota.

Pese a la complejidad escultórica de algunas, en el *Linfosarcoma*, el *Angioma ocular* o el *Lipoma del hombro*, el artista no ha recurrido al uso de columbines para darle estabilidad. El *Tumor fibro-blástico*, un relieve de poca envergadura, sí ha precisado de un elemento que asegure su punto de equilibrio [F. 02c]. En la mayoría de los casos, el escultor ha conseguido la estabilidad según una posición concreta que muestra la patología representada, buscando el ángulo más idóneo de corte en las zonas carentes de interés patológico, permitiendo la estabilidad sin mermar la percepción. Como ejemplo, la *Osteítis de peroné*, la *Desarticulación espontánea de rodilla* o el *Angioma ocular* [F. 01].

El grado de cocción de todas ellas es el propio de una terracota (entre 850-950 °C), aunque varía de unas piezas a otras según los estudios analíticos realizados.

A excepción del *Microcéfalo* que, como se mencionaba, no presenta ningún tipo de acabado salvo un barniz aplicado de manera local en una intervención posterior, todas están policromadas al óleo. Los acabados de color son de gran calidad y realismo, empleando con maestría procedi-

[F. 01]

Vista general de la colección de terracotas de Francisco Morales al completo.

[F. 02]

Detalles de tecnología de elaboración de distintas piezas. A: sección y readhesión con barbotina de piezas en *Angioma ocular* con marcas de herramientas para su ahuecado; B: textura de la epidermis, poros, folículos pilosos y crestas papilares en *Pie varo*, más visible tras el proceso de eliminación de barnices, que indican elaboración de la escultura por moldes directos; C: reverso del *Tumor fibro-blástico*, donde se observa la construcción de un columbín para estabilizar su punto de equilibrio.



mientos efectistas para representar con gran precisión la piel humana y los rasgos de cada sintomatología —sistema venoso, úlceras, tumores o inflamaciones—, lo que evidencia la elevada calidad artística en estas piezas [F. 02].

ESTADO DE CONSERVACIÓN

Los estudios analíticos aportan datos significativos sobre estas piezas, como temperatura de cocción, composición, modo de elaboración de la obra o determinación de algunas causas de los procesos de envejecimiento y deterioro. Estas técnicas son consideradas un procedimiento esencial en la investigación de la escultura en terracota y su aplicación puede contribuir decisivamente a la conservación^[3].

Las trece piezas de terracota presentaban un estado de conservación aceptable, aunque sufrían el deterioro propio de una exposición inadecuada e intervenciones anteriores realizadas en la época de su uso didáctico, como son añadidos de barniz, repintes locales y alguna adición de masillas.

Respecto al soporte, en todas ellas se aprecian pequeños roces y desgastes, manchas, descantillados y pequeñas pérdidas, propios de su manipulación. En algunos casos estos deterioros fueron reparados en su día mediante adición de masillas. Igualmente se aprecian desperfectos propios del material de elaboración como caliches, fisuras por cocción y por secado, y diferencias de color en la masa por golpes de calor o diferenciación de materiales. Por otra parte, los relieves de *Cáncer de mandíbula* y el *Glioma ocular* presentan un sistema de sujeción no original para permitir su exposición.

En su mayoría presentan una preparación bastante fina, en la que apenas se perciben deterioros, excepto los reflejados por el soporte, y algunos arañazos y pérdidas de escasa consideración.

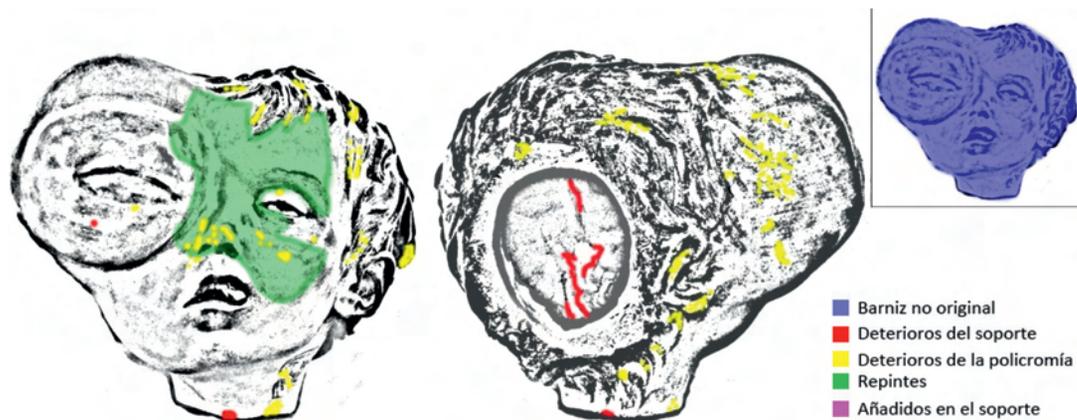
En la capa de color el deterioro es más acusado y común en todas ellas: desgastes, manchas, craquelados, pérdidas de adhesión y lagunas. En algunas ocasiones fueron retocados en su día, apreciándose repintes locales que se diferencian por cambios de textura y tonalidad.

La capa de protección o estrato superficial evidencia suciedad acumulada y aplicación de manera irregular de un barniz posterior no original, oxidado y oscurecido [F. 03].

Todas presentan etiquetas de inventario adheridas sobre la policromía; en algunos casos con doble etiquetado superpuesto. Estas etiquetas se han conservado y muestran deterioros propios de un papel oxidado, con manchas de humedad y problemas parciales de adhesión.

