



CONSERVAR PATRIMÓNIO

ARP · Associação Profissional
de Conservadores-Restauradores
de Portugal
conservarpatrimonio.pt

Rua Fialho de Almeida,
n.º 14 – 2.º Esq.
1070-129 Lisboa

Quadrimestral
Triannual
Reg. 127342

Setembro
September
2025

50

Fotografia da capa Cover photograph

Integrating conservation strategies into archaeological research: insights from the Early Pleistocene site of Barranc de la Boella (Tarragona, Spain), pp 39-52.

As opiniões manifestadas na revista são da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não traduzem necessariamente a opinião da ARP, da Direcção da revista ou do Conselho Editorial.

The opinions published in this journal are those of the authors alone and do not necessarily translate the views or opinions of ARP, the Editors of the journal or of its Editorial Board.



Licenciado sob uma Licença Creative Commons
Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.
Para ver uma cópia desta licença, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt>

This work is licensed under the Creative Commons
Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>

FICHA TÉCNICA · JOURNAL INFORMATION

CONSERVAR PATRIMÓNIO

Revista académica com avaliação por pares

Academic peer-reviewed journal

Edição, propriedade e redação *Publisher and editorial office*

Associação Profissional de Conservadores-Restauradores de Portugal (ARP)

Rua Fialho de Almeida, n.º 14, 2.º esq., 1070-129 Lisboa, Portugal

NIPC VAT registration number n.º 503 602 981

Periodicidade *Frequency*

Quadrimestral *Triannual*

Registo ERC 127342

Estatuto Editorial

<https://conservarpatrimonio.pt/ficha>

ISSN

2182-9942 edição digital *digital edition*

DOI

<https://doi.org/10.14568/cp>

Directora *Director*

ELIN FIGUEIREDO

Directores-adjuntos *Co-directors*

ANA CLARO

SÍLVIA O. SEQUEIRA

Assistente editorial *Editorial assistant*

SALIMA REHEMTULA

Paginação *Page design*

ANA CLARO

ELIN FIGUEIREDO

SÍLVIA O. SEQUEIRA

EDITORES, COMISSÃO DE REDACÇÃO E CONSELHO EDITORIAL EDITORS, COPY EDITING BOARD AND EDITORIAL BOARD

Editores-chefes *Editors-in-chief*

ELIN FIGUEIREDO

Departamento de Conservação e Restauro, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

Centro de Investigação de Materiais, Instituto de Nanoestruturas, Nanomodelação e Nanofabricação (CENIMAT/i3N), Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

SÍLVIA O. SEQUEIRA

Laboratório José de Figueiredo, Museus e Monumentos de Portugal, Portugal

LAQV-Requimte | CHARM - Cultural Heritage and Responsive Materials, FCT - Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

ANA CLARO

CHAM – Centro de Humanidades, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

Editores associados *Associate editors*

ALEXANDRA RODRIGUES

Unidade de Investigação VICARTE - Vidro e Cerâmica para as artes, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

ÂNGELA FERRAZ

Tikva Museu Judaico Lisboa, Portugal

Centro de Tecnologia, Restauro e Valorização das Artes (Techn&Art), Instituto Politécnico de Tomar, Portugal

CRISTIANA NUNES

Instituto de Teoria e Mecânica Aplicada da Academia de Ciências da República Checa, Praga, República Checa

EVA MARIASOLE ANGELIN

Technical University of Munich, Munique, Alemanha

MÁRCIA ALMADA

CECOR – Centro de Conservação-Restauro de Bens Culturais, Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

MARIA JOÃO FERREIRA

CHAM – Centro de Humanidades, FCSH, Universidade NOVA de Lisboa, Lisboa, Portugal
Museu de São Roque, Lisboa, Portugal

MATHILDA LARSSON COUTINHO

Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Portugal

THIAGO SEVILHANO PUGLIERI

Department of Art History, University of California, Los Angeles (UCLA) & UCLA/Getty Interdepartmental Program in the Conservation of Cultural Heritage, USA

VALENTINA PINTUS

Institute for Natural Sciences and Technology in the Arts – Academy of Fine Arts Vienna, Austria

Conselho editorial *Editorial board*

ANA ZÉLIA MILLER

IRNAS-CSIC, Sevilha, Espanha

Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Portugal

ANDRZEJ KADŁUCZKA

Institute of History of Architecture and Preservation of Monuments, Faculty of Architecture, Krakow University of Technology, Poland

EDITORES, COMISSÃO DE REDACÇÃO E CONSELHO EDITORIAL EDITORS, COPY EDITING BOARD AND EDITORIAL BOARD

CESÁREO SAIZ-JIMENEZ

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla – Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IRNAS-CSIC), Sevilla, España

CHRISTIAN DEGRIGNY

Haute École de Conservation-Restauration Arc, La Chaux-de-Fonds, Suisse

M.^a JOSÉ GONZÁLEZ LÓPEZ

Departamento de Pintura, Facultad de Bellas Artes, Universidad de Sevilla, España

MÁRIO MENDONÇA DE OLIVEIRA

Universidade Federal da Bahia, Brasil

MATHIEU THOURY

IPANEMA, CNRS, Ministère de la Culture et de la Communication, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Université Paris-Saclay, France

NICOLA MASINI

CNR, Institute of Heritage Science, Baragiano Scalo, Italy

ROSÁRIO VEIGA

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal

SALVADOR MUÑOZ VIÑAS

Universitat Politècnica de València, España

TIAGO MIGUEL FERREIRA

University of the West of England - UWE Bristol, United Kingdom University of Coimbra, Portugal

TOM LEARNER

Getty Conservation Institute, USA

VÍTOR SERRÃO

Instituto de História da Arte, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Portugal

Comissão de redacção *Copy editing board*

ANA CLARO

CHAM – Centro de Humanidades, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

ELIN FIGUEIREDO

Departamento de Conservação e Restauro, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

Centro de Investigação de Materiais, Instituto de Nanoestruturas, Nanomodelação e Nanofabricação (CENIMAT/i3N), Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

EMMANUELLE MEUNIER

Casa de Velázquez, EHEHI, Madrid, Espanha

ILENIA D'ANGELI

Italian Institute of Speleology, Bologna, Itália

LAURA MOURA

Câmara Municipal de Sesimbra, Divisão de Cultura - Museus e Património, Portugal

A revista está indexada ou referenciada nas seguintes bases de dados bibliográficas internacionais:

The journal is abstracted or indexed in the following international bibliographic databases:

- AATA – *Abstracts of International Conservation Literature*, Getty Conservation Institute, <http://aata.getty.edu>
- BCIN – *The Bibliographic Database of the Conservation Information Network*, Canadian Heritage Information Network, <http://www.bcin.ca>
- *Chemical Abstracts*, American Chemical Society, <http://www.cas.org>
- CIRC – *Clasificación Integrada de Revistas Científicas*, EC3METRICS, <https://clasificacioncirc.es>
- Crossref, <http://www.crossref.org>
- CWTS *Journal Indicators*, Leiden University, <http://www.journalindicators.com>
- DOAJ – *Directory of Open Access Journals*, <http://www.doaj.org>
- EBSCO Art Source, <https://www.ebscohost.com>
- ERIH PLUS – *European Reference Index for the Humanities and the Social Sciences*, Norwegian Social Science Data Services, <https://dbh.nsd.uib.no/publiseringskanaler/erihplus/>
- Google Scholar, <http://scholar.google.com>
- *Index Copernicus Journals Master List*, <http://journals.indexcopernicus.com>
- Ingenta Connect, <http://www.ingentaconnect.com>
- Latindex – *Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, <http://www.latindex.unam.mx>
- MIAR – *Matriz de Información para el Análisis de Revistas*, Universitat de Barcelona, <http://miar.ub.edu>
- Microsoft Academic, <https://academic.microsoft.com>
- OpenAIRE – *Open Access Infrastructure for Research in Europe*, <https://explore.openaire.eu>
- REDIB – *Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico*, <http://www.redib.org>
- Scimago, <http://www.scimagojr.com>
- Scopus, Elsevier, <https://www.scopus.com>
- Web of Science – *Emerging Sources Citation Index (ESCI)*, Clarivate Analytics, <https://webofknowledge.com>

Artigos Articles

- 6 **ANNA CRISTOFORETTI, TERESA MEDICI, CATARINA VILLAMARIZ, LUÍS C. ALVES, INÊS COUTINHO**
Preliminary results of the first archaeometric study of three medieval glass assemblages from Almada, Portugal
Resultados preliminares do primeiro estudo arqueométrico de três conjuntos de vidros medievais de Almada, Portugal
- 22 **MARÍA JOSÉ GONZÁLEZ LÓPEZ**
La policromía y el programa ornamental de la escultura en madera: un método para su estudio
A policromia e o programa ornamental da escultura em madeira: um método para seu estudo
Polychromy and the ornamental program of wooden sculpture: a method for its study
- 39 **LUCÍA LÓPEZ-POLÍN, ANDREA DÍAZ-CORTÉS, ELENA MORENO-RIBAS, NOÉ VALTIERRA, IRENE CAZALLA, LAURA GÓMEZ MORGADO, JÚLIA JISKOOT, MARÍA MARTÍNEZ, ANA MONTEMAYOR, JANIRE MÚGICA, BLANCA SICILIA, ANTONIO PINEDA, JOSEP VALLVERDÚ, PALMIRA SALADIÉ**
Integrating conservation strategies into archaeological research: insights from the Early Pleistocene site of Barranc de la Boella (Tarragona, Spain)
Estratégias de conservação na investigação arqueológica: perspectivas do sítio Barranc de la Boella (Tarragona, Espanha)

Notas Notes

- 53 **ELENA GARCÍA MARTÍNEZ**
Evaluación del impacto por el cambio climático en sitios arqueológicos: estado de la cuestión
Avaliação do impacto das alterações climáticas nos sítios arqueológicos: ponto da situação
Assessment of the impact of climate change on archaeological sites: state of play

Intervenções Interventions

- 64 **SELEN SERTAB KAYSER, ÖZDEN ORMANCI, OĞUZ EMRE KAYSER**
Technical examination, material characterization, and restoration of the landscape painting by Mıgırdiç Givanian (1848-1906)
Pintura de paisagem de Mıgırdiç Givanian (1848-1906): exame técnico, caraterização do material e restauro

Preliminary results of the first archaeometric study of three medieval glass assemblages from Almada, Portugal

Resultados preliminares do primeiro estudo arqueométrico de três conjuntos de vidros medievais de Almada, Portugal

ANNA CRISTOFORETTI ^{1,2,*} TERESA MEDICI ¹ CATARINA VILLAMARIZ ^{1,2} LUÍS C. ALVES ³ INÊS COUTINHO ^{1,2} 

1. Unidade de Investigação
VICARTE - Vidro e Cerâmica para
as Artes, FCT/UNL, Campus de
Caparica, 2829-516, Caparica,
Portugal

2. Dep. de Conservação e
Restauro, FCT/UNL, Campus de
Caparica, 2829-516 Caparica,
Portugal

3. C2TN-IST/UL, Centro de
Ciências e Tecnologia Nucleares,
Instituto Superior Técnico,
Universidade Lisboa, Estrada
Nacional 10, 2695-066 Bobadela,
Portugal

*annacristoforetti27@gmail.com

Abstract

In the late 1990s and early 2010, archaeological excavations were conducted in three neighbouring streets of the old part of the city of Almada (Lisbon South bay), where medieval residential complexes were brought to light. Among the materials found in the Pátio Prior do Crato and Rua Latino Coelho, a group of glass fragments is dated between the 14th and 16th centuries. In addition, the glass assemblage of Rua da Judiaria counts more than 1,200 fragments covering a time span from the 12th to the 19th century, including some objects that have been identified as luxurious due to their decorations. This work integrates archaeological and archaeometric research and focuses on glass dating between the 14th and 16th centuries from these excavations in Almada. The combination of results intends to provide a first glimpse of glass usage and circulation in the southern area of Lisbon during the late medieval period.

Resumo

No final da década de 1990 e início de 2010, foram efetuadas escavações arqueológicas em três ruas contíguas da zona antiga da cidade de Almada (baía Sul de Lisboa), onde foram postos a descoberto conjuntos residenciais medievais. Entre os materiais encontrados no Pátio Prior do Crato e na Rua Latino Coelho, um conjunto de fragmentos de vidro é datado entre os séculos XIV e XVI. Por outro lado, o conjunto de vidros da Rua da Judiaria conta com mais de 1200 fragmentos, abrangendo um período que vai do século XII ao século XIX, incluindo alguns objetos que foram identificados como de luxo devido às suas decorações. Este trabalho integra investigação arqueológica e arqueométrica e incide sobre vidros datados entre os séculos XIV e XVI provenientes destas escavações em Almada. A combinação dos resultados pretende fornecer uma primeira visão do uso e circulação do vidro na zona sul de Lisboa durante o período tardo-medieval.

KEYWORDS

Middle Ages
Glass
Portugal
Archaeology
Archaeometry

PALAVRAS-CHAVE

Idade Média
Vidro
Portugal
Arqueologia
Arqueometria

Introduction

This study examines a collection of glass fragments recovered from three adjacent archaeological contexts in Almada, a Portuguese town located south of Lisbon along the Tagus River. To shed light on the use and circulation of glass in this region between the fourteenth and sixteenth centuries, this research combines the archaeological contextual analysis with stylistic assessment and chemical characterisation of the glass. This integrated approach will aim to inform hypotheses regarding the fragments' provenance and broader patterns of trade and use.

In the late 1990s and early 2010, archaeological excavations were conducted in *Almada Velha*, the historic part of the city, across three neighbouring streets: Pátio Prior do Crato, Rua Latino Coelho and Rua da Judiaria (Figure 1). The excavation at Pátio Prior do Crato revealed that the earliest human activities in the area involved the construction of residential structures and silos between the fourteenth and fifteenth centuries, with their use ceasing by the fifteenth century. In the sixteenth century, the area was abandoned as a residential space and repurposed as a courtyard. Five glass objects related to liquid consumption were discovered and during the excavations and linked to the initial period of occupation and residential construction (fourteenth- fifteenth century) [1]. All fragments were subsequently subjected to chemical analysis.

Following the renovation of a building facing the street, the excavation of Rua Latino Coelho was conducted. The earliest anthropic traces date back to the fourteenth century with the opening of silos [2]. Their abandonment, between the late fourteenth and early fifteenth centuries, was probably due to the location being unfavourable for storage, as they were positioned in a valley with poorly drained soil. In the sixteenth century, cisterns were built perhaps for cooperage or the production of cereal yeast. Regardless of their function, they were abandoned, and the land levelled in the second half of the sixteenth century [1]. Twenty four glass fragments were retrieved from the filling of the silos abandoned in the first years of the fifteenth century. The recognised shapes mostly refer to the consumption of liquids, such as beakers and goblets. Two bracelets, one dark blue and one of dark glass, stand out in the assemblage. Eight fragments were selected for chemical characterization.