[3]

Carmen Bermúdez Sánchez, Giuseppe Cultrone y Lucía Rueda Quero, “Métodos de análisis para el estudio de caracterización y deterioro de la obra de arte realizada en terracota policromada. Aplicación práctica”, *La Ciencia y el Arte V. Ciencias experimentales y conservación del Patrimonio*, Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015, pp. 199-222.



[F. 03]
Mapeo de daños del
Angioma ocular.

ESTUDIO ANALÍTICO

Se ha realizado un estudio analítico de las piezas que resulta completo sin ser por ello sistemático, por lo que se han analizado solamente aquellas especialmente representativas que permitieron la extracción de muestra con mayor facilidad o que presentaban variaciones de durabilidad o conservación concretas.

Los análisis desarrollados han sido para la caracterización química fluorescencia de rayos X (XRF), para la caracterización mineralógica y textural difracción de rayos X (XRD), la microscopía óptica de polarización (POM) y microscopía electrónica de barrido de alta resolución con microanálisis por energía dispersiva de rayos X (HRSEM-EDX), y para la caracterización del sistema poroso porosimetría de inyección de mercurio (MIP) y ensayos hídricos (HT).

ESCULTURA	DIMENSIONES (cm)	SIGLAS	ANALÍTICAS REALIZADAS					
			XRF	XRD	MOP	SEM-EDX	HT	MIP
TUMOR FIBRO-BLÁSTICO	10x22x26	Fm0021.1	-	-	x	x	-	-
		Fm0021.2	x	x	-	-	x	-
ANGIOMA OCULAR	23x16x20	Fm0031.1	-	-	x	x	-	-
		Fm0031.2	x	x	-	-	x	x
LINFOSARCOMA	28x32x31	Fm0035.1	-	-	x	x	-	-
		Fm0035.2	-	x	-	-	-	-

[Tabla 1]

Relación de las piezas escultóricas y análisis realizados.

Leyenda: XRF: fluorescencia de rayos X; XRD: difracción de rayos X; POM: microscopía óptica de polarización; SEM-EDX: microscopía electrónica de barrido de alta resolución con microanálisis por energía dispersiva de rayos X; MIP: porosimetría de inyección de mercurio; HT: ensayos hídricos; - análisis no realizado; x - análisis realizado.

Se han seleccionado tres piezas con cierta variabilidad, principalmente de envergadura, estado de conservación y necesidades técnicas; y tras una primera caracterización química y mineralógica, se ha llevado a cabo el estudio completo del *Angioma ocular* (Fm0021), al permitir mayor extracción de muestra.

Fluorescencia de rayos X (XRF)

Para este estudio se precisaron 6 g de terracota molidos en mortero de ágata, reduciendo su tamaño a 50 μm . La identificación de los elementos se llevó a cabo utilizando un equipo S4 Pioneer de BRUKER por dispersión de longitud de onda, equipado con un tubo de rayos X de ánodo de Rh a condiciones 60 kV, 150 mA. La cuantificación se estimó por el método de parámetros fundamentales utilizando el software SpectraPlus.

MUESTRA	COMPONENTES MAYORITARIOS (%)										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI
Fm0021.2	53,97	18,60	6,62	0,08	2,41	10,06	0,56	3,40	0,77	0,14	1,69
Fm0031.2	39,19	17,67	6,33	0,07	3,27	14,43	0,54	3,17	0,66	0,13	13,94

MUESTRA	COMPONENTES MINORITARIOS (PPM)														
	Nb	Sn	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Zr	Ba	Pb
Fm0021.2	16	23	166	87	22	52	40	235	58	235	133	227	187	589	2198
Fm0031.2	16	0,4	158	83	22	50	27	609	0	26	124	254	166	620	103

[Tabla 2]

Fluorescencia de rayos X.

[4]

Giuseppe Cultrone, *Estudio mineralógico-petrográfico y físico-mecánico de ladrillos macizos para su aplicación en intervenciones del patrimonio histórico*, Tesis Doctoral defendida en el Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada, Eduardo M. Sebastián Pardo y María José de la Torre López (dirs.), Granada, Universidad de Granada, 2013.

Ambas muestras son muy similares entre sí, variando principalmente la cantidad de pérdida por calcinación (LOI), que en Fm0031 es mucho más elevada (14%, tabla 2), lo que puede indicar una mayor cantidad de filosilicatos y/o carbonatos^[4]. La cantidad de calcio es muy elevada, entre un 10% y 14%, lo que apunta a arcillas ya calcáreas^[5] y, por tanto, a terracotas con carbonatos principalmente cálcicos, aunque también contengan algunos de ellos magnésicos (2-3%).

Respecto a los elementos minoritarios (tabla 2) destaca principalmente la elevada proporción de plomo en Fm0021, de 2.200 ppm, y de bario, alrededor de las 600 ppm, lo que puede indicar la presencia de minerales como la barita o la presencia de una importante mena metálica de plomo exclusivamente en Fm0021.

Difracción de rayos X (XRD)

El análisis mineralógico se llevó a cabo mediante difracción de rayos X (XRD). Para ello se ha contado con un equipo Philips PW 1710 con monocromador de grafito y colimador automático. Las condiciones de trabajo han sido: emisión de radiación CuK α ($\lambda=1,5405 \text{ \AA}$), 40 kV de voltaje, 40 mA de corriente, de 3°-60° 2 θ explorados de área, a una velocidad de goniómetro de 0,05 2 θ s⁻¹. El calibrado de goniómetro de XRD se hizo mediante un estándar de silicio. Se ha empleado el método de polvo cristalino desorientado y para la interpretación de los resultados, el software X Powder[®]^[6] y la base de datos PDF2 [F. 04].