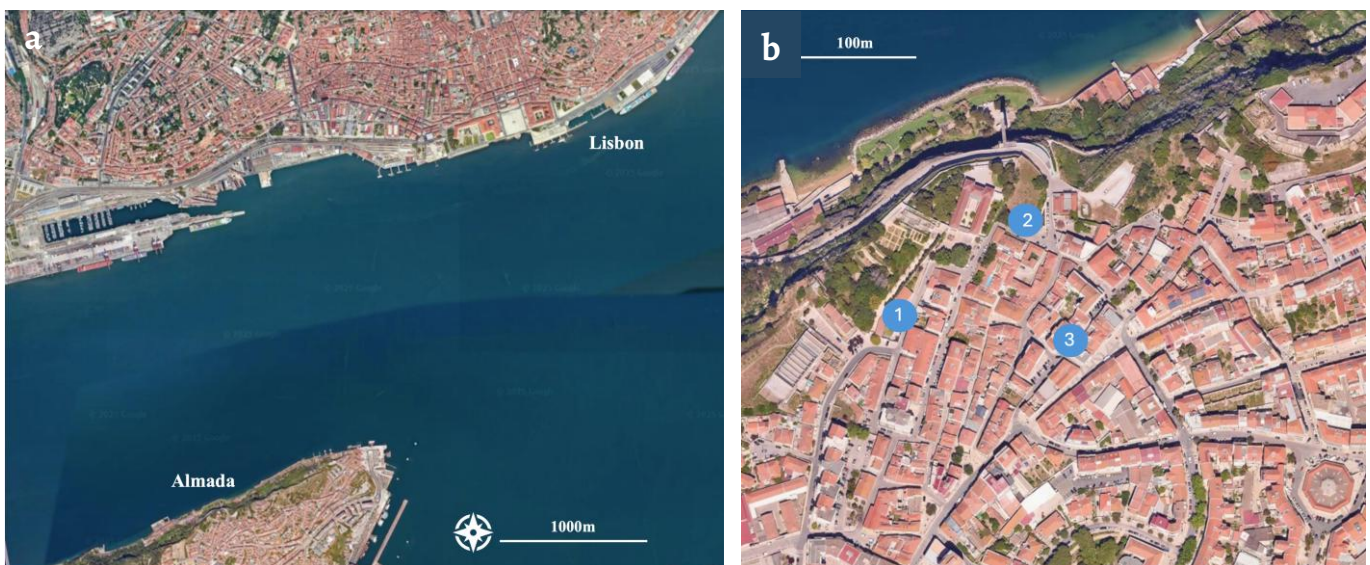


Figure 1. Maps: a) Lisbon south bay; b) Location of the three excavations in Almada: (1) Pátio Prior do Crato (APPC), (2) Rua Latino Coelho (ARLC), and (3) Rua da Judiaria (ARJ), Google Earth.

Archaeological excavations in Rua da Judiaria unearthed 22 silos carved in the Miocene rock, marking the earliest evidence of occupation in the area. They were probably part of a twelfth-century mercantile workshop, developed during the Islamic occupation of the city. Their filling has yielded various types of materials that can be dated between the twelfth and fifteenth centuries. By the fifteenth century, the silos were sealed, and residential buildings were constructed on the same site. These structures were later abandoned when the entire area was converted into a courtyard in the sixteenth century [3]. Of the various materials found, 1,200 glass fragments (twelfth-nineteenth centuries) were unearthed related to 400 objects [4]. This work includes 31 utilitarian vessels, mostly related to the table, dated between the fourteenth and fifteenth century, along with four personal adornments from the sixteenth century. The objects are described in detail in Medici, 2005, whose stylistic insights are integrated into this study. Additionally, 27 fragments were chemically characterised to support discussions of their provenance.

Glass production in Portugal in the Middle Ages

Reconstructing the history of Portuguese glass presents a difficult challenge due to the absence, to date, of archaeological findings attesting the presence of glass workshops after the fall of the Roman Empire. The earliest furnace finds that testify with certainty to the presence of glass production are from the excavation of the *Real Fábrica de Vidros Cristalinos de Coima*, active between the eighteenth and nineteenth centuries [5].

Excavations in the Islamic cities of Mértola and Silves, in the area known as Gharb al-Andalus, have returned glass fragments dated between the eleventh and twelfth centuries that suggest trade contacts with northern Syria, Egypt and other areas of al-Andalus [6-8]. Although little information is currently available on the presence and circulation of glass objects of the following centuries, some documentation and studies suggest an exchange of ideas and goods with the rest of Europe [9-10]. Documentary evidence refers to the activity of at least eleven glassmakers in and around the city of Lisbon from 1439 onwards, however, no reference is given to what type of glass was produced and these workshops have yet to be identified [5].

Studies conducted on glass assemblages from archaeological excavations dating between the fourteenth and sixteenth centuries have revealed contacts with Venetian production. The first evidence of the importation of Venetian glass into Portugal emerged from an excavation in the centre of Lisbon and is recognizable in a beaker with enamel decoration belonging to the group known as *Aldrevandino* dated to the fourteenth century [11-13]. Analyses conducted on a glass assemblage dated between the fourteenth and sixteenth centuries from Beja, in the southern region of the country, evidenced the import of a pruned beaker from Venice [14].

The chemical composition of other fragments from the collection from Beja indicated a shared origin, characterised by the use of alumina-rich silica and purified sodium-rich plant ash as a flux agent [14]. All fourteenth-sixteenth-century glass fragments studied so far belong to this soda-silica-lime type, linking Portuguese glass finds to contemporary Mediterranean production, where this type was common. A letter from King Afonso V, dated 1459, mentions the exclusive right of the Portuguese to harvest *barilla* – a plant whose ashes can be used as a flux agent – suggesting the possibility of local soda-rich glass production [15].

The archaeometric studies of a group of *façon de Venice* glass objects from the Monastery of Sta. Clara-a-Velha in Coimbra, Praça Miguel Fernandes in Beja and Monastery of São João de Tarouca, dated to the seventeenth century, have revealed the use of a silica source characterised by high levels of alumina. These objects were attributed to an unknown production centre leading to the hypothesis of local production [16-17]. Recent studies on silica sources, together with the stylistic features and the chemical composition of seventeenth-century glass fragments from the Monastery of Sta. Clara-a-Velha, led to conclude that high-quality glass,

which implied the use of feldspathic silica with a low level of impurities, was produced in the area of Coimbra [18].

Stylistic analysis

The five glass fragments found in the excavation in Pátio Prior do Crato are associated with the construction of a residential building in the fifteenth century. A coin of King Afonso V, found in the same layer, suggests a dating between 1449 and 1457 [1]. In Rua Latino Coelho, the assemblage consists of 24 fragments corresponding to ten objects, recovered from silos and pits dated between the fourteenth and sixteenth centuries [2]. At Rua da Judiaria, a total of 35 glass objects dated between the fourteenth and sixteenth centuries have been identified. These were retrieved from pits and rubbish deposits and have previously been documented in detail [4].

Across the three assemblages, the range of identified shapes can be related to objects used for the consumption of liquids, such as beakers, goblets, and bottles, alongside urinals and personal ornaments, like bracelets and a ring. While the weathering of some fragments makes it difficult to determine their original colour, most are colourless, with occasional blue, green, or yellow hues.

Out of the coloured objects, the most common colour is green, with shades ranging from blue-green and light green to dark green and olive green. The personal ornaments are notable for their dark glass, which appears almost black. Typically, such an appearance was achieved with an intense colouration of purple, brown, dark blue, or dark green [19].

Of the 45 vessels, 26 were produced using the free-blowing technique. The remaining objects feature decorative patterns on the body, such as ribs or rice grain patterns, that indicate manufacture by blowing the glass into a mould.

Just a few glass fragments were found in the contexts dated between the fourteenth-fifteenth century: in Rua da Judiaria, two beakers with pinched threads applied made of the same glass as the body of the object (Figure 2, ARJ0015, ARJ0039). This decorative technique is common in Medieval Europe between the thirteenth and sixteenth centuries [11, 20]. In Portugal, beakers with the same decoration have been found in fifteenth-century contexts of Beja [14] and Évora [21]. In Rua Latino Coelho and Pátio Prior do Crato, goblet bases with tubular base-ring and the neck of an elongated flask were yielded (Figure 2, ARLC0011-APPC0001).

As for the objects referable to the fifteenth century, the assemblage from Rua da Judiaria returns cylindrical beakers with mould-blown decoration, in low relief on the wall. A group of beakers presents a large and flat applied trail on the rim, melted with the rim itself (Figure 2, ARJ0058). Similar objects have been identified in Portugal, specifically in Beja [14] and in the assemblage of Largo do Corpo Santo in Lisbon (fragments currently under study), but no parallels have been documented outside Portugal to date.

The Rua Latino Coelho assemblage includes a fragment of a beaker with a 'grain of rice' mould-blown decoration (Figure 2, ARLC0001), of which an example is also recorded in the Rua da Judiaria assemblage dated to the sixteenth century (Figure 2, ARJ0501). Three goblets dated to the fifteenth century stand out for their decoration (Figure 2, ARJ0099, ARJ0452, ARJ453; Figure 3 and Figure 4 that allow them to be placed in the category of luxurious goods [4]. They are made starting from a single glass gather and then shaped by tooling. ARJ0099 has a large truncated-conical bowl and a low pushed-in base and is decorated with a mould-blown pattern of ribs in very low relief and a blue frill (Figure 2, ARJ0099 and Figure 3). The same decoration was detected on a colourless wall fragment presumed to be part of a goblet, from the excavation of Praça da Figueira in Lisbon (fragment currently under study). ARJ0452 has a shallow hemispherical bowl with applied spiralling blue trails and a higher pushed-in base (Figure 2, ARJ0452). Both are made of a very similar thin glass, colourless with a yellow tinge. The decoration with blue threads applied can be found in the production located in the south of

France between the fifteenth and sixteenth century [20], in Savona and in Monte Lecco in Italy in objects dated between the end of the fourteenth and the beginning of the fifteenth century [22].

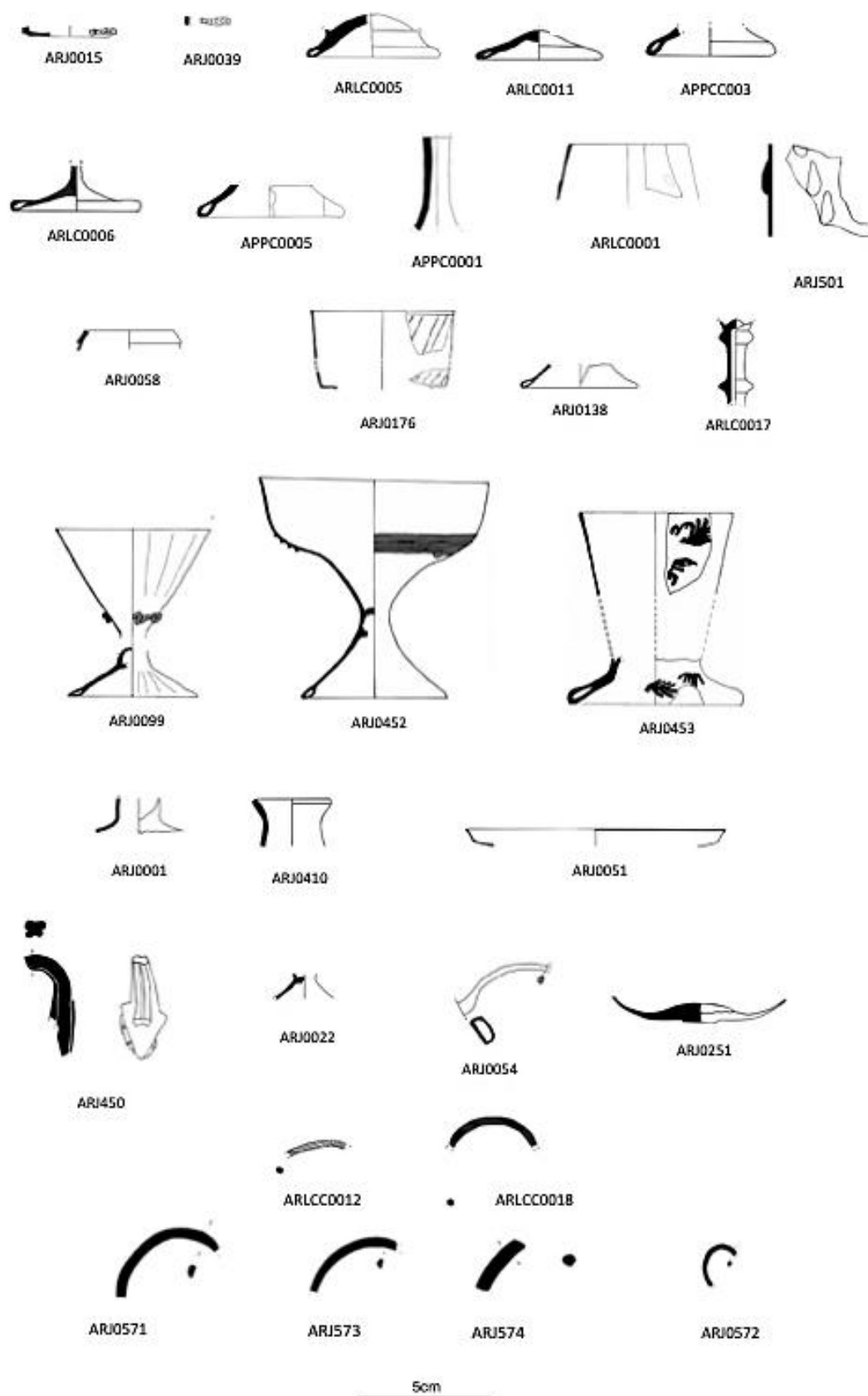


Figure 2. Drawings of the analysed fragments (drawings of the fragments from Pátio Prior do Crato and Rua Latino Coelho, author: A. Cristoforetti; drawings of the finds from Rua da Judiaria, author: T. Medici, adapted from Medici, 2005).



Figure 3. Fragment of goblet decorated with a mould-blown pattern of ribs in very low relief and a blue frill-ARJ0099 (photograph: A. Cristoforetti).

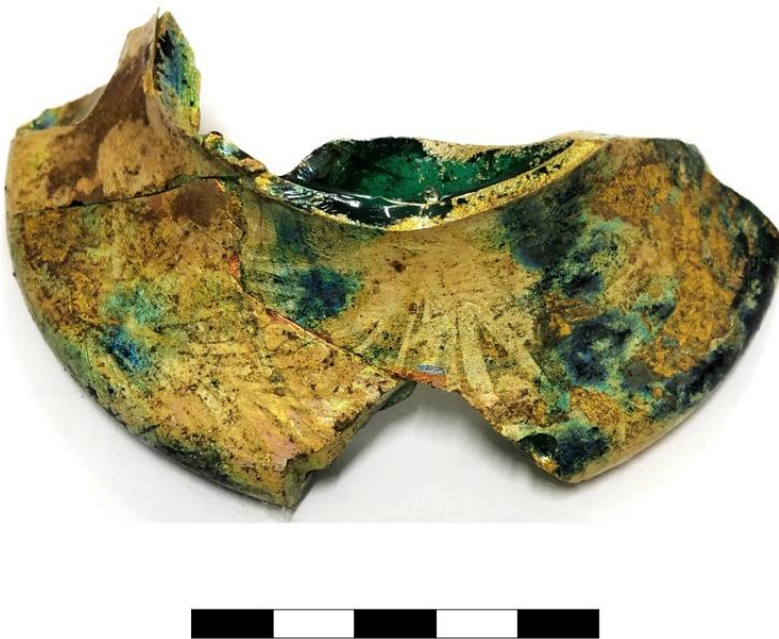


Figure 4. Dark green base of goblet with enamelled or gilded decoration-ARJ0453 (photograph: A. Cristoforetti).