MUESTRA	Q	Il	Cal	D	Geh	Di	Hem	Pl	Melt
Fm0021.2	45	15	10	5	5	-	5	5	10
Fm0031.2	45	5	tz	5	10	10	Tz	5	15
Fm0035.2	40	-	-	-	16	20	-	10	10

[Tabla 3]

Difracción de rayos X (%)

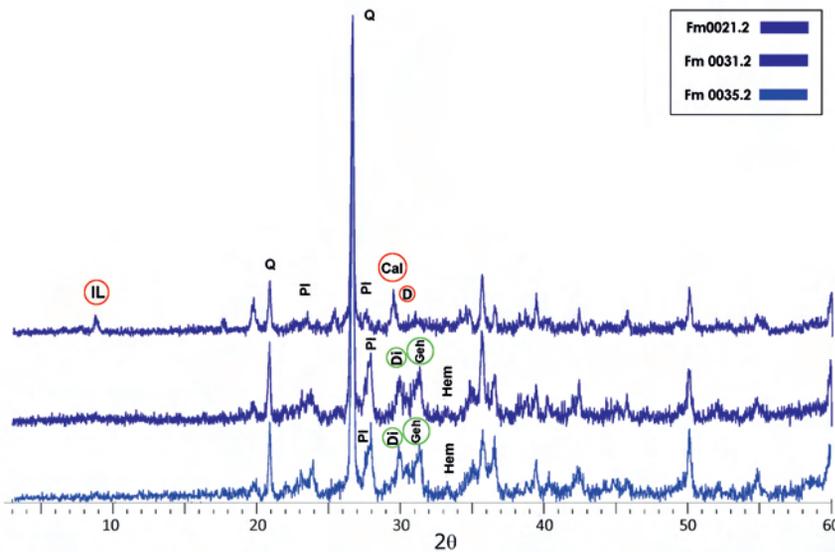
Leyenda: Qtz: cuarzo; Il: ilita; Cal: calcita; Dol: dolomita; Geh: gehelenita; Di: diópsido; Hem: hematites; Pl: plagioclasas/feldespatos; Melt: material fundido; - no detectado; tz - traza.

[5]

Enrique Barahona Fernández, *Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: evaluación de algunos ensayos de materias primas*, Tesis Doctoral defendida en el Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada, Juan Luis Martín Vivaldi y José Linares González (dirs.), Granada, Universidad de Granada, 1974.

[6]

José Daniel Martín Ramos, *Using X Powder, a software package for powder X-ray diffraction analysis*, Depósito legal GR 1001/04, www.xpowder.com [Última consulta: 25-5-2016].



[F. 04]

Difractogramas de las muestras de terracota, donde se aprecian marcados en rojo las fases minerales indicativas de menor temperatura de cocción y en verde las fases de neoformación por temperatura más elevada. Leyenda: IL: ilita; Q: cuarzo; Pl: plagioclasas/feldespatos; Cal: calcita; D: dolomita; Di: diópsido; Geh: gehlenita; Hem: hematites.

Mineralógicamente todas las muestras son ricas en cuarzo, con porcentajes que rondan entre el 35% y 45% (tabla 3). Destaca la menor transformación mineralógica de Fm0021, que sigue mostrando fases como las arcillas (ilita, 15%) o la calcita y dolomita sin transformar (10-5%), mientras que Fm0031 y Fm0035 contienen una mayor cantidad de fases de neoformación, como la gehlenita o el diópsido (entre el 10-20%). La presencia de gehlenita en Fm0021 indica que ha llegado a una temperatura de cocción superior a 800 °C, mientras que la presencia de diópsido en Fm0031 y Fm0035 indican una cocción por encima de los 900°C^[7]. La presencia de plagioclasas de tipo anortítico en estas dos muestras (figura 4), frente a las de tipo oligoclasas en Fm0021, también implica una mayor transformación de estas dos piezas^[8].

Microscopía óptica de polarización (POM) y microscopía electrónica de barrido de alta resolución con microanálisis por energía dispersiva de rayos X (HRSEM-EDX)

El estudio textural se ha realizado mediante POM con un equipo Olympus BX60 sobre láminas delgadas y se ha completado con el estudio de la microtextura y el análisis químico sobre láminas delgado-pulidas metalizadas con carbón, mediante HRSEM-EDX con un microscopio Leo Gemini 1530, acoplado a EDX Oxford Inca 200. Las imágenes han sido obtenidas en modo de electrones retrodispersados [F. 05].

Las imágenes de POM [F. 05] nos permiten ver que tanto el tamaño de grano, la homogeneidad del reparto de minerales y la ligera orientación de los filosilicatos debido al modelado es similar en las tres esculturas, siendo la principal diferencia la mayor formación de matriz, más densa y oscura, en las piezas Fm0031 y Fm0035 [F. 05B2 y 05C2]. Esto es debido al diferente grado de cocción, ya comprobado mediante XRD, pudiendo observarse que es mayor en Fm0035. También se aprecian granos de carbonatos de bastante envergadura [F. 05B1], de alrededor de 200 μm.