ARJ0453 is a dark green-coloured goblet with a truncated-conical bowl and a larger pushed-in base with a tubular base (Figure 2, ARJ0453 and Figure 4). It shows a badly preserved enamelled decoration for which a floral/vegetal gilded pattern was proposed [4]. The corrosion layers that cover the fragment prevent an extensive iconographic study of the motif and the possibility that it may be a gilded decoration cannot be ruled out. Several fragments of feet, most of them with pushed-in bases and tubular base ring, free-blown or with a mould-blown

pattern of ribs, are recorded, together with two fragments of disk-shaped feet. A few fragments were probably part of a bottle (Figure 2, ARJ0410). A pushed-in tubular ring base (Figure 2, ARLC0005) from the assemblage of Rua Latino Coelho likely belonged to the truncated cone base of a beaker.

The characteristics of the objects dated to the sixteenth century are fairly constant and consistent. The goblets are usually characterized by a foot with a ring base (Figure 2, ARJ0138) and the stem consists of one or two solid or hollow knobs (Figure 2, ARLC0017). Only a few fragments of rims of bowls or plates have been identified (Figure 2, ARJ0051). The bottles show similar features from the fourteenth to the sixteenth century, the only detail in the later objects being the rim underlined by an applied thread.

A fragment of convex base can be attributed to a urinal, vessel whose shape remains almost unchanged over time from the fourteenth to the eighteenth century (Figure 2, ARJ0251). This shape is a widespread object throughout Europe, frequently used in medicine for uroscopy [11]. As for the other forms, there are containers with handles (Figure 2, ARJ0450) and a fragment of what would appear to be a spout perhaps from a jug (Figure 2, ARJ0054).

Excluding the goblets with blue and enamelled/gilded decoration for which an import was suggested, for most of the utilitarian vessels composing the assemblages a first hypothesis of Portuguese production was advanced based on the stylistic characteristic and the quality of the glass [4].

In the assemblages of Rua da Judiaria and Rua Latino Coelho, examples of bracelets are found, most of them of a black appearing colour, with circular or D-shaped sections (Figure 2, ARLC0012-ARJ0572). Only one of the bracelets is blue, twisted, with a circular section (Figure 2, ARLC0018). They find comparisons with objects dated between the fourteenth and seventeenth centuries from contexts such as Portillo (Valladolid) [23], Toledo [24] and Malaga [25]. In Portugal, the same types are found in Beja [14].

The first sporadic records of glass bracelets are found in Egypt, dated to the second millennium BCE. They became popular in Europe in the Iron Age and their presence is attested during the Roman period in western Europe [26], including Portugal [27-29]. After the fall of the Roman Empire, the use of this personal ornament seems to be restricted to Palestine and the Byzantine world. A new diffusion of glass bracelets occurred in the seventh century after the Islamic Conquest of Palestine and the subsequent expansion of Muslim rule. In Europe, after the Roman age, such bracelets are found in areas that have had Islamic influence [25, 30].

In the Iberian Peninsula, they represent an object that connects the kingdoms of Portugal and Castile in the absorption of the Islamic customs [31]. Several fragments found in the archaeological excavation in Beja, demonstrate the Portuguese use of glass bracelets between the fourteenth and fifteenth centuries [14]. Furthermore, this type of object was also found in a Portuguese colony in Morocco, Alcácer Ceguer, where a Christian tomb dated to the fifteenth century was unearthed with a female adolescent wearing bracelets on both wrists [32].

Experimental

In order to obtain the chemical composition of the glass under investigation, to discuss the raw materials used, and to advance hypotheses on the origin, a total of 39 fragments (Table 1; Figure 2) from the three assemblages were analysed using particle-induced X-ray emission (μ -PIXE). This is an analytical technique widely used in the field of cultural heritage and is increasingly applied to glass material for the detection of chemical composition [33-34]. The selection favoured those with decoration as stylistic analysis identified them as possible imported objects. It should be noted that objects with decoration were probably produced with greater care in selecting the raw materials, as they were intended for the highest strata of society. Furthermore, at least one representative of each shape identified in the chrono-typological study was selected.

Table 1. List of the analysed fragments.

Sample	Type	Colour	Dating*
ARJ0015	Beaker with applied impressed trail	Green	14th /15th cent.
ARJ0039	Beaker with applied impressed trail	Green	
ARLC0005	Beaker	Colourless	
ARLC0011	Goblet	Colourless	
APPC0003	Goblet	Light green	
ARLC0006	Goblet	Colourless	
APPC0005	Goblet	Colourless?	15th cent.
APPC0001	Flask	Light blue	
ARLC0001	Beaker	Colourless	
ARJ0501	Beaker with mould-blown pattern of rice grains	Colourless -green hue	15th/16th cent.
ARJ0058	Beaker with flat ribbon applied trail	Colourless	
ARJ0176	Goblet with mould-blown pattern of ribs	Colourless	15th cent.
ARJ0138	Goblet	Colourless	16th cent.
ARLC0017	Goblet	Colourless	15th/16th cent.
ARJ0099	Goblet decorated with mould-blown pattern of ribs and an applied blue frill	Colourless	16th cent.
ARJ0452	Goblet with mould-blown pattern of ribs and applied spiralling dark blue trails	Colourless	15th cent.
ARJ0453	Goblet with enamelled decoration - perhaps gilded	Green	
ARJ0001	Bottle	Colourless	
ARJ0410	Bottle	Green	16th cent.
ARJ0051	Plate	Colourless	
ARJ0450	Vertical handle	Light green	
ARJ0022	Goblet	Colourless- yellow hue	15th cent.
ARJ0027	Beaker?	Colourless	
ARJ0054	Spout	Colourless -yellow hue	15th/16th cent.
ARJ0251	Urinal	Green	15th cent.
ARJ0029	Bracelet	Dark glass	
ARLC0012	Bracelet	Blue	
ARLC0018	Bracelet	Dark glass	16th cent.
ARJ0572	Bracelet	Dark glass	
ARJ0574	Bracelet	Dark glass	
ARJ0573	Bracelet	Dark glass	
ARJ0571	Ring	Dark glass	
ARLC0006	Goblet?	Colourless?	15th cent.
APPC0005	Goblet?	Colourless?	
ARJ0172	Beaker with mould-blown decoration pattern of ribs	Colourless	
ARJ0156	Goblet?	Light blue	
ARJ0089	Bottle?	Colourless	
ARJ0077	Goblet?	Colourless	
ARJ0175	Goblet?	Colourless -blue hue	

*The proposed dating of the objects is based on the archaeological reports submitted by the archaeological team of Câmara Municipal de Almada and Museu Municipal de Almada, supported by the study of ceramic objects and the presence of coins [1-3].

Special attention is given to personal adornments since these objects are not often part of archaeometric studies and there are few publications to compare the results. The idea is to start building a basis for further research on this type of object, its origin and its connection to their tradition. In the analysis of the bracelets, it must be borne in mind that the choice of raw materials may be dictated by the fact that their production does not require processing at such high temperatures, unlike blown objects [19].

To avoid erroneous results by analysing and quantifying corrosion layers instead of the uncorroded bulk glass, it was decided to sample all selected objects. Small glass samples of 2-4 mm² were dry cut from the selected glass fragments with a diamond wire. Samples were embedded in an epoxy resin and polished with SiC sandpapers down to 4000 mesh. This sampling procedure was performed only in broken objects and on individual fragments without possible connections. The analyses are carried out in collaboration with the Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa (C2TN-IST/UL) using an Oxford Microbeams OM150 type scanning nuclear microprobe setup, with the in vacuum configuration which allows increased sensitivity in the detection of light elements. The samples were irradiated with a in vacuum to detect efficiently lighter elements such as Na, with low-energy X-rays first -1 MeV proton beam for the detection of lighter elements as silicon and alumina. For the quantification of elements with a higher atomic number, such as lead, a higher energy was used, a 2 MeV proton beam.

The results were manipulated using GUPIX program to obtain oxides concentrations and, to help validate the results a glass reference standard, Corning B, was also analysed. The results are expressed in weight percentage of oxides and were normalised to 100 % (Table 2).

Results and discussion

According to the results of the μ -PIXE analysis presented in Table 2 all fragments can be classified as soda-lime-silica glass. The main component, silica, has a concentration ranging between 54.2 and 68.2 wt%, Na_2O varies between 14.9 wt% and 21.4 wt% and CaO varies between 2.4 wt% and 9.6 wt%. The use of halophytic coastal plant ash (*Halogeton sativus* or *Salsola kali*) as flux agents is suggested by the amount of MgO and K_2O above 2 wt%, and the presence of chlorine close to 1 wt% [35]. Throughout the Roman Empire, the most common alkali source used by glassmakers added to lower the melting temperature of silica (1700 °C) was the soda contained in natron blocks from Egypt. Due to supply issues around the ninth century, glass production in the Islamic Near East began to replace natron with soda obtained from alternative sources, such as the ashes of coastal halophytic plants, which grow in saline deserts, marshes, and along seashores [36].

Table 2. Composition of the analysed samples determined by μ -PIXE, in weight percent of oxides.

Sample	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	CoO	CuO	PbO
ARJ0015	21.3	4.6	8.2	55.4	0.48	0.12	1.04	2.61	3.43	0.09	0.33	0.53	< DL*	0.01	0.01
ARJ0039	17.9	3.5	5.7	58.6	0.52	0.16	0.97	2.96	7.00	0.33	0.57	1.07	< DL	0.01	< DL
ARLC0005	16.3	3.6	2.8	67.1	0.26	0.06	0.98	1.54	4.42	0.07	0.94	0.76	< DL	< DL	< DL
ARLC0011	16.8	3.9	3.0	66.5	0.27	0.10	1.09	1.71	4.78	0.08	0.81	0.65	< DL	0.01	< DL
APPC0003	18.6	2.3	3.7	63.1	0.62	0.10	1.30	3.40	4.50	0.12	0.79	0.69	0.01	0.01	< DL
ARLC0006	16.6	3.4	4.4	59.5	0.21	0.18	0.83	5.73	6.34	0.17	0.48	0.67	0.01	0.01	0.10
APPC0005	20.5	4.7	2.7	64.4	0.40	0.10	1.25	1.83	2.45	0.21	0.12	0.56	< DL	0.01	< DL
APPC0001	19.7	3.7	4.7	62.3	0.40	0.12	1.10	2.42	2.83	0.27	0.67	0.94	< DL	0.01	< DL
ARLC0001	17.2	3.7	2.9	65.0	0.28	0.09	1.03	1.79	4.90	0.08	1.09	0.80	< DL	0.05	0.05
ARJ0501	16.3	3.1	4.4	57.7	0.29	0.17	0.79	5.47	8.77	0.17	0.54	0.83	< DL	0.01	< DL
ARJ0058	17.3	3.4	2.6	67.1	0.37	0.08	1.07	1.94	4.38	0.05	0.67	0.29	< DL	< DL	0.01
ARJ0176	18.5	4.7	4.1	62.4	0.67	0.06	1.00	2.43	3.76	0.12	0.63	1.10	0.01	0.01	< DL
ARJ0138	15.5	3.3	4.1	59.7	0.31	0.15	0.72	4.40	9.11	0.11	0.31	0.60	0.01	0.01	0.02
ARLC0017	16.9	3.5	4.5	59.8	0.26	0.16	0.86	5.59	6.30	0.17	0.47	0.66	0.01	0.01	0.10
ARJ0099	17.3	2.4	3.5	64.4	0.44	< DL	1.03	3.61	4.16	0.42	0.29	1.48	< DL	0.21	< DL
ARJ0452 (core)	18.2	2.3	3.5	64.7	0.53	0.07	1.12	3.29	4.03	0.42	0.29	1.00	< DL	0.01	< DL
ARJ0452 (decoration)	16.8	2.2	3.4	65.1	0.48	< DL	1.18	3.47	4.21	0.44	0.30	1.37	0.25	0.26	< DL
ARJ0453	18.8	2.4	4.1	59.4	0.71	0.11	1.11	3.60	5.35	0.58	0.18	1.53	< DL	2.53	< DL
ARJ0001	14.9	3.1	2.9	64.0	0.57	0.18	0.92	2.90	8.07	0.15	0.52	0.92	< DL	0.01	< DL
ARJ0410	15.2	3.1	2.9	64.3	0.54	0.12	0.87	2.85	7.69	0.37	1.07	2.25	0.01	0.01	< DL
ARJ0051	21.1	5.6	2.5	60.7	0.25	< DL	1.13	1.60	5.29	0.06	0.65	0.47	< DL	0.01	< DL
ARJ0450	15.0	3.2	3.6	59.1	0.24	0.15	0.70	6.43	9.61	0.19	0.47	0.59	0.01	0.01	< DL
ARJ0022	21.1	4.8	4.7	58.3	0.68	0.10	1.14	2.73	3.96	0.18	0.44	1.48	0.01	0.01	< DL
ARJ0027	18.0	3.2	4.5	62.5	0.48	0.08	1.09	2.71	4.19	0.45	0.43	1.66	< DL	0.01	< DL
ARJ0054	17.1	4.5	2.3	68.2	0.29	0.08	0.99	1.36	3.32	0.10	0.32	0.79	< DL	0.01	0.02
ARJ0251	15.3	3.1	5.7	57.8	0.23	0.11	0.71	6.29	7.63	0.25	0.95	1.27	0.02	0.05	< DL
ARJ0029 (bracelet)	18.4	4.6	6.8	54.9	0.29	0.38	0.47	3.10	8.72	0.25	0.04	1.36	< DL	< DL	< DL
ARLC0012 (bracelet)	19.1	3.3	5.8	57.3	0.65	0.70	1.19	2.26	5.97	0.28	0.07	2.42	< DL	0.03	< DL
ARLC0018 (bracelet)	15.7	3.4	3.6	64.1	0.60	0.15	0.88	2.71	6.28	0.10	0.34	0.94	0.08	0.05	0.11
ARJ0572 (bracelet)	20.4	4.3	3.2	59.8	0.55	0.15	0.90	2.90	4.03	0.17	1.38	0.82	0.01	0.05	< DL
ARJ0574 (bracelet)	19.8	6.0	7.0	54.2	0.31	0.42	0.42	3.38	6.34	0.19	0.05	1.04	0.01	0.01	< DL
ARJ0573 (bracelet)	16.5	4.2	6.8	57.1	0.36	0.52	0.52	2.95	8.71	0.24	0.03	0.90	< DL	< DL	< DL
ARJ0571 (ring)	18.5	4.0	9.3	52.6	0.62	0.69	1.01	2.53	5.06	0.66	0.01	3.73	< DL	0.01	0.10
ARLC006	16.6	3.4	4.4	59.5	0.25	0.18	0.81	5.72	6.34	0.17	0.48	0.67	0.01	0.01	0.10
APPC005	20.5	4.7	2.7	64.4	0.40	0.10	1.24	1.82	2.45	0.21	0.11	0.56	< DL	0.01	< DL
ARJ0172	16.6	2.8	5.0	61.1	0.50	0.09	0.97	2.94	7.27	0.15	0.66	0.97	0.01	0.01	< DL
ARJ0156	21.4	4.4	4.9	60.3	0.33	< DL	1.22	2.12	2.81	0.16	0.77	0.74	< DL	< DL	< DL
ARJ0089	16.3	4.0	3.1	66.8	0.27	0.07	0.91	1.68	4.39	0.07	0.78	0.66	0.01	0.01	< DL
ARJ0077	16.1	3.9	3.0	67.2	0.30	0.07	0.91	1.73	4.43	0.07	0.83	0.61	0.01	0.01	< DL
ARJ0175	19.3	4.4	2.5	65.4	0.44	0.08	1.15	1.67	3.22	0.10	0.19	0.66	0.01	0.01	< DL
CMOG B	16.5	0.99	4.2	62.6	0.71	0.59	0.16	1.01	8.40	0.11	0.25	0.35	0.04	2.89	0.51
Reference [37]	17.0	1.03	4.36	62.3	0.82	0.49	0.16	1.00	8.56	0.09	0.25	0.34	0.04	2.66	0.61
St. D.	0.3	0.09	0.1	0.2	0.01	0.04	0.03	0.01	0.1	0.01	0.004	0.006	0.005	0.07	0.01