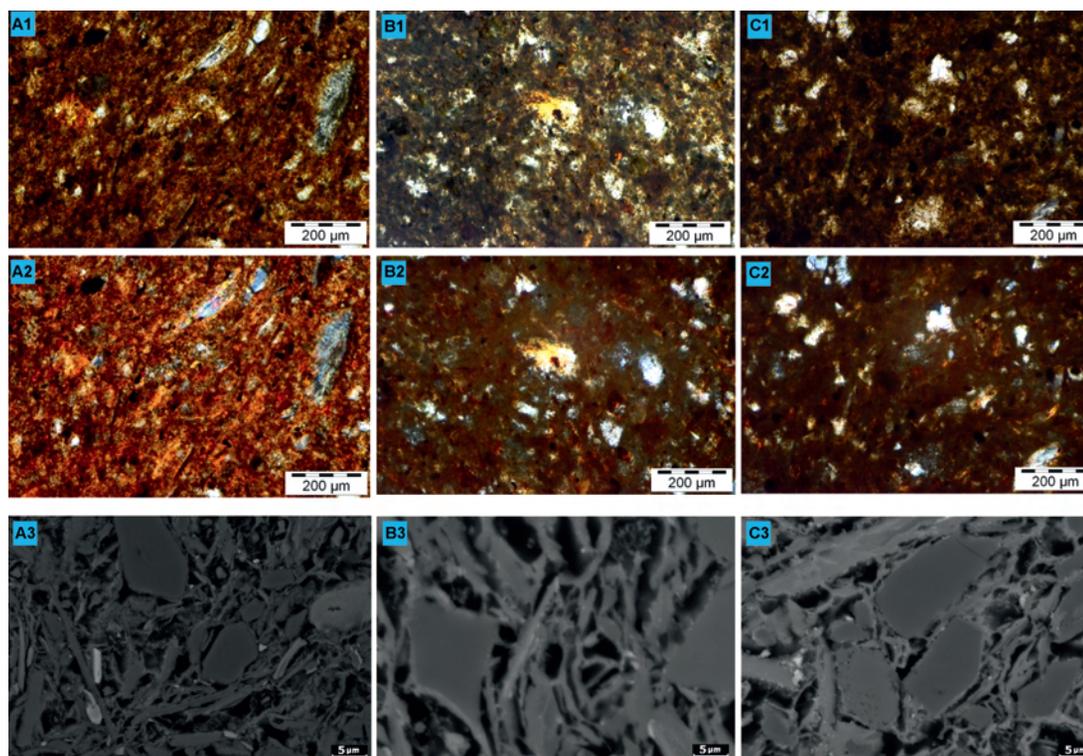
Las imágenes de HRSEM confirman la mayor formación de puentes de unión entre granos cuanto mayor es la temperatura de cocción [F. 05A3, 05B3 y 05C3], y mediante EDX se han podido identificar de manera clara pequeños granos de plomo de 10-15 μm acumulados en el borde de la muestra Fm0021, y de latón y algunos de oro en las tres. Fm0021 contiene barita y anhídrita como elementos marcadores.

[7]

Giuseppe Cultrone, et al., "Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing", *European Journal of Mineralogy*, 2001, vol. 13, n.º 3, pp. 621-634.

[8]

Aydin Aras, "The change of phase composition in kaolinite- and illite-rich clay-based ceramic bodies", *Applied Clay Science*, 2004, n.º 24, pp. 257-269.



[F. 05]
 Imágenes de POM y HRSEM-EDX. A1: Fm0021 visto con un polarizador, A2: Fm0021 visto con nicoles cruzados, A3: Fm0021 observado por electrones retrodispersados; B1: Fm0031 visto con un polarizador; B2: Fm0031 visto con nicoles cruzados; B3: Fm 0031 observado por electrones retrodispersados; C1: Fm0035 visto con un polarizador; C2: Fm0035 visto con nicoles cruzados; C3: Fm0035 observado por electrones retrodispersados.

[9]
 UNI, E.N. 13755 *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica*, Milano, CNR-ICR, 2008.

[10]
 NORMAL, Commissione, *Misura dell'indice di asciugamento (drying index)*, Roma, CNR-ICR, 1991, doc., vol. 29, p. 88.

[11]
 Más información en Giuseppe Cultrone, óp. cit.

[12]
 ASTM, "Standard test method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rocks", *Annual Book of Astm Standards*, Pennsylvania, 2008, vol. 04.08, pp. 242-246.

Porosimetría de inyección de mercurio (MIP) y ensayos hídricos (HT)

Para la MIP se utilizó un equipo Micromeritics AUTOPORE III modelo 9410, que mide de 0 a 50 psia en baja presión hasta un máximo de 60.000 psia en alta presión, que permite medir diámetros de poro de 0,003 a 360 μm.

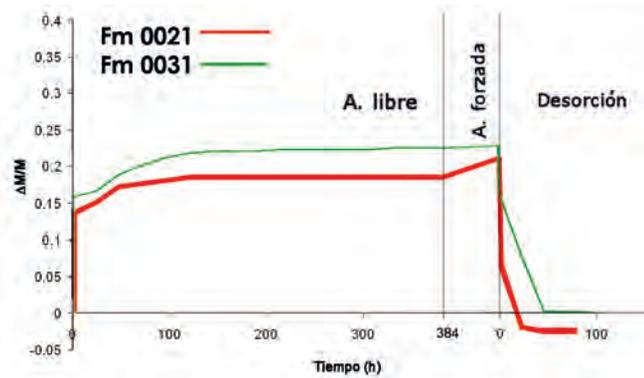
Los parámetros asociados a la absorción y transporte de fluidos en el seno del sistema poroso (HT) han sido determinados por ensayos de absorción libre (A_b), absorción forzada (A_f), grado de interconexión de poros (A_x)^[9] e índice de secado (Di)^[10]. Estos se han llevado a cabo controlando, por sucesivas pesadas a intervalos de tiempo determinados, el aumento o descenso en el peso de las muestras, calculado mediante las fórmulas especificadas en las normas internacionales^[11]. Gracias a ello, se ha conocido también la medida del coeficiente de saturación (S), la densidad aparente (ρ_b), la densidad real (ρ_{sk}) y la porosidad abierta (P_o)^[12] [F. 06].

MUESTRA	Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ_b (g/cm ³)	ρ_{sk} (g/cm ³)	S (%)	Di (%)	Po (%)	A.T. (m ² /g)	Rango (μm)
Fm0031.2	22,23	23,45	5,48	1,27	2,86	86,76	0,85	38,58	3,74	1-0,1
Fm0021.2	18,47	21,09	14,2	1,71	2,68	81,87	1,01	36,14	-	-

[Tabla 4]

Ensayos hídricos y porosimetría de mercurio.
 Leyenda: Ab: absorción libre; Af: absorción forzada; Ax: interconexión de poros; ρ_b : densidad aparente; ρ_{sk} : densidad real; S: saturación; Di: índice de desorción; Po: porosidad abierta; A.T.: área total de poro; Rango: rango principal de diámetro de poro.

El comportamiento hídrico de ambas muestras es bastante diferente [tabla 4]: mientras que Fm0031 absorbe más agua (A_b 22%) y tiene mejor interconexión de poros (A_x 5%), Fm0021 absorbe menos y presenta una interconexión de poros peor (14%). Este efecto, debido a la diferente temperatura de cocción,



implica que la terracota cocida a mayor temperatura tiene un comportamiento más adecuado y estable, pues la degradación de los carbonatos por la temperatura ha propiciado una mejor interconexión del sistema poroso, a pesar de su mayor formación de matriz vítrea. La densidad, tanto real como aparente de las muestras, es muy similar (ρ_b y ρ_{sk}), lo cual corrobora la aproximación en composición. Tanto su saturación (S) como índice de desorción (Di) son también semejantes y de comportamiento adecuado. Como se observa en la [F. 06], la muestra cocida a menor temperatura, Fm0021, presenta una inestabilidad química que se ha traducido en la disolución y pérdida de material. Se comprueba que, tras la desorción, el peso de la muestra queda por debajo de cero, es decir, por debajo del peso original antes del ensayo.

El diámetro de poro medido en Fm0031 [Tabla 4] se concentra principalmente en un tamaño de 1-0,1 μm , tamaño intermedio respecto a las terracotas de baja temperatura^[13], lo que implica un buen comportamiento.

PROCESO DE RESTAURACIÓN

La intervención de las obras de terracota se ha basado en dos fases: la cognoscitiva y la operativa. En la primera se realiza un exhaustivo examen del objeto considerando aspectos materiales, tecnológicos, estéticos, históricos y culturales. Asimismo, se elabora un estudio analítico para determinar los métodos, técnicas y materiales de intervención que sean adecuados y compatibles con el original. La segunda fase, la operativa, es la intervención física directa sobre la obra, basada en la información derivada de la fase anterior. Para los procesos de intervención se han tenido en cuenta criterios específicos, prevaleciendo el respeto de la autenticidad del original y reversibilidad de los procedimientos aplicados^[14].

No obstante, las alteraciones de las obras y los criterios de intervención son los que condicionan el grado de actuación.

CRITERIOS DE INTERVENCIÓN

Los criterios de restauración aplicados promueven la conservación preventiva de los bienes muebles y, en todo caso, la conservación curativa y la restauración en los casos más graves de deterioro, primando siempre el principio de mínima intervención, que incluye evitar la eliminación sistemática de adiciones históricas^[15]. Estos criterios no varían cuando la importancia documental, científica y didáctica de la pieza superan su nivel artístico, transformándola en patrimonio científico-técnico, ya que la vigente ley^[16] recomienda los mismos criterios de intervención para todo el patrimonio mueble.

[F. 06]

Diagramas de los ensayos hídricos. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus tiempo (h).

[13]

Lucía Rueda Quero, *Propuesta y establecimiento de un protocolo de actuación para el estudio de la terracota como soporte de la escultura policromada, su evolución y alteraciones del comportamiento material en los procesos de envejecimiento natural*, Tesis Doctoral defendida en el Departamento de Escultura de la Universidad de Granada, dirigida por Carmen Bermúdez Sánchez y Giuseppe Cultrone, s/e, 2016, pp. 381-397.

[14]

Raniero Baglioni, Ana Bouzas Abad, Juan Alberto Filter Peinado y Auxiliadora Gómez Morón, "Restauración de San Jerónimo Penitente, altorrelieve policromado del siglo XVI. Panteón ducal de la colegiata de Osuna", *Cuadernos de los amigos de los Museos de Osuna*, 2011, n.º 13, 2011, pp. 105-108.

[15]

IPHE, *Decálogo de la restauración. Criterios de intervención en Bienes Muebles*, 2010. Disponible en: <http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/M0901-02-3-PDF1.pdf> [Última consulta: 24-2-2016].