*DL = Detection Limit

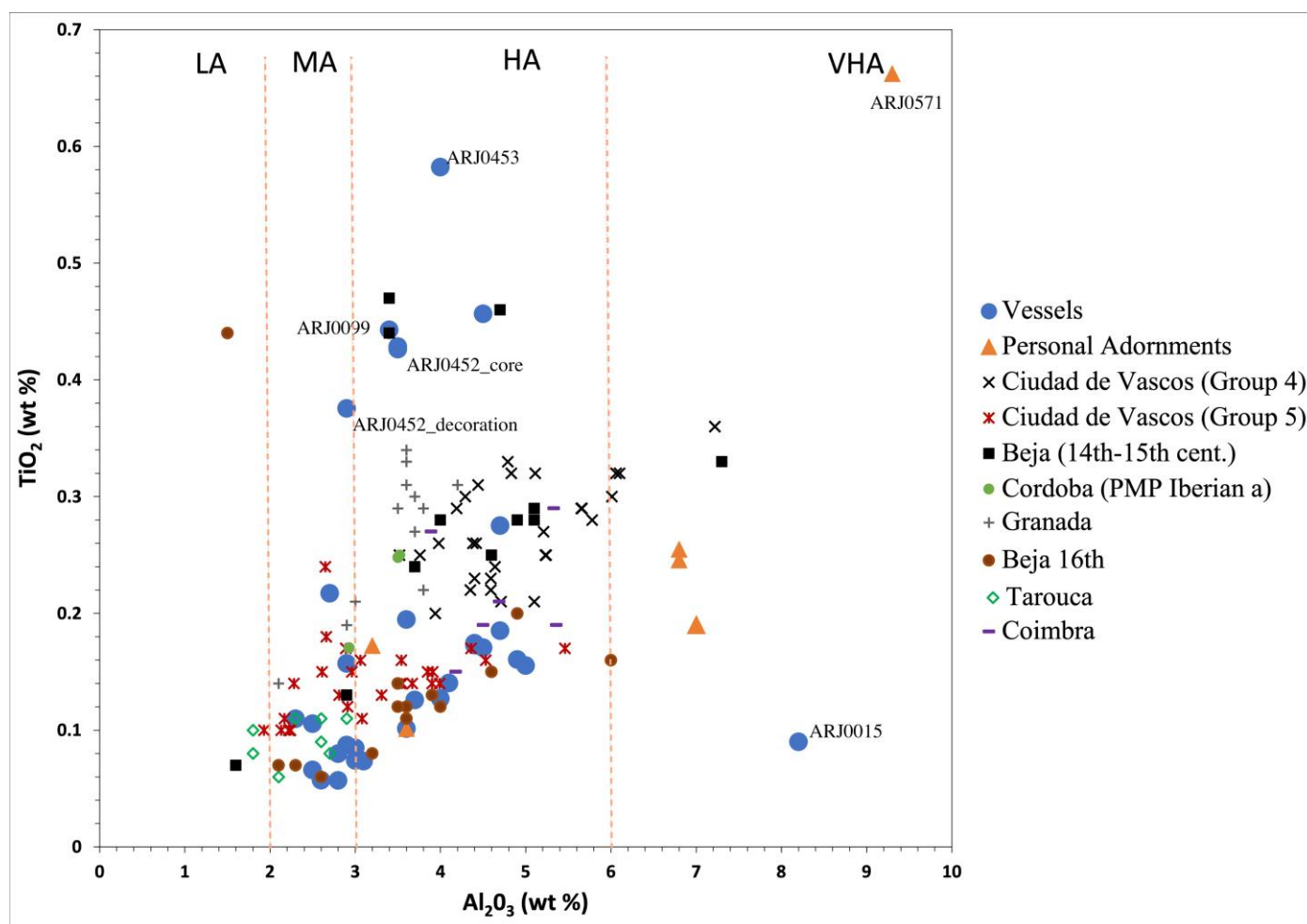


Figure 5. Binary plot of alumina vs. titanium oxide. The division based on alumina levels is proposed by Lima et al. [16]. The plot reports values from glass fragments from coeval archaeological excavations in the Iberian Peninsula: Ciudad de Vascos (Groups 4 and 5) [38], Córdoba (Iberian a) [39], Granada [40]; Beja dated to the 14th/15th century [15] and 16th century [17], and Coimbra [16].

Silica is the main component of glass, the so-called vitrifying agent. When added to the batch, silica unintentionally brings contaminant compounds in small amounts, such as alumina or titanium and iron oxides. Their presence in the sand silica source depends on the nature of the local geological setting, giving information to discuss the possible origin of the raw materials involved in the glass production [41–42]. Taking this in consideration, the contents of alumina and titanium oxide of the fragments under study were plotted (Figure 5).

Most of the samples have a TiO_2 concentration below 0.35 wt% and fall into the categories identified as Medium and High Alumina (MA: 2–3 wt%, HA: 3–6 wt%).

Comparing the levels of titania and alumina with available literature data on glass objects in the Iberian Peninsula (Figure 5), similarities can be observed with Islamic plant ash glass fragments in al-Andalus from Ciudad de Vascos [38] and Córdoba [39], dated between the tenth and the twelfth century. In these studies, the fragments with higher concentrations of alumina are proposed to be produced with local raw materials [38–39]. Furthermore, for the fragments with high alumina levels, correspondence is recorded in coeval glass objects (fourteenth–fifteenth century) unearthed in Beja, in the south of Portugal [14]. On the other hand, no parallels are found with the production remains and objects dated between the sixteenth and seventeenth centuries from *Calle Horno del Vidrio*, Granada [40]. Outside the Iberian Peninsula, similar concentrations of alumina are also found in studies of objects dated between the thirteenth and the sixteenth centuries from Italy, in Liguria [43] and Tuscany [44].

Considering the impurities present in the silica sources, iron-alumina-titania, the group that falls into the MA boundaries finds affinity with the cluster identified as “low-lead” by Duckworth 2016. No relationship can be advanced due to the absence of lead found in the

objects examined [45]. Fragments with MA have iron concentrations below 1 wt%, indicating the use of high-purity feldspathic silica sources, suggesting an attempt to produce high-quality items using local sources. Similar values, for both group MA and HA, in terms of silica sources emerge in comparison with compositions of *façon de Venice* objects between the sixteenth and the seventeenth century from Coimbra, Tarouca and Beja, for which a common origin from a hitherto unknown location has been proposed, not excluding they could be part of a local Portuguese production [16-17].

A group of fragments with high titania (> 0.40 wt%) and alumina (3.4-4.4 wt%) stands out. For the goblets with applied blue thread decoration (ARJ0099, ARJ452), a possible provenance from Altare or Monte Lecco has been proposed for stylistic reasons, however, the comparison with the chemical composition from these locations could not confirm the hypothesis [43, 46]. Looking at the chemical compositions of ARJ0452 and ARJ0099, one can note that they are almost identical, suggesting that the two objects were highly likely produced in the same workshop. It cannot be ruled out that the same recipe and raw materials were used, probably from the same batch. Furthermore, their silica source composition corresponds to a colourless beaker with blue decoration, unearthed in Beja [14] suggesting the hypothesis of a common origin. ARJ0453 differs from ARJ0099, and ARJ452 by higher TiO_2 concentration (0.58 wt%), leading to the proposal that it was produced with a different silica source. Four of the six fragments related to personal adornment fall in very high alumina (> 6 wt%), implying the use of a silica source richer in impurities, probably from sands richer in feldspar. The ring ARJ0571 stands out for the very high levels of alumina (9.3 wt%), titanium (0.66 wt%), and iron (3.79 wt%).

The only vessel that falls in VHA (Very High Alumina) is ARJ0015, revealing a different source of silica, if compared with the other objects, both personal adornment and vessels.

The presence of magnesium oxide, above 2 wt%, as well as the levels of K_2O (1.36-6.43 wt%), P_2O_5 (0.07-0.68 wt%), and Cl (0.47-1.33 wt%) implies the use of coastal plants from halophytic species as a flux [47]. The type of vegetable ash used in the batch can be discussed by correlating sodium and potassium normalized to the content of all alkaline and alkaline-earth oxides (Figure 6), to identify whether it was purified ($\text{Na}_2\text{O}^* + \text{K}_2\text{O}^* = 0.75$) or used without purification treatments (impure) ($\text{Na}_2\text{O}^* + \text{K}_2\text{O}^* = 0.6$) [48].

Figure 6 shows that most fragments fall in the section that corresponds to the *cristallo* boundaries [48]. It is assumed that purified ashes with characteristics comparable to Levantine ones were used, showing a careful selection of raw materials. All the fragments with a silica source characterised by MA and levels of titania below 0.3 wt% fall in this area, supporting the idea of a careful selection of raw materials for these objects. Part of this group are also the three decorated goblets (ARJ0099, ARJ0453, ARJ0452). A second substantial cluster lies between the two correlation lines, some fragments are close to the boundaries that correspond to *vitrum blanchum I* [48] or *vitrum blanchum II* [47], probably implying the use of less pure ashes or ashes for which the purification process was not completed.

Most of the fragments of personal adornment objects fall close to the area of *Vitrum blanchum I*, and two within the *cristallo* boundaries, which given the silica sources, are the ones falling into the VHA alumina category. This indicates the involvement of two different technologies in the preparation of the alkaline component, corresponding to two distinct silica sources.

Most of the fragments show an unintentional greenish or bluish colouration caused by impurities introduced with the silica source, such as iron [41], the presence of which is higher or close to 1 wt% in several objects. The fragments where Fe_2O_3 content is <1 wt% are colourless. In this latter group, most have alumina levels above 3 wt% and fall in the High Alumina category defined by Lima et al. [16] (Figure 7a). For these objects, the use of silica sources of felspathic origin of high purity, with low iron contents is proposed. This might suggest that they were selected carefully to produce high-quality objects.

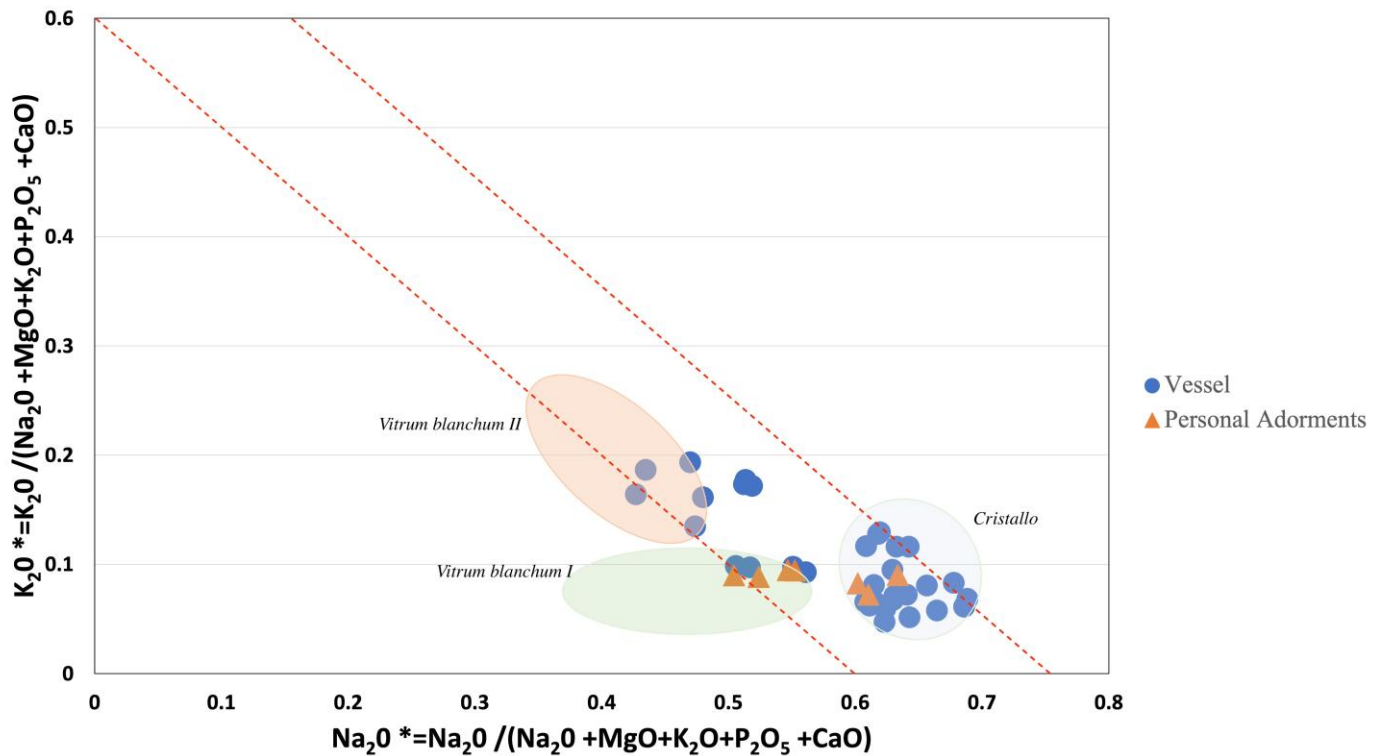


Figure 6. Binary plot of Na_2O^* vs. K_2O^* . Na_2O^* and K_2O^* values are obtained through the division of the respective oxide by every component introduced by the ash (Na_2O , MgO , P_2O_5 , K_2O and CaO). It is possible to observe the Venetian *cristallo* boundaries, as well as the two known *vitrum blanchum* areas [47].

Intentional colouring is recognisable in some objects, such as ARJO410 and ARJO291 with a light green colour due to the co-presence of iron (1.2–2.2 wt%) and cobalt oxides (0.01–0.02 wt%). ARJO453 is distinguished by its deep green colour indicative of an intentional addition of copper (2.53 wt%). As for the blue colouring of the ARJO452 applied decoration, it is due to the addition of cobalt at 0.25 wt%. The decoration and the body glass of ARJO452 have an almost identical composition in terms of silica sources and flux agents, meaning that the same glass was probably used for the body and the decoration.

For fragments with MnO concentrations below 0.5 wt%, it was likely not added intentionally for its colouring or decolourising properties but instead is present naturally in the glass mixture and raw materials used in production. On the other hand, objects with a higher MnO content (between 0.5 and 1.5 wt%) indicate that the final colour of the objects is the result of decolourisation [49]. Fragments ARJO410 and ARJ9251, with MnO concentration around 1 wt%, present a green colouration. The colouring agent of the personal adornments is still under discussion. Considering the fragments with VHA, these all have MnO levels below 0.15 wt%, leading to the exclusion of manganese being the colouring agent. In this group, ARLCO012 and ARJ571 stand out for their high concentration of iron (2.42 wt%, 3.73 wt% respectively), suggesting it was deliberately added to achieve colouration. As for ARJO574 the addition of iron (1.04 wt%) and cobalt (0.01 wt%) oxides is probably responsible for the dark colouring. Considering the fragments that are part of the MA group, it can be observed that different oxides were added as colouring agents: cobalt to ARLCO018 (0.08 wt%) and manganese (1.38 wt%) to ARJO572. These discrepancies reveal that a multiple approach was employed for the choice of raw materials and in the selection of colouring agents.