[16]

Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía. Disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2008/02/13/pdfs/A0778507809.pdf> [Última consulta: 24-2-2016].

Las necesidades de este tipo de patrimonio científico-técnico son diferentes a las del patrimonio artístico, lo que implica, como en el caso del patrimonio industrial, la pervivencia de su función y características científicas, didácticas y técnicas.

Destinados a ser manipulados por los estudiantes de medicina, cuando las piezas sufrían algún defecto, eran intervenidas, a modo de “reparaciones”, de manera que siguieran cumpliendo su función como herramienta. Perdida su función didáctica, siguen manteniendo una faceta documental de vital importancia al ser la única representación de dichas patologías con unos síntomas tan evolucionados, que actualmente no se manifiestan así por los avances médicos y farmacológicos. Su valor histórico-artístico, queda relegado a un segundo plano al entenderse que prima su carácter científico-técnico y que es el que debe condicionar los criterios precisando tratamientos de restauración en lugar de conservación.

Los tratamientos deben realizarse bajo el asesoramiento de especialistas médicos que informen de la pérdida de soporte, formas, texturas, veladuras, alteraciones del color, etcétera, planteando que estos deterioros o pérdidas deben ser reintegrados. La adición de repintes y demás añadidos que pudieran alterar su concepción, no deben considerarse como añadidos históricos sino como efectos alterantes de su función como documento de uso docente, debiendo ser eliminados.

EL PROCESO DE INTERVENCIÓN

Atendiendo a lo expuesto anteriormente, y como en cualquier obra de arte, cada pieza ha requerido un tratamiento adecuado a la tipología de daños, si bien es destacable la eficacia y efectividad del uso de resinas sintéticas, más idóneas para este tipo de obras. En este caso se han utilizado para la consolidación y reintegración de soporte y la consolidación de policromía. Por otra parte, el empleo de estuco tradicional requiere consolidación previa para impedir su penetración y favorecer la adhesión cuando se trate de una terracota muy heterogénea, disgregada o muy porosa.

Las resinas sintéticas en terracotas son más compatibles con el soporte, en cuanto a propiedades y características, y resultan diferenciables mediante las técnicas analíticas; lo que evita falsear los datos obtenidos respecto a tecnología de elaboración o composición. El estudio y aplicabilidad está concretado en el uso de acetato de polivinilo (PVA), alcohol polivinílico (PVAL) y Primal AC-33^[17].

Para el reencolado de fragmentos y consolidación de grietas se ha empleado PVA, para la reintegración de fragmentos, masillas de PVA, escayola y chamota, variando proporciones según el grado de dureza requerido en cada caso, y para el relleno de grietas y consolidación de soporte, Primal AC-33, con o sin chamota.

En las ocasiones en las que se han podido usar métodos acuosos para la fijación de la policromía, éstos se han llevado a cabo con coleta italiana.

La eliminación de barniz ha sido realizada aplicando criterios de respeto al original al desvirtuar tonalidades originales y distorsionar la visión estética y documental de las diferentes patologías. La eliminación total de la suciedad superficial y la de repintes se ha conseguido mediante el disolvente más adecuado según los test de solubilidad (White Spirit y etanol 2:1 para barnices, Contrad2000 y White Spirit 1:1 para suciedad White Spirit y Contrad2000 1:1 y acetona para repintes).

Para el proceso de reintegración cromática se han empleado pigmentos al barniz con criterio de diferenciación óptica mediante la técnica del puntillismo.

La capa de protección aplicada es de resinas cetónicas, con sílice coloidal como agente matizante y protección UV, en sucesivas capas diluidas para mayor flexibilidad.

Con el objeto de reforzar los sistemas de sujeción auxiliares no originales y que deben mantenerse, se ha inyectado PVA.

[17]

Carmen Bermúdez Sánchez, Lucía Rodríguez Salazar y Lucía Rueda Quero, “El uso de los materiales contemporáneos para la restauración de la escultura en terracota. Las resinas sintéticas: PVA, PVAL y PRIMAL AC-33”, ponencia presentada en las Jornadas Científicas: *Conservación de la Obra de Arte Contemporánea. Nuevos conceptos y retos*, celebrada en la Universidad de Granada los días 1 y 2 de marzo de 2016, en imprenta.



Por su parte, las etiquetas, tratadas con criterios de conservación, se han limpiado con métodos acuosos y reforzado el grado de adhesividad puntualmente [F. 07].

[F. 07]
Tumor fibro-blástico,
proceso de restauración.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Químicamente, las esculturas son muy similares entre sí, lo que indica arcillas procedentes de zonas de extracción cercanas geográficamente y, por comparación con otras obras estudiadas, posiblemente extraídas en la provincia de Granada^[18].

Mineralógicamente, están cocidas de forma correcta y acorde a su envergadura y necesidades de resistencia: piezas más pequeñas y menos complejas como el *Tumor fibroblástico* tienen una cocción algo inferior (800-850 °C), y piezas de mayor complejidad y envergadura como el *Angioma ocular* o el *Linfosarcoma* presentan una cocción más elevada (900-950 °C), asegurando una estabilidad adecuada. El grado de cocción se confirma con POM y HRSEM, observando la mayor formación de matriz a mayor temperatura. La resistencia y estabilidad de la menos cocida parecen correctas por la elevada formación de puentes de unión entre granos y la suficiente cohesión de la masa.