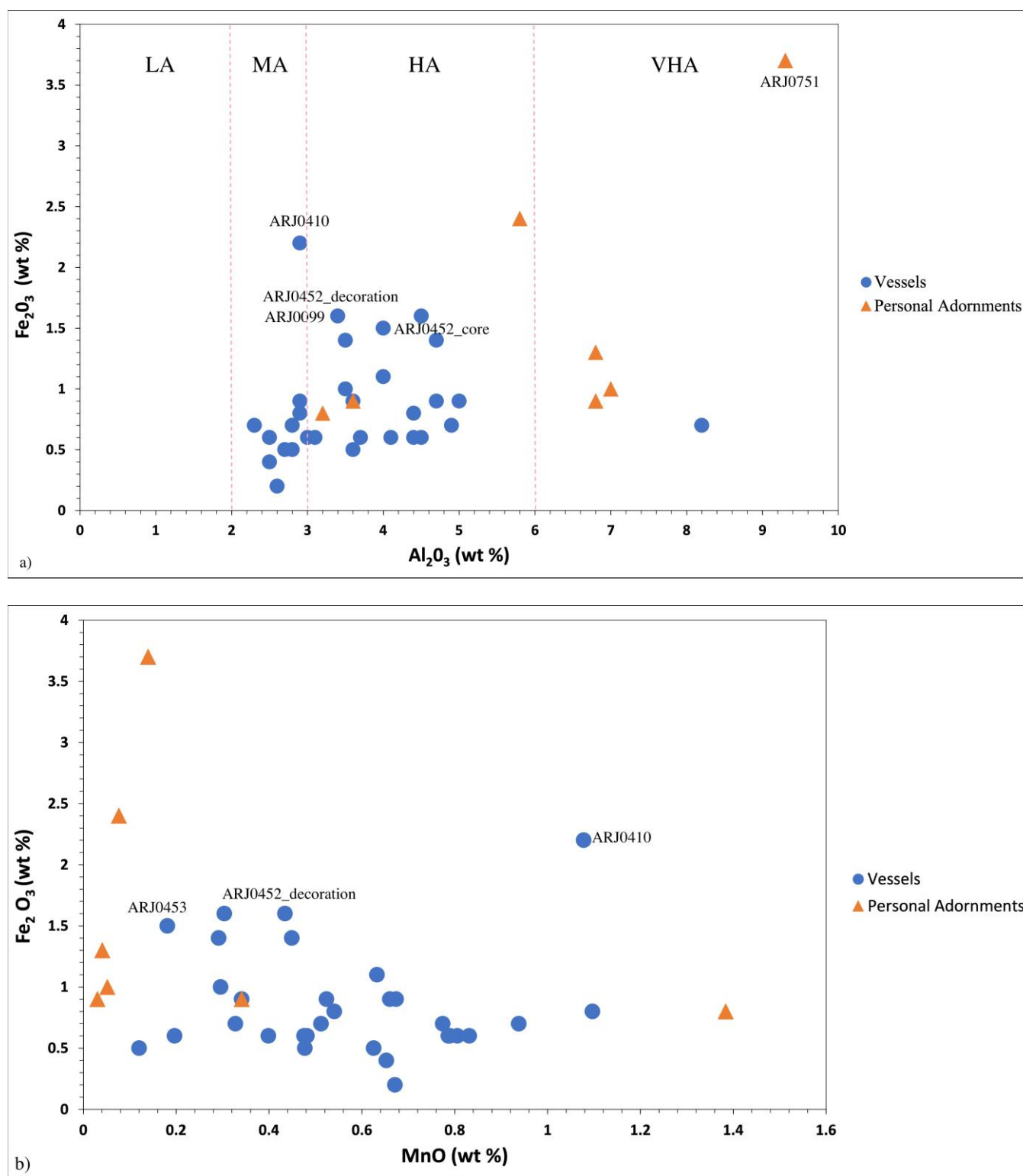


Figure 7. Binary plot of: a) alumina vs. iron oxide; b) manganese oxide vs. iron oxide.

Conclusions

The μ -PIXE analysis of selected fragments from three late medieval archaeological excavations in Almada allowed for the quantification of major and minor elements, which enabled the discussion of the type of glass and the origin of the raw materials involved in the production. The results of this first archaeometric study show that the assemblages are composed of soda-silica-lime glass type, disclosing a link with the Mediterranean production tradition.

For most of the vessels, an initial stylistic investigation identifies a possible common origin due to their quality and simplicity. These are utilitarian objects, mostly related to the consumption of liquids, but also indicate the presence of activities related to medical practices, as in the case of the urinals. The goblets with decoration suggest the presence, in the southern area of Lisbon, of high social classes who could afford to acquire luxury goods. However, based on the currently available evidence, it is not possible to propose definitive hypotheses regarding their origins. The function or cultural significance of the associated bracelets remains undetermined.

Looking at the chemical analysis, some preliminary observations can be advanced on the objects analysed. Most of the fragments show a similar composition in terms of silica source with medium or high alumina concentrations implying the use of a feldspathic silica source and the use, as a flux agent, of purified or pure plant ashes. Considering the studies on Portuguese glass, similar compositions are found with analysis conducted on late medieval glass objects from Beja. Thus, a recurrent pattern can be observed in the composition of glass circulating in Portugal between the fourteenth and sixteenth centuries. These characteristics were also recognized in the analysis of *façon de Venice* glass dated to the seventeenth century, unearthed in different areas of the country.

For the group of fragments related to vessels with medium alumina levels and iron below 1 wt%, the use of purified ashes as a flux agent was detected, suggesting an attempt to produce quality items with the available resources. The group of objects consisting of bracelets and a ring present high or very high levels of alumina. Archaeometric studies on this type of object are very limited and no correlation with materials of Spanish provenance is found at present. However, different colouring technologies and raw materials implied in their production can be distinguished. Concerning the two goblets with blue decoration (ARJ0099 and ARJ0452) it is proposed that they were made in the same workshop. Moreover, as they share the same compositional and stylistic characteristics with a coeval object found in Beja, they may originate from the same location, currently unknown.

Excluding ARJ0099, ARJ0452, ARJ0453 and ARJ0015, for most of the analysed fragments, a common origin in a currently unknown production centre is proposed. The similarity with the chemical composition of other assemblages, coeval and later, from other Portuguese excavations, for which a local origin has been proposed, leads us to propose the same hypothesis for these group of fragments.

This is a preliminary work that aims to contribute to the construction of the history of Portuguese glass in the medieval and late medieval periods. Further studies are certainly needed to have a more exhaustive view of the presence and circulation of glass in the country.

Acknowledgements

The project is granted by Fundação para a Ciência e Tecnologia: UI/BD/151026/2021, (DOI 10.54499/UI/BD/151026/2021), VICARTE R&DU funding UIDP/00729/2020 and UIDB/00729/2020) and C2TN funding UIDB/04349/2020.

REFERENCES

1. António, T.; Henriques, F.; Rosa, S., *Relatório dos trabalhos arqueológicos no Pátio Prior do Crato*, Serviços Municipais de Educação, Cultura, Desporto e Juventude Direção Municipal de Desenvolvimento Social Integrado – Departamento de Cultura Divisão de Museus e Património Cultural, Almada (2016).
2. António, T.; Rosa, S., *A escavação arqueológica na Rua Latino Coelho 2-8/Calçada da Cerca, 14*, Serviços Municipais de Educação, Cultura, Desporto e Juventude Direção Municipal de Desenvolvimento Social Integrado – Departamento de Cultura Divisão de Museus e Património Cultural Almada (2020).
3. Barros, L.; Henriques F., 'Rua da Judiaria: um celeiro nos arrabaldes da vila. cerâmica medieval e pós-medieval: métodos e resultados para o seu estudo', in *Actas das 3.ªs Jornadas de Cerâmica Medieval e Pós-Medieval*, Câmara Municipal, Tondela (2003) 135-144.
4. Medici, T., 'The glass finds from Rua da Judiaria, Almada, Portugal (12th-19th century)', *Revista Portuguesa de Arqueologia* **8** (2005) 535-570.
5. Custódio, J., *A Real Fábrica de vidros de Coima [1719-1747] e o vidro em Portugal nos séculos XVII e XVIII*, IPPAR, Lisboa (2002).
6. Palma, M.; Rafael, L., 'Vidros, ossos e metais da intervenção arqueológica na Biblioteca Municipal de Mértola (Portugal)', in *V Encontro de arqueologia do Sudoeste peninsular* (2006) 477-496.

7. Rafael, L.; Palma, M., 'Os vidros islâmicos de Mértola (séculos XI-XIII): técnicas decorativas', *Arqueologia Medieval* **11** (2010) 69-77, <http://hdl.handle.net/10400.26/18619>.
8. Gomes Varela, R., 'Islamic glass from Silves' Castle (Portugal)', in *Annales du 19e Congrès international de l'Association pour l'histoire du verre*, ed. I. Lazar, Association pour l'histoire du verre, Piran (2015) 438-445.
9. Alessandrini N., 'Vida, história e negócios dos mercadores italianos no Portugal dos Filipes', in *Portugal na monarquia espanhola-dinâmicas de integração e de conflito*, eds. P. Cardim, L. F. Costa & M. Cunha, CHAM-UNL, Lisboa (2013) 105-132.
10. Marques de Oliveira, A. H., *História de Portugal desde os tempos mais antigos até ao governo do Sr. Marcelo Caetano*, Vol. I, Palas Editores, Lisboa (1975).
11. Whitehouse, D., *Medieval glass for Popes, Princes, and Peasants*, The Corning Museum of Glass, Corning, New York (2010).
12. Medici, T., 'A medieval enameled beaker from Lisbon', *Journal of Glass Studies* **50** (2008) 316-318.
13. Medici, T., 'O espólio vítreo do Núcleo Arqueológico da Rua dos Correeiros, Lisboa', *Revista Portuguesa de Arqueologia* **14** (2011) 313-353, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7297467>.
14. Coutinho, I.; Medici, T.; Coentro, S.; Alves, L. C.; Vilarigues, M., 'First archaeometric study on medieval glass found in Beja (Southern Portugal)', *Journal of Medieval Iberian Studies* **8**(2) (2016) 148-175, <https://doi.org/10.1080/17546559.2016.1205752>.
15. Valente, V., *O vidro em Portugal*, Portucalense Editora, Porto (1950).
16. Lima, A.; Medici, T.; Pires de Matos, A.; Verità, M., 'Chemical analysis of 17th century Millefiori glasses excavated in the Monastery of Sta. Clara-a-Velha, Portugal: Comparison with Venetian and *façon-de-Venise* production', *Journal of Archaeological Science* **39** (2012) 1238-1248, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.01.006>.
17. Coutinho, I.; Medici, T.; Alves, L. C.; Gratuze, B.; Vilarigues, M., 'Provenance studies on *façon-de-Venise* glass excavated in Portugal', *Journal of Archaeological Science: Reports* **7** (2016) 137-448, <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.03.019>.
18. Coutinho, I.; Medici, T.; Gratuze, B.; Ruivo, A.; Dinis, P.; Lima, A.; Vilarigues, M., 'Sand and pebbles: the study of Portuguese raw materials for provenance archaeological glass', *Minerals* **12**(2) (2022) 193, <https://doi.org/10.3390/min12020193>.
19. Duckworth, C. N.; Mattingly, D. J.; Chenery, S.; Smith, V. C., 'End of line? Glass bangles, technology, recycling, and trade in Islamic North Africa', *Journal of Glass Studies* **58** (2016) 135-342.
20. Foy, D.; Sennequier, G. V., *À travers le verre du Moyen Âge à la Renaissance*, Musées et Monuments Départementaux de la Seine Maritime, Rouen (1989).
21. Ferreira, M. A., 'Vidro arqueológico da Casa Gouveia (Évora): do vidro romano ao vidro industrial', *Portugalia, Nova Série* **33** (2012) 33-73.
22. Fossati, S.; Mannoni, T., 'Lo scavo della vetreria medievale di Monte Lecco', *Archeologia Medievale* **II** (1975) 31-99.
23. Balado Pachón, A.; Escribano Velasco, C., 'Brazaletes de vidrio de influencia andalusí procedentes del castillo de Portillo (Valladolid)', in *V Congreso de Arqueología Medieval Española: actas*, Vol. 2, Junta de Castilla y León, Valladolid (2001) 922-930.
24. Malalana Ureña, A., 'Un conjunto de pulseras de vidrio hallado en la excavación del Hospital de San Andrés (Escalona, Toledo)', *Boletín de Arqueología Medieval* **11**, (1997) 293-312.
25. Malalana Ureña, A.; Lora Hernández, O., 'Catálogo de un ajuar de brazaletes de vidrio de época nazarí (siglo XIII) perteneciente a los conjuntos funerarios de la Calle Mendivil (Málaga)', *Revista Portuguesa de Arqueologia* **17**(8) (2014) 245-261, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7299758>.
26. Spaer, M., 'The pre-Islamic glass bracelets of Palestine', *Journal of Glass Studies* **30** (1988) 51-61.
27. Cardozo, M., 'Pulseiras antiga de vidro encontradas em Portugal', *Revista de Guimarães* **71** (1961) 50-63.
28. Dias da Cruz, M., *O vidro romano no noroeste Peninsular. Um olhar a partir de Bracara Augusta*, PhD Dissertation, Department of Archaeology, Instituto de Ciências Sociais, Universidade do Minho, Braga (2009).
29. Ferreira, M. A., 'Vidro da vila romana de Moroços: escasso espólio, muito razoáveis certezas', in *Actas do encontro internacional sobre ciência e novas tecnologias aplicadas à arqueologia na Vila romana do Rabaçal, Penela, Terras De Sicó*, Câmara Municipal, Penela (2011) 170-181.
30. Spaer, M., 'The Islamic glass bracelets of Palestine: preliminary findings', *Journal of Glass Studies* **34** (1992) 44-62.
31. Medici, T., 'Le verre au Portugal au Moyen Âge', in *Le verre du VIIIe au XVIe siècle en Europe occidentale*, eds. I. Pactat & C. Munier, Presses universitaires de Franche-Comté, Besançon (2020) 15-30.
32. Redman, C. L., *Qsar Es-Seghir: an archaeological view of medieval life*, Academic Press, Orlando (1986).
33. Calligaro, T., 'PIXE in the study of archaeological and historical glass', *X-Ray Spectrometry* **37** (2008) 169-177, <https://doi.org/10.1002/xrs.1063>.
34. Vilarigues, M.; Coutinho, I.; Medici, T.; Alves, L. C.; Gratuze, B.; Machado, A., 'From beams to glass: determining compositions to study provenance and production techniques', in *Chemical analysis in cultural heritage*, De Gruyter, Berlin and Boston (2020), <https://doi.org/10.1515/9783110457537-012>.
35. Moretti, C.; Hreglich, S., 'Raw materials, recipes and procedures used for glass making', in *Modern methods for analysing archaeological and historical glass*, Vol. I, ed. K. Jenssens, Wiley, Chichester (2013) 23-47.
36. Shortland, A.; Schachner, L.; Freestone, I.; Tite, M., 'Natron as a flux in the early vitreous materials industry: Sources, beginnings and reasons for decline', *Journal of Archaeological Science* **33** (2006) 521-530, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.09.011>.
37. Adlington, L.W., 'The Corning archaeological reference glasses: new values for "Old" compositions', *Papers from the Institute of Archaeology* **27**(1) (2017) 1-8, <https://doi.org/10.5334/pia-515>.
38. De Juan Ares, J.; Schibille, N., 'Glass import and production in Hispania during the early medieval period: the glass from Ciudad de Vascos (Toledo)', *PLoS One* **12**(7) (2017) e0182129, [10.1371/journal.pone.0182129](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182129).

39. De Juan Ares, J.; Cáceres Gutiérrez, Y.; Moreno Almenara, M.; Schibille, N., 'Composition and origins of decorated glass from Umayyad Cordoba (Spain)', *Heritage Science* **9** (2021) 1-12, <https://doi.org/10.1186/s40494-021-00505-4>.
40. Coutinho, I.; Campaña, I. C.; Alves, L. C.; Medici, T., 'Calle Horno del Vidrio: preliminary study of glass production remains found in Granada, Spain, dated to the 16th and 17th centuries', *Minerals* **11**(7) (2021) 1-20, <https://doi.org/10.3390/min11070688>.
41. Brems, D.; Degryse, P., 'Trace element analysis in provenancing Roman glass-making', *Archaeometry* **56** (2014) 116-136, <https://doi.org/10.1111/arc.12063>.
42. Bamford, C.R., *Colour generation and control in glass*, Elsevier, Amsterdam (1977).
43. Cagno, S.; Brondi Badano, M.; Mathis, F.; Strivay, D.; Janssens, K., 'Study of medieval glass fragments from Savona (Italy) and their relation with the glass produced in Altare', *Journal of Archaeological Science* **39** (2012) 2191-197, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.03.013>.
44. Fenzi, F.; Lerma, S.; Mendera, M.; Messiga, B.; Riccardi, M. P.; Vigato, P. A., 'Medieval glass-making and -working in Tuscany and Liguria (Italy). Towards a standard methodology for the classification of glass-making and glass-working indicators', in *Modern methods for analysing archaeological and historical glass*, Vol. I, ed. K. Janssens, Wiley, Chichester (2013) 473-512.
45. Duckworth, C. N.; de la Lave, R. C.; Faber, E. W.; Edwards, D. J. G.; Henderson, J., 'Electron microprobe analysis of 9th-12th century Islamic glass from Córdoba, Spain', *Archaeometry* **57**(1) (2015) 27-50, <https://doi.org/10.1111/arc.12079>.
46. Basso, E.; Messiga, B.; Riccardi, M. P., 'Stones from medieval glassmaking a suitable waste product for reconstructing an early stage of the melting process in the Mt Lecco glass factory', *Archaeometry* **50**(5) (2008) 822-834, <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2007.00375.x>.
47. Šmit, Ž.; Stamati, F.; Civici, N.; Vevečka-Priftaj, A.; Kos, M.; Jezeršek, D., 'Analysis of Venetian-type glass fragments from the ancient city of Lezha (Albania)', *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* **267**(15) (2009) 2538-2544, <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2009.05.048>.
48. Cagno, S.; Favaretto, L.; Mendera, M.; Izmer, A.; Vanhaecke, F.; Janssens, K., 'Evidence of early medieval soda ash glass in the archaeological site of San Genesio (Tuscany)', *Journal of Archaeological Science* **39**(5) (2012) 1540-1552, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.12.031>.
49. Brill, R. H., 'Some thoughts on the chemistry and technology of Islamic glass', in *Glass of the Sultans*, eds. S. Carboni & D. Whitehouse, The Corning Museum of Glass, New York (2001) 25-45.

RECEIVED: 2023.11.2

REVISED: 2024.11.25

ACCEPTED: 2024.1.22

ONLINE: 2025.04.26



This work is licensed under the Creative Commons

Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

To view a copy of this license, visit

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>.

La policromía y el programa ornamental de la escultura en madera: un método para su estudio

A policromia e o programa ornamental da escultura em madeira: um método para seu estudo

Polychromy and the ornamental program of wooden sculpture: a method for its study

MARÍA JOSÉ GONZÁLEZ
LÓPEZ 

Universidad de Sevilla 1, Facultad
de Bellas Artes, calle Laraña, nº 3,
41003-Sevilla, España

*baglioni@us.es

Resumen

Este artículo presenta un método de estudio propuesto para investigar y documentar la policromía de una escultura de forma integral, lo que lo diferencia de estudios anteriores centrados más en aspectos parciales y específicos de la técnica o de la escultura. Su metodología está diseñada para abordar de manera integral el estudio de los revestimientos policromos lo cual permitirá entender su evolución y su programa ornamental. El método articulado en dos fases: trabajo de campo y análisis en el taller, se complementa con herramientas específicas, las fichas de adquisición y registro de datos, en las que se ha priorizado el componente pedagógico y la facilidad de uso mediante sugerencias incorporadas que funcionan como guía para el compilador. Los resultados obtenidos en el estudio de seis esculturas en el máster de Conservación Restauración de Bienes Culturales impartido en la Universidad de Sevilla respaldan la validez del método y de los instrumentos utilizados.

Resumo

Este artigo apresenta uma proposta de método de estudo para investigar e documentar a policromia de uma escultura de forma abrangente, o que a diferencia de estudos anteriores, mais focados em aspetos parciais e específicos da técnica ou obra. A sua metodologia visa abordar de forma abrangente o estudo dos revestimentos policromados, o que nos permitirá compreender a sua evolução e o seu programa ornamental. O método, articulado em duas fases: trabalho de campo e análise no atelier, é complementado com ferramentas específicas, fichas de aquisição de dados e registo, nas quais a componente pedagógica e a facilidade de utilização foram consideradas prioritárias através de sugestões incorporadas que servem de guia para o compilador. Os resultados obtidos no estudo de seis esculturas no mestrado em Conservação e Restauro de Bens Culturais ministrado na Universidade de Sevilha apoiam a validade do método e dos instrumentos utilizados.

Abstract

This article delineates a proposed methodological framework for the systematic investigation and documentation of sculptural polychromy, distinguishing it from antecedent studies that predominantly concentrated on isolated and specific elements of the technique or sculpture. The methodology is meticulously developed to thoroughly address the examination of polychrome coatings, thereby facilitating an understanding of their evolution and ornamental programme. The method is structured into two phases: fieldwork and workshop analysis, and is augmented with specialized tools, data acquisition, and registration forms, wherein pedagogical elements and usability have been prioritized through the integration of suggestions serving as guidance for compilers. The outcomes derived from the study of six sculptures within the master's programme in Conservation and Restoration of Cultural Assets at the University of Seville substantiate the efficacy of the applied method and instruments.

PALABRAS-CLAVE

Metodología
Policromía
Programa ornamental
Decoración
Escultura en madera

PALAVRAS-CHAVE

Metodologia
Policromia
Programa ornamental
Decoração
Escultura em madeira

KEYWORDS

Methodology
Polychromy
Ornamental programme
Decoration
Wooden sculpture

Introducción

El concepto de policromía hoy día viene asociado al revestimiento que confiere un acabado determinado a una obra tridimensional, ya sea escultura, elementos arquitectónicos u ornamentales. Revestimiento conseguido bien mediante la aplicación del color o el tratamiento de su superficie o bien, desarrollando un programa decorativo específico; en ambos casos, su puesta en obra se lleva a cabo con diferentes técnicas y procesos, algunos de ellos muy complejos bien definidos de antemano [1] que, en algunos casos, como en las encarnaciones [2], pueden implicar a todos los estratos constitutivos, incluido el soporte, o solo a alguno de ellos, como en las vestiduras donde confluyen una mayor diversidad de técnicas y por tanto, afectan a la sucesión y número de estratos constitutivos, ya sean preparatorios o de acabado (color o lámina metalizada).

Su estudio ha contado en las últimas décadas del siglo XX con avances significativos centrados en su evolución, significancia y características que son antecedentes indispensables para su conocimiento, como los efectuados por Echeverría [3-4], Bartolomé [5-6], Gómez [7] o Le Gac [8] entre otros, complementados con otros más actuales y específicos cuyas investigaciones se han centrado en aspectos concretos, como el método de estudio de encarnaciones policromas [2, 9], las técnicas de ornamentación en relieve como el brocado aplicado [10-14] o la pastiglia [15-17], que vienen estudiándose desde finales del siglo pasado con una metodología específica.

No ocurre lo mismo con el estudio del programa ornamental que presenta la decoración de una escultura. En este tema los estudios existentes son bastante más reducidos centrándose únicamente en los motivos decorativos, como los brocados aplicados (ya sean aislados o yuxtapuestos) [18], en menor medida, en los estofados [19] y en las decoraciones de las cajas de los retablos [20].

Estas razones justifican el interés y la oportunidad de este artículo, ya que el estudio de la policromía y del programa ornamental de una escultura realizado con una metodología específica, que puede ser normalizable llegado el caso, no ha sido abordado de forma global hasta el momento.

Consideraciones técnicas en torno a la policromía

Una escultura ejecutada en madera policromada y dorada puede reunir en una misma obra un compendio de técnicas muy diferentes, cada una de ellas, con sus exigencias y particularidades específicas. En su mayoría, presentan áreas de carne, zonas de indumentaria y atributos ejecutados sobre áreas preparatorias, de color o metalizadas que pueden presentar secuencias estratigráficas muy diversas. Es bien conocido que las encarnaciones eran las últimas zonas de la obra que se encarnaban cuando el resto de la policromía estaba ya terminada [2] o que éstas podían presentar una secuencia de estratos determinada en función de la técnica empleada (mate, pulimento o mixta), al igual que las áreas metalizadas diferían en composición y materialidad (aparejos, aislantes, tonalidad, etc.), por citar algunos ejemplos. Podemos acotar que, en líneas de máxima, su estudio se debe realizar contemplando estos arquetipos. En el método que se plantea no solo se analizan, sino que los instrumentos de captación que se han diseñado expresamente para ello, los incluyen y desglosan. De hecho, se considera de la policromía de una escultura no solo los aspectos técnicos; sino también, los procedimentales, la puesta en obra, la evolución polícroma y los elementos y motivos empleados en su composición ornamental con una visión de conjunto, donde cobra importancia extrema, las distintas fases procedimentales necesarias para conseguir el resultado final buscado (Figura 1).



Figura 1. Policromía de la Virgen del retablo de la Capilla del Reservado, Martínez Montañés, Monasterio de San Isidoro del Campo, Santiponce, Sevilla: a) general de la Virgen con el Niño; b-d) detalles del estofado “a pincel” y de los motivos en relieves con incrustación de pedrerías en manto y cenefa.

Conocer la tecnología constructiva de una obra escultórica en madera implica considerar los distintos procedimientos seguidos en su construcción, iniciando este breve recorrido, por las distintas operaciones seguidas en el soporte que van a dejarlo apto para la talla y para su posterior policromado. En ningún caso serán acciones fruto de la casualidad, sino de una meditada decisión del artífice encargado de su realización, desde la elección de la madera, su corte, desbastado, la conformación del soporte (hueco, macizo o mixto), el número y disposición de las piezas constitutivas, los elementos y los sistemas empleados para unirlos, a la técnica empleada en la talla; sin olvidarnos, de las posibles marcas de fábrica, del estudio de las huellas de las herramientas empleadas, o del tratamiento de su superficie, de las cuales dan fe los tratados consultados [21-23] y la bibliografía especializada existente sobre el tema. Pero también tenemos que contemplar los recursos utilizados para obtener los relieves en el proceso de talla o la inserción o la aplicación de elementos como cabujones, pedrerías, inserción de ojos de bola o de tapilla, aplicación de baldeses en las heridas, etc.

Finalizada estas operaciones, el soporte queda dispuesto para recibir los estratos preparatorios o de aparejo, que difieren en secuencia y naturaleza, según la técnica de ejecución y su disposición en la obra, ya que no se apareja de la misma forma, las áreas metalizadas que pueden tener una secuencia tipo constituida por: encolado gesso grosso, gesso fino, bol, lámina metalizada y color, que las áreas de encarnación, que pueden diferir en naturaleza, color y composición según se policrome a pulimento, en mate o mixta, con secuencias de estratos muy complejas: encolado, aparejo magro blanco, aislante, imprimación oleosa coloreada, encarnación [2]. En cualquier caso, hay que considerar el tratamiento de su superficie que, por lo general, se lijaba o pulía para obtener una superficie lo más lisa y libre de imperfecciones posible. Las zonas en relieves en este estrato que, coinciden normalmente con la decoración de las vestiduras, se obtenían con la masa del aparejo con distintos procedimientos técnicos ya sea a mano alzada, por extrusión o mediante molde.

La aplicación de los revestimientos ya sean de color o metalizados se aplicaban sobre las áreas destinadas para ello con procedimientos técnicos muy concretos; los más utilizados eran el dorado o el plateado al agua bruñida su superficie, aunque en ciertas técnicas en relieve como

en los brocados aplicados, se utilizaba el dorado a la sisa. En cuanto a la materialidad del metal, no solo se han empleado el oro o la plata en lámina, también se han encontrado estaño, estaño y oro, doblete de plata y oro, oro en concha y aleaciones doradas o plateadas, entre otros.

Siguiendo la secuencia constructiva en las esculturas en las que sus vestiduras imitaban tejidos, ya fuesen paños o suntuosos brocados con hilos de oro, la decoración y los colores se aplicaban con distintos procedimientos: magros (temples), grasos (óleos) o mixtos y, la composición decorativa, con distintas técnicas: estofados a pincel ejecutados con variados efectos plásticos (tinta plana, degradado, silueteado, sombra proyectada, toques de luz, etc.), esgrafiados con ornato diverso (moteado, zigzag, roleo, rayado, etc.) y punzonado con repujo geométrico o floral; en cualquier caso, para conformar el motivo, su relleno (fondo o elemento), su contorno o, para combinarlos entre ellos para conseguir uno nuevo (Figura 2). Conviviendo estos estofados con áreas monocromas realizadas en un tono plano con o sin imitación de texturas o, con técnicas menos convencionales, como la aventurina.

Ultimadas éstas, era el momento de elaborar la encarnación de rostro, manos y pies. Empleado procedimientos oleosos y técnicas concretas en función del efecto final buscado, pulimento, mate o combinada, empleando recursos plásticos muy específicos en su ejecución, tintas planas, degradados, veladuras, pinceladura crispada, peleteados, rubores, etc. Estas áreas no recibían ningún tipo de barnizado, ya que en las técnicas mates se buscaba este efecto para hacerlas más semejantes a la carne humana y, en las de pulimento, la propia técnica le confería una superficie de satinada a brillante muy particular. La excepción, la constituía la aplicación de un barniz de cáscara de huevo en los ojos, en la técnica en mate [23].

La existencia de un barniz aplicado sobre los restantes revestimientos no se describe en los tratados convencionales, aunque éstos sí se detectan en las esculturas más contemporáneas, sobre todo como protector general o de las áreas doradas. En general, los existentes son fruto de intervenciones de restauración.