Los grandes granos de carbonatos pueden provocar problemas de caliches, deterioro que ya se manifiesta en algunas piezas. Las esculturas analizadas presentan dos fases minerales marcadoras, no detectadas por XRD ni XRF: el latón y el oro. El latón puede deberse a una contaminación en el taller del artista; y el oro indicaría, como elemento marcador, su procedencia granadina^[19].

El comportamiento hídrico de las cocidas a menor temperatura es más deficiente que el de las cocidas a mayor temperatura. Se produce una mayor retención de agua en los poros peor conectados, además de pérdida de material, que implicaría bien pérdida de resistencia mecánica, bien disolución de sustancias con migración, provocando comportamientos anómalos en las zonas de acumulación como variaciones de porosidad o recristalización de sustancias. Esto condicionaría el uso de medios acuosos en los tratamientos de restauración y su preservación con HR controlada.

El tamaño de poro medido en piezas con mayor temperatura de cocción indica que no son excesivamente propensas a sufrir daños físicos por gelificación o recristalización de sales [F. 08].

Como muestra la [F. 07], a pesar de la variación en el grado de cocción y una cierta diferencia en la tecnología de elaboración, que no en el material de origen, han favorecido el estado de con-

[18]
Lucía Rueda Quero, óp. cit.,
pp. 249-254.

[19]
Ibíd., pp. 763-769.

[F. 08]

Estudio comparativo según la interpretación de los resultados analíticos en *Linfosarcoma* y *Tumor fibro-blástico*.



■ Linfosarcoma

- Durabilidad alta y resistencia mecánica alta
- Calidad de elaboración media-alta
- Menos sensible a fracturas, roces y desgastes
- No condiciona la selección de adhesivo
- Permite adhesión directa en fracturas
- No condiciona viscosidad/naturaleza del consolidante



■ Tumor fibro-blástico

- Durabilidad media y resistencia mecánica media
- Calidad de elaboración media-alta
- Comportamiento deficiente en absorción-desorción de agua, no admitiendo lavado y restringe el % de HR para su exposición
- Más sensible a fracturas, roces y desgastes
- No condiciona la selección de adhesivo
- Permite adhesión directa en fracturas
- No condiciona viscosidad/naturaleza del consolidante

[20]

Antoni Roca Rosell, *Conservar (y actualizar) el patrimonio científico*, www.addthis.com/bookmark.php?v=250&pubid=xa4d937a0663ae b42e [Última consulta: 24-5-2016].

[21]

Carmen Bermúdez Sánchez, et al., "Criterios de intervención en la obra escultórica de carácter científico: el caso de los modelos clínicos de la Universidad de Granada", ponencia presentada en las Jornadas Científicas: *Conservación de la Obra de Arte Contemporánea. Nuevos conceptos y retos*, celebrada en la Universidad de Granada los días 1 y 2 de marzo de 2016, en imprenta.

[22]

Alicia Sánchez Ortiz, "Restauración de modelos anatómicos en cera: colección del Real Colegio de Cirugía de San Carlos", *Ge-conservación*, n.º 7, 2015, pp. 37-50. Leoncio López-Ocón, "El patrimonio científico y cultural de los institutos de bachillerato: el caso madrileño a través del programa de I+D CEIMES", *Tabiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa, Madrid*, 2014, n.º 43 (2), pp. 23-254.

servación hasta la fecha, debido, principalmente a su durabilidad y resistencia mecánica y la buena calidad de factura.

CONCLUSIONES

En este tipo de piezas, el estudio artístico, histórico y organoléptico, debe ser completado con la documentación clínica y ampliado con un adecuado tratado analítico, recopilándose así información relevante en el campo histórico-artístico y vital para la adecuada intervención y preservación de estas obras tan peculiares, desconocidas y valiosas.

La colaboración del equipo interdisciplinar de expertos, aunando los campos de la historia del arte, la medicina, la restauración y la ciencia aplicada persigue un fin común: la intervención y preservación de la obra de arte. Se subraya que sin el uso de los métodos de análisis, su correcta interpretación y el asesoramiento de la medicina forense, no hubiese sido posible llegar a estas conclusiones y resultados en la intervención.

La profundización en el conocimiento de este material, ha permitido evaluar puntos débiles concretos e identificar futuros deterioros en piezas especialmente reactivas a fluctuaciones de humedad.

La intervención manifiesta otro reto: el carácter didáctico-científico-clínico-documental relega su valor como patrimonio artístico al de científico^[20]; lo que ha condicionado criterios de intervención, dirigidos hacia la preservación de sus propiedades originales y la recuperación de su completa legibilidad. Un amplio debate crítico entre restauradores, expertos clínicos e historiadores, relativo a la propuesta de tratamiento idónea para estas piezas se concluyó con la imperiosa necesidad de diferenciar los criterios de intervención, ya que de no hacerlo perderían su valor intrínseco y características propias^[21]. Esta diferenciación se viene aplicando en colecciones similares, principalmente de instrumental científico^[22].