Figura 2. Estofados ejecutados con distintos procedimientos y recursos técnicos: a) esgrafiados con motivos en rojo; b) rayado (fondo), punzonado (relleno) y silueteado en los motivos vegetales y rojo; c) punzonado (relleno) y sombra proyectada a pincel (contorno) en los motivos vegetales del manto y punzonado en escama y trazo horizontal en la cenefa; d) pastillaje dorado en los motivos vegetales y florales en manto y cenefa; e) rayado (fondo), punzonado (relleno y contorno) y sombra proyectada a pincel (contorno) en los motivos vegetales; f) esgrafiados con motivos en roleos; g) corladura roja (envés del manto), estofado a pincel sobre dorado y pastilla (coraza); h) puntillas de encaje a pincel y aplicada.

Metodología de estudio

El objetivo del método propuesto es conocer de forma global la policromía que presenta una obra escultórica en madera. Incluye conocer de un lado la tecnología y la praxis operativa empleada en su ejecución y de otro, el estudio y evolución de las encarnaciones y del programa ornamental que presenta su decoración. Entendemos como programa ornamental el repertorio de motivos y de elementos dispuestos en áreas específicas de la escultura según una secuencia premeditada y ordenada, normalmente repetitiva y, siempre, adaptándose a un determinado espacio y volumen que, en conjunto, constituyen los rasgos identificativos de su ornamentación. Concebido de esta forma, su estudio va más allá de la mera identificación y registro de forma individualizada y descontextualizada de cada uno de los motivos presente (rasgos característicos), puesto que el objetivo es conocer, registrar y documentar la composición ornamental diseñada expreso para una escultura o, conjunto de ellas.

El método propuesto se adapta tanto el estudio directo de la obra (acceso pleno *in situ* o en taller), como al indirecto (acceso parcial *in situ*); aunque evidentemente, sea más conveniente el primero de ellos porque los resultados obtenidos son más fidedignos y permite hacer comparaciones con obras similares. Si la obra presenta un buen estado conservativo conviene realizarlo en fase de diagnóstico; en caso contrario, tras los tratamientos curativos (fijación – consolidación); en cualquier caso, es conveniente efectuarlo antes de que la obra sea estucada para evitar distorsiones indeseadas.

Fases

El método propuesto se articula en dos fases complementarias entre sí.

Primera fase

Adquisición, registro y documentación de datos (*in situ*-taller): comprende el estudio de la policromía empleando para ello los medios técnicos habituales cuando se realiza un examen técnico y conservativo de un bien escultórico; cumplimentando en este caso la ficha nº 1 que contempla la mayoría de los procedimientos y técnicas que podemos encontrarnos, a la vez que permite examinar la obra por parte de los especialistas implicados con un lenguaje común. Del mismo modo que consiente recopilar, registrar y documentar aquellos datos procedimentales y técnicos utilizados en su ejecución; en ambos casos, de forma sistemática y ordenada.

Segunda fase

Estudio, procesado, valoración e interpretación de datos y obtención de resultados. Implica el análisis, procesado de datos y su posterior evaluación cumplimentando para ello la ficha nº 2, en la que se exponen los resultados obtenidos en cada una de las partes constitutivas de la policromía, ya sea en la encarnación, en la decoración (metalizada o no), como en el estudio de su evolución (estudio de correspondencia) y del programa decorativo empleado en su ornamentación.

Instrumentos de adquisición y gestión de datos

El desarrollo del método expuesto se lleva a cabo cumplimentando sendas fichas que se corresponden con cada una de las fases indicadas.

Ficha nº 1 - Adquisición y registro de datos

Los datos observados se registran en esta ficha que, gracias al diseño conferido, permite una fácil y rápida cumplimentación en el lugar de trabajo ya sea *in situ*, como *ex situ* y, sobre todo, consiente interactuar entre los componentes del equipo a partir de un lenguaje común, a la vez que se normaliza el registro y la documentación de los datos representativos de la obra en examen.

Diseñada a modo de formulario con un listado de opciones posibles, cada una de ellas precedida por una casilla o *checkbox*, a la que sigue un campo de texto en el que se sugiere, entre paréntesis y en color gris, los aspectos a considerar en cada uno de ellos. De forma que, al marcar y rellenar los ítems afines a la obra, apreciamos de un vistazo los aspectos de interés, a la vez que facilita la toma de datos de forma homogénea por su/s compilador/res, recopilando de forma ordenada, aquellos ítems necesarios para conocer su tecnología, praxis operativa, evolución y el programa seguido en el diseño de su ornamentación. Por último, hay que indicar que, en cada epígrafe en color azul, se indica la documentación a incluir en cada uno de los apartados o subapartados en los que se estructura. Termina cada uno de ellos con una sección donde podemos indicar las observaciones y exponer los resultados preliminares.

La información queda organizada en una estructura secuencial que permite recopilar desde aspectos generales de la obra, hasta aquellos muy concretos de cada una de sus partes constitutivas; así como, del método empleado en su estudio:

- Parte I: Datos identificativos de la obra
- Parte II: Metodología de estudio
- Parte III: Datos técnicos del soporte
- Parte IV: Datos técnicos de la policromía
- Parte V: Estudio de la secuencia policroma (subfichas 1 a 3) y del programa ornamental (subficha 4)
- Parte VI: Datos del/los compilador/res de la ficha

PRIMERA. FASE ADQUISICIÓN Y REGISTRO DE DATOS

PARTE I: DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA OBRA

Nº DE REFERENCIA /REGISTRO: (aportado por el especialista o institución, y/o dado en clase)
 INMUEBLE: (denominación y dirección postal, teléfono, localización del bien en el inmueble, etc.)
 PROPIETARIO/DEMANDANTE: (nombre, apellidos, teléfono de contacto, email, etc.)
 TÍTULO-DENOMINACIÓN DEL BIEN:
 AUTOR:
 CRONOLOGÍA:
 ESCUELA:
 TÉCNICA:
 DIMENSIONES: (altura x anchura x profundidad, en cm)
 MARCAS E INSCRIPCIONES: (indicar y documentar: marcas, inscripciones, firmas, etiquetas, sellos, etc.)
 PROYECTO: (denominación y responsable/s, si lo hubiere)

FOTO DEL INMUEBLE, CAPILLA, ALTAR, ETC.
 FOTO GENERAL DE LA OBRA (ANVERSO, REVERSO, PERFILES, BASE)

2. DATOS DE LA UBICACIÓN DE LA OBRA EN CURSO DE ESTUDIO/TRATAMIENTO: (marcar con un X lo que proceda)

☐ In situ: (indicar lugar de procedencia: iglesia, capilla, retablo, etc.). ☐ Ex situ: (indicar taller, aula, otros, ...)

FOTO GENERAL DE LA OBRA EN SU AMBIENTACIÓN DE ORIGEN/ACTUAL

PARTE II. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

METODOLOGÍA DE ESTUDIO EMPLEADA/PROPUESTA: (marcar con una X lo que proceda. Describir brevemente el método empleado para estudiar y documentar la obra con indicación expresa de las características técnicas de los medios utilizados (marca, modelo, software, etc.).
 IMPORTANTE: Indicar en el campo OBSERVACIONES Y RESULTADOS de cada técnica de análisis:
 - Cuando se hayan realizado: Principales resultados, datos de la persona que lo/s ha/n efectuado/s y fecha.
 - Cuando se propongan: indicar los motivos que justifiquen su realización.

1. TÉCNICAS DIAGNÓSTICO EN EL CAMPO VISIBLE. EXAMEN VISUAL

☐ Directo (estudio de la obra in situ o en taller con accesibilidad completa)
☐ Indirecto (estudio de la obra in situ o en taller con accesibilidad parcial)
 Iluminación frontal/través: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 Iluminación rasante: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 Observación con instrumentos de aumento: ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 Estudio de correspondencia de capas policromas: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 Estudio de motivos policromos: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 Colorimetría: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 Otras: ☐ Realizado. ☐ Propuesto (indicar)

DOCUMENTACIÓN FOTOGRAFICA, GRÁFICA, CIENTÍFICA (GENERAL Y/O DETALLES)

OBSERVACIONES:
 RESULTADOS O JUSTIFICACIÓN:

2. TÉCNICAS DIAGNÓSTICO POR LA IMAGEN EN EL CAMPO INVISIBLE

Examen radiográfico: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 Tomografía computacional (TC o TAC): ☐ Realizado. ☐ Propuesto

Examen con radiación no visible:

UV: ☐ Realizado. ☐ Propuesto. IR: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 Otras: ☐ Realizado. ☐ Propuesto (indicar)

DOCUMENTACIÓN FOTOGRAFICA, GRÁFICA, CIENTÍFICA (GENERAL Y/O DETALLES)

OBSERVACIONES:
 RESULTADOS O JUSTIFICACIÓN:

3. TÉCNICAS DE DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRAFICA

Documentación fotográfica: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 • UV: ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 • IR: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 • Iluminación normal: ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 • Iluminación rasante: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 • Macrofotografía: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 • Microfotografía: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 Documentación gráfica/infográfica: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 • Mapas de daños: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 • Infografías: ☐ Realizado. ☐ Propuesto
 Otras: ☐ Realizado. ☐ Propuesto (indicar)

DOCUMENTACIÓN FOTOGRAFICA, GRÁFICA, CIENTÍFICA (GENERAL Y/O DETALLES)

OBSERVACIONES:
 RESULTADOS O JUSTIFICACIÓN:

4. TÉCNICAS DE ANÁLISIS MICROSCÓPICAS

Toma de muestra: ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 Estratigrafías: ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 Técnicas de análisis: ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 • Microscopía óptica: ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 • Microscopía electrónica (SEM), (SEM-EDX): ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 • Microanálisis químico: ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 Otras: ☐ Realizado. ☐ Propuesto (indicar)

DOCUMENTACIÓN FOTOGRAFICA, GRÁFICA, CIENTÍFICA (GENERAL Y/O DETALLES)

OBSERVACIONES:
 RESULTADOS O JUSTIFICACIÓN:

5. TÉCNICAS DE ANÁLISIS INSTRUMENTALES

Cromatografía: ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 Difracción de RX: ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 Espectrometría de absorción atómica: ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 Espectrometría de masas: ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 Espectrometría Raman: ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 Espectroscopía IR por transformada de Fourier (FTIR): ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 Fluorescencia no dispersiva de RX (EDXRF): ☐ Realizado. ☐ Propuesto.
 Otras: ☐ Realizado. ☐ Propuesto (indicar)

DOCUMENTACIÓN FOTOGRAFICA, GRÁFICA, CIENTÍFICA (GENERAL Y/O DETALLES)

OBSERVACIONES:
 RESULTADOS O JUSTIFICACIÓN:

Figura 3. Partes I y II de la Ficha nº 1: Datos identificativos y metodología de estudio.

La primera parte, recoge los datos generales y específicos que permiten identificar la obra. La segunda, plantea la metodología de estudio con la que se ha llevado a cabo la adquisición de datos, indicando de forma fácil qué tipo de estudios se proponen de forma justificada, cuáles se han realizado y los resultados obtenidos (Figura 3).

La tercera, desglosa los principales aspectos técnicos del soporte que evidencian su construcción y, sobre todo, aquellos que pueden incidir en la policromía, ya sea en su puesta en obra, como en el resultado final (Figura 4). La cuarta, incluye todos los aspectos de interés del conjunto policromo de la obra, comenzando por un cuadro resumen que facilita información sobre la policromía que percibimos a simple vista. Seguidamente se pasa analizarla en función de su estructura; encarnación, revestimiento policromo indumentaria y áreas no metalizadas, revestimiento decoraciones metalizadas y en último lugar, el barnizado y protector. En todos ellos, se contemplan los aspectos, materiales, técnicos y su praxis operativa (Figura 4 y Figura 5).

En el caso de que la obra presente policromías subyacentes a la visible y se tenga constancia fidedigna de cada una de ellas y de su correlación, por ser resultado del estudio de la secuencia estratigráfica o del estudio de correspondencia efectuado, se repetiría este epígrafe tantas veces como repolicromías existan, numerándose éstos de forma correlativa.

La quinta parte tiene una finalidad doble, de un lado analizar las policromías existentes y de otro, estudiar el programa ornamental empleado en la composición de su decoración.

Caso que la obra presente varias policromías se debe rellenar el apartado relativo al estudio de correspondencias de capas policromas. Si las circunstancias permiten efectuarlo de forma completa, se debe cumplimentar las subfichas indicadas para registrar la secuencia estratigráfica (subficha nº 1) y elaborar el cuadro de correspondencia (subficha nº 2). Cuando las condiciones no sean las idóneas y en la obra se distingan la presencia de policromías subyacentes en lagunas y desgastes, se puede realizar este estudio de forma parcial, observando y consignando únicamente, la secuencia de estratos visibles a simple vista o con instrumentos de aumentos simples, cumplimentando en este caso, únicamente la primera subficha (Figura 6).

PARTE III: DATOS TÉCNICOS DEL SOPORTE

1. DATOS SOPORTE: (marcar con una X lo que proceda y describir brevemente áreas y partes de la obra)

- ☐ Original:
- ☐ Añadido/s:
- ☐ Mutilado:
- ☐ Transformado:

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA, GRÁFICA, CIENTÍFICA (GENERAL Y/O DETALLES)

1.1. NATURALEZA (describir brevemente)

Tipo de madera: (indicar naturaleza si se conoce, pino, ~~cedro~~, cedro, nogal, ...)

Operaciones previas: (huellas de utillaje, tipo de corte, desbastado, ...)

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA, GRÁFICA, CIENTÍFICA (GENERAL Y/O DETALLES)

1.2. DATOS TÉCNICOS Y SISTEMA CONSTRUCTIVO: (marcar con una X y describir brevemente lo que proceda)

- ☐ Técnicas directa: (indicar, talla, modelado, ensamblaje y mixtas)
- ☐ Técnicas indirecta: (indicar, vaciado o moldeado, saca de puntos o talla asistida, ...)

Número y datos de las piezas: (indicar el número de pieza, sus dimensiones y su localización en la obra)

Sistema constructivo: (indicar los datos observable a simple vista y visibles con la metodología de estudio empleada)

- ☐ Tipo de soporte: (macizo, hueco, mixto, tipo de corte, etc.)
- ☐ Disposición de piezas: (embón, acoplamiento, empalme, etc.)
- ☐ Sistemas de unión de piezas o elementos: (acoplamiento, empalme, ensamblaje, etc.)
- ☐ Elementos de unión: (rótula, galleta cuñas, clavijas o espigas, clavos, tacos, clavos, etc.)
- ☐ Sistema de refuerzo: (travesaños, marco perimetral, etc.)
- ☐ Huellas de utillaje: (vaciado y/o talla -hacha, azuela, gubias, etc.-)
- ☐ Marcas: (sellos, etiquetas, marcas de fábrica, incisiones, etc.)
- ☐ Tratamiento superficial: (lijado, pulido, etc.)

Postizos incorporados durante el proceso de talla o tallados en la madera: (indicar materialidad)

- ☐ Ojos: (esféricos de tapilla, etc.)
- ☐ Boca: (dientes, paladar, otro,)
- ☐ Uñas:
- ☐ Peluca:
- ☐ Telas encoladas:
- ☐ Baldes en sangre y heridas:
- ☐ Otros: (indicar)

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA, GRÁFICA, CIENTÍFICA (GENERAL Y/O DETALLES)

1.3. OBSERVACIONES:

1.4. DESCRIPCIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS:

DOCUMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA (GRÁFICA, FOTOGRÁFICA, ETC. GENERAL Y DETALLES)

PARTE IV. DATOS TÉCNICOS DE LA POLICROMÍA

1. POLICROMÍA VISIBLE

(cumplimentar la tabla: marcar con una X y/o describir brevemente la ubicación (manos, rostro, manto interior, cenefa, etc. Especificar la prioridad de intervención: E = emergencia; U = urgencia; S = sistemática; M = mantenimiento)

	Ubicación	Original	Repolicromía		Repinte	Prioridad			
			Total	Parcial		E	U	S	M
Encarnación									
Áreas metalizadas									
Áreas no metalizadas									

1.1. ENCARNACIÓN

1.1.1. PREPARACIÓN Y APAREJO: (marcar con una X y describir brevemente)

Naturaleza: (indicar eventuales aglutinante y carga o pigmentos)

- ☐ Magra: (carga y aglutinante magro)
- ☐ Grasa: (pigmento y aglutinante oleoso)
- ☐ Mixta:

Composición: (indicar la carga, el/los aglutinante/s y los eventuales pigmentos)

Técnica de ejecución:

- ☐ Encolado: (color, naturaleza y características)
- ☐ Aparejo: (color, nº de estratos, composición, tratamiento superficial: pulido, alisado o lijado en superficie)
- ☐ Imprímación: (color, nº de estratos, composición, tratamiento superficial: pulido, alisado o lijado en superficie)
- ☐ Impermeabilizante: (color, nº de estratos, composición y características)
- ☐ Tratamiento final: (pulido, lijado, etc.)

1.1.2. PROCEDIMIENTO TÉCNICO: (marcar con una X lo que proceda)

Naturaleza y procedimiento técnico: (pigmentos, aglutinante- magro, graso, mixto)

- ☐ Magra: temple: (huevo, cola, goma, etc.)
- ☐ Grasa: óleo (aceite secativo: linaza, nuez, etc.)
- ☐ Mixta: Emulsiones/soluciones (magra o grasa)

Técnica de ejecución: (describir brevemente indicando áreas de la obra)

- ☐ Mate:
- ☐ Pulimento:
- ☐ Mixta: (indicar secuencia)

Gama cromática: (indicar los eventuales pigmentos)

Praxis ejecutiva: (describir brevemente)

- ☐ Ejecución: (bosquejo, tonos bases y acabado)
- ☐ Efectos plásticos: (crispado, veladuras, silueteado, tintas planas, peleteado, rubores, ...)
- ☐ Aplicaciones/inscripciones: (ojos de cristal, dientes, peluca, etc.)
- ☐ Barnizado: (describir si lo hubiere, indicando áreas)

1.1.3 OBSERVACIONES:

1.1.4. DESCRIPCIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS:

DOCUMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA (GRÁFICA, FOTOGRÁFICA, ETC. GENERAL Y DETALLES)

Figura 4. Partes III y IV. de la Ficha nº 1. Relativas al soporte y a la policromía visible. Encarnación.

1.2. REVESTIMIENTO POLÍCROMO INDUMENTARIA Y ÁREAS NO METALIZADAS

1.2.1. PREPARACIÓN Y APAREJO: (marcar con una X y describir brevemente)

Materialidad:

- ☐ Magro: (carga y aglutinante magro -cola animal-). ☐ Grasa: (pigmento y aglutinante oleoso)
☐ Mixta:

Composición: (indicar la carga, el/los aglutinante/s y los eventuales pigmentos)

Técnica de ejecución:

- ☐ Encolado: (color, naturaleza y características)
☐ Aparejo: (color, nº de estratos, composición, tratamiento superficial: pulido, alisado o lijado en superficie)
☐ Imprimitación: (color, nº de estratos, composición, tratamiento superficial: pulido, alisado o lijado en superficie)
☐ Impermeabilizante: (color, nº de estratos, composición y características)
☐ Decoración en relieve:
☐ Con adición/superposición/inserción de materia: (pastillaje, heridas y sangre: cuero, corcho, tela, etc.)
☐ Otra: (indicar)
☐ Tratamiento final: (pulida, lijada, etc.)

1.2.2. PROCEDIMIENTO TÉCNICO: (marcar con una X y describir brevemente indicando el área de la escultura: manto, túnica, cenefa, perizonium, cabello, etc.)

Materialidad y procedimiento técnico:

- ☐ Magro: temple: (huevo, cola, goma, etc.) ☐ Graso: óleo (aceite secativo: linaza, nuez, etc.)
☐ Mixto: Emulsiones/soluciones (magro o graso)

Gama cromática: (indicar los eventuales pigmentos)

Traspaso de la composición/motivo: (especificar áreas)

- ☐ Visible: (indicar, simple -directo, indirecto -inciso, calco, cuadrícula, etc.- o combinado,). ☐ No visible:

Técnica de ejecución de la composición/motivo:

- ☐ Estofado: ☐ Aventurina: ☐ Monotono: (tonos lisos y planos, -color/es y materialidad-)
☐ Mixto: (indicar áreas) ☐ Otra: (indicar)

Praxis ejecutiva:

- ☐ A pincel (monotono-estofado):
☐ Puesta en obra: (color, materialidad, aplicación -bosquejo o base, acabado y tratamiento final-)
☐ Efectos plásticos: (veladuras, silueteado, tintas planas, degradado, ...)
☐ Campo de color, o lámina metalizada: (completo o reserva)
☐ Esgrafiado: (indicar áreas.) ☐ Combinado: (indicar áreas)
☐ Aplicaciones/incrustaciones: (pedrería, gemas, cabujones, ...) ☐ Tratamiento final: (describir)

1.2.3. OBSERVACIONES:

1.2.4. DESCRIPCIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS:

DOCUMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA (GRÁFICA, FOTOGRÁFICA, ETC. GENERAL Y DETALLES)

1.3. REVESTIMIENTO DECORACIONES METALIZADAS

(describir brevemente indicando el área de la escultura: manto, túnica, cenefa, perizonium – anverso, reverso- cabello, etc. Marcar con un X lo que proceda)

1.3.1. PREPARACIÓN Y APAREJO: (marcar con una X y describir brevemente)

Materialidad y procedimiento técnico:

- ☐ Magro: (carga, bol, aglutinante magro -cola animal-). ☐ Graso: (pigmento y aglutinante oleoso)
☐ Mixto:

Composición: (indicar la carga, el/los aglutinante/s y los eventuales pigmentos)

Técnica de ejecución:

- ☐ Encolado: (color, naturaleza y características)
☐ Aparejo: (color, nº de estratos, composición, tratamiento superficial: pulido, alisado o lijado en superficie)
☐ Imprimitación: (color, nº de estratos, composición, tratamiento superficial: pulido, alisado o lijado en superficie)
☐ Impermeabilizante: (color, nº de estratos, composición y características)
☐ Bol: (indicar color)
☐ Con adición/superposición/inserción de materia: (heridas y sangre: cuero, corcho, tela, etc.)
☐ Tratamiento final: (pulida, lijada, etc.)

1.3.2. PROCEDIMIENTO TÉCNICO: (marcar con una X y describir brevemente lo que proceda)

Materialidad

- ☐ Oro de ley. ☐ Aleaciones doradas: ☐ Plata de ley:
☐ Aleaciones plateadas: ☐ Estaño: ☐ Otras aleaciones:
☐ Oro en concha: ☐ Dimensiones hoja si es visible: ☐ Otro: (indicar)

Traspaso del motivo:

- ☐ Visible: (simple -inciso, calco, cuadrícula, estarcido, etc.-, o combinado, indicar áreas) ☐ No visible:

Técnica de ejecución:

- ☐ Al agua: (bruñido, mate, mixto) ☐ A la sisa: (aceites y pigmentos secativos, barniz)
☐ En relieve: (brocado aplicado, ~~press masse~~ patillaje, ...etc. ☐ En concha:
- Praxis ejecutiva:
☐ Mate: (sin bruñir) ☐ Brillo: (pulido o bruñido)
☐ Combinado, mate y brillo (indicar si se realiza con el tratamiento superficial o con incisiones, etc.)
☐ Localización: (completa o en áreas de reserva). ☐ Punzonado: (indicar características y huellas)
☐ Aplicaciones/incrustaciones: (pedrería, gemas, cabujones...) ☐ Corladura: (color, materialidad)
☐ Veladuras: (aceite, barniz coloreado -bronceados-, cola animal) ☐ Matizados: (colas, etc.)
☐ Protectivo: (describir si lo hubiere) ☐ Estofado (véase apartado anterior)

1.3.3. OBSERVACIONES:

1.3.4. DESCRIPCIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS:

DOCUMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA (GRÁFICA, FOTOGRÁFICA, ETC. GENERAL Y DETALLES)

1.4. BARNIZADO O PROTECTIVO. MATERIALIDAD Y PROCEDIMIENTO TÉCNICO

- ☐ Original
☐ Patinado, nuevo barnizado o protectivo:
☐ General ☐ Local

Materialidad:

Tonalidad:

Procedimiento técnico:

Localización:

1.4.1. OBSERVACIONES:

1.4.2. DESCRIPCIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS:

DOCUMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA (GRÁFICA, FOTOGRÁFICA, ETC. GENERAL Y DETALLES)

3. POLICROMÍA N° "X". POLICROMÍA SUBYACENTE A LA POLICROMÍA N° "Y":

(describir lo que proceda siguiendo el esquema de la precedente. Insertar tantas filas como repolicromías parciales o totales tenga, siguiendo el esquema de las precedentes).

Figura 5. Parte IV. de la Ficha nº 1. Relativa a la policromía visible: indumentarias y áreas no metalizadas, decoraciones metalizadas y barnizado.

Si la obra presenta un programa ornamental en su indumentaria, atributos, etc. es conveniente recopilar información del conjunto de motivos presentes de forma ordenada, cumplimentando la subficha nº 4, que analiza las características decorativas y técnicas de cada uno de ellos en relación con el conjunto ornamental. Dada la diversidad de casuística posible, se ha intentado que esta subficha recopile los datos más representativos en relación con su identificación, clasificación, materialidad y técnica. Por último, se deja espacio para insertar la documentación generada o elaborada: fotografía general, detalles significativos, macros que evidencien un rasgo técnico, la huella, etc. Es muy importante que esta ficha incluya los croquis y calcos originales realizados; así como, cuanta documentación se haya generado en esta fase de estudio (Figura 7).

PARTE V. ESTUDIO DE LA SECUENCIA POLICROMA Y DEL PROGRAMA ORNAMENTAL

1. ESTUDIO DE CORRESPONDENCIA

(indicar la/s policromía/s presentes en la obra; si se ha realizado el estudio de correspondencia de capas policromas, adjuntar la documentación generada -ficha/s, cuadro, documentación-; en su defecto, describir las policromías observables y/o presentes en la obra con los datos disponibles tras el estudio).

1.1. METODOLOGÍA: Descripción del método seguido y del equipamiento/instrumental utilizado:

FASE 1: ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO CON LUPA BINOCULAR Y COMPARACIÓN CON LA ESTRATIGRAFÍA DE LA OBRA.

SUBFICHA 1. SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA			
Nº referencia/registro obra:		Área de estudio:	
		Nº de estratigrafía:	
Nº estrato:	Localización, descripción y función de cada uno de los estratos individuados (indicación de policromía/s)	Estratigrafía observable in situ (registrada con acuarela o imagen digital)	Foto general de la obra y detalle del área de estudio. (indicar el punto de estudio)
VALORACIÓN:			

FASE 2: ELABORACIÓN DEL MAPA DE CORRESPONDENCIA E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

SUBFICHA 2: MAPA DE CORRESPONDENCIA						
Nº referencia/registro obra:		Datos obra:				
Estratigrafía nº 1:		Estratigrafía nº 2		Estratigrafía nº 3		Nº policromía o repinte (de inferior a superior)
Ubicación:		Ubicación:		Ubicación:		
TEXTO (nº de estrato y/o que desempeña)	GRÁFICO (gráfico estratigrafía)	Texto	Gráfico	Texto	Gráfico	
1. 2. 3. Etc.						Policromía nº 2
(Insertar tantas filas y columnas como policromías)						Policromía nº X

FASE 3. RECONSTRUCCIÓN DE LA POLICROMÍA (INSERTAR TABLA CON LA RECONSTRUCCIÓN INFOGRÁFICA DE LA/S POLICROMÍAS PRESENTES EN ORDEN ASCENDENTE)

SUBFICHA 3. RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL EVOLUCIÓN POLÍCROMA				
PRIMERA POLICROMÍA	SEGUNDA POLICROMÍA	TERCERA POLICROMÍA	CUARTA POLICROMÍA	X POLICROMÍA
☐ Total ☐ Parcial ☐ Visible	☐ Total ☐ Parcial ☐ Visible	☐ Total ☐ Parcial ☐ Visible	☐ Total ☐ Parcial ☐ Visible	☐ Total ☐ Parcial ☐ Visible
(insertar infografía con la imagen general de la obra con la policromía correspondiente)				

1.2. OBSERVACIONES:

1.3. DESCRIPCIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS:

DOCUMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA GRÁFICA, FOTOGRÁFICA, ETC. GENERAL Y DETALLE

Figura 6. Parte V. de la Ficha nº 1. Se exponen las subfichas 1, 2 y 3 relacionadas con el estudio de correspondencia de capas policromas.

2. PROGRAMA ORNAMENTAL

(insertar una tabla por cada motivo o por cada grupo de motivos presentes en la obra)

2.1. METODOLOGÍA: Descripción del método seguido y del equipamiento/instrumental utilizado

2.2. PROGRAMA ORNAMENTAL: DESARROLLO

FASE I: ESTUDIO TÉCNICO DE LOS MOTIVOS Y HUELLAS

SUBFICHA 4. PROGRAMA ORNAMENTAL ESTUDIO DE LOS MOTIVOS POLICROMOS (MÓDULO, GRUPO, INDIVIDUAL)	
DATOS IDENTIFICATIVOS	DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA (general y detalles)
Nº referencia/registro obra: (aportado.) Código identificativo del motivo: (numerado correlativamente.) Localización en la obra: (indumentaria - cenefa-, atributos, etc.) N.º de Policromía/Repolicromía: (indicar el nº de policromía) Morfología: (figurativo, vegetal, zoomorfo, antropomorfo o geométrico) Relaciones conocidas con otras obras: (indicar obras, documentación y referencias si las hubiere)	
DESCRIPCIÓN	DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA (general y detalles)
☐ Simple (motivo independiente) ☐ Compuesto (conjunto de motivos que conforman un nuevo motivo) ☐ Módulo (parte o conjunto elementos que dispuestos de forma conveniente conforman un motivo diferente)	
TIPOLOGÍA	DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA (general y detalles)
☐ Relieve/aplicado: (indicar áreas, brocado aplicado -aislado, yuxtapuesto-, cenefa, pastillaje, pressmasse, etc.) ☐ Liso (indicar áreas) ☐ Combinado (indicar áreas) ☐ Otro (indicar) Distribución: (aleatoria u ordenada -vertical, horizontal, etc.) Gama cromática: (indicar, el color/res y la ubicación - sobre campo liso, relieve, fondo, sobre línea, etc.) Estado: (repintado, barnizado, repolicromado, permite la reconstrucción, no la permite, etc.)	
TÉCNICA Y MATERIALIDAD	DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA DEL MOTIVO Y HUELLA
Aspectos genéricos: ☐ Tallado, aplicado, a pincel, etc. ☐ Procedimiento/s técnico/s: (temple, óleo, mixto, etc.) ☐ Función: (dibujo, relleno -fondo o motivo-, conformar otro motivo, etc.) Aspectos específicos: ☐