BIBLIOGRAFÍA

- ARAS, Aydin. “The change of phase composition in kaolinite- and illite-rich clay-based ceramic bodies”. *Applied Clay Science*, 2004, n.º 24, pp. 257-269.
- ASTM. “Standard test method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rocks”. *Annual Book of Astm Standards*. Pennsylvania: 2008, vol. 04.08, pp. 242-246.
- BAGLIONI, Raniero; BOUZAS ABAD, Ana; FILTER PEINADO, Juan Alberto y GÓMEZ MORÓN, Auxiliadora. “Restauración de San Jerónimo Penitente, altorrelieve policromado del siglo XVI. Panteón ducal de la colegiata de Osuna”. *Cuadernos de los amigos de los Museos de Osuna*. Osuna (Sevilla): Museo de Osuna, 2011, n.º 13, pp. 105-108.
- BARAHONA FERNÁNDEZ, Emilio. *Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: evaluación de algunos ensayos de materias primas*. Tesis doctoral. Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada. J. L. Martín Vivaldi y J. Linares González (dirs.). Granada: Universidad de Granada, 1974.
- BERMÚDEZ SÁNCHEZ, Carmen; CULTRONE, Giuseppe y RUEDA QUERO, Lucía. “Métodos de análisis para el estudio de caracterización y deterioro de la obra de arte realizada en terracota policromada. Aplicación práctica”. *La Ciencia y el Arte V. Ciencias experimentales y conservación del Patrimonio*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015, pp. 199-222.
- BERMÚDEZ SÁNCHEZ, Carmen; RODRÍGUEZ SALAZAR, Lucía y RUEDA QUERO, Lucía. “Criterios de intervención en la obra escultórica de carácter científico: el caso de los modelos clínicos de la Universidad de Granada”. Ponencia presentada en las Jornadas Científicas *Conservación de la Obra de Arte Contemporánea. Nuevos conceptos y retos*. Celebradas en la Universidad de Granada, días 1 y 2 de marzo de 2016. En imprenta.
 - “El uso de los materiales contemporáneos para la restauración de la escultura en terracota. Las resinas sintéticas: PVA, PVAL y PRIMAL AC-33”. Ponencia presentada en las Jornadas Científicas *Conservación de la Obra de Arte Contemporánea. Nuevos conceptos y retos*. Celebradas en la Universidad de Granada, días 1 y 2 de marzo de 2016. En imprenta.
- BOTELLA LÓPEZ, Miguel Cecilio; COLLADO MALAGÓN, Inés María y FERNÁNDEZ BARBERO, Juan Emilio. *Catálogo de piezas modeladas clínicas y anatómicas del Departamento de Anatomía y Embriología Humana de la Universidad de Granada*. Granada: Universidad de Granada, 2015.
- CÓRDOBA SALMERÓN, Miguel; SANTOS MORENO, M^a Dolores y LÓPEZ-GUADALUPE MUÑOZ, Juan Jesús. *La Semana Santa de Granada a través de su escultura procesional. El lenguaje de las imágenes*. Granada: Real Federación de las Hermandades y Cofradías, 2002.
- CULTRONE, Giuseppe; RODRIGUEZ-NAVARRO, Carlos; SEBASTIÁN PARDO, Eduardo; CAZALLA, Olga y DE LA TORRE LÓPEZ, M^a José. “Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing”, *European Journal of Mineralogy*, 2001, vol. 13, n.º 3, pp. 621-634.
- CULTRONE, Giuseppe. *Estudio mineralógico-petrográfico y físico-mecánico de ladrillos macizos para su aplicación en intervenciones del patrimonio histórico*. Tesis doctoral. Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada. Eduardo Sebastián Pardo y María José de la Torre López (dirs.). Granada: Universidad de Granada, 2013.
- IPHE, *Decálogo de la restauración. Criterios de intervención en Bienes Muebles*, 2010.
Disponible en <http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/M0901-02-3-PDF1.pdf> [Última consulta: 24-2-2016].
- Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía, 2007.
Disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2008/02/13/pdfs/A07785-07809.pdf> [Última consulta: 24-2-2016].
- LÓPEZ-OCÓN, Leoncio. “El patrimonio científico y cultural de los institutos de bachillerato: el caso madrileño a través del programa de I+D CEIMES”. *Tabiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa*. Madrid: Universidad Autónoma, 2014, n.º 43 (2), pp. 23-254.
- MARTÍN RAMOS, José Daniel. *Using X Powder, a software package for powder X-ray diffraction analysis*. Legal Deposit GR 1001/04. Disponible en: www.xpowder.com [Última consulta: 25-5-2016].

- NORMAL, Commissione. *Misura dell'indice di asciugamento (drying index)*. Roma: CNR-ICR, 1991, doc., vol. 29, p. 88.
- ROCA ROSELL, Antoni. *Conservar (y actualizar) el patrimonio científico*.
 Disponible en: www.addthis.com/bookmark.php?v=250&pubid=xa-4d937a0663aeb42e [Última consulta: 24-5-2016].
- RUEDA QUERO, Lucía. *Propuesta y establecimiento de un protocolo de actuación para el estudio de la terracota como soporte de la escultura policromada, su evolución y alteraciones del comportamiento material en los procesos de envejecimiento natural*. Tesis doctoral. Departamento de Escultura de la Universidad de Granada. Carmen Bermúdez Sánchez y Giuseppe Cultrone (dirs.), 2016 sin editar.
- SÁNCHEZ ORTIZ, Alicia. “Restauración de modelos anatómicos en cera: Colección del Real Colegio de Cirugía de San Carlos”. *Ge-conservación*. Madrid: GEIIC (Grupo Español del International Institute for Conservation), 2015, n.º 7, pp. 37-50.
- UNI, E.N. 13755 *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica*, Milán: CNR-ICR, 2008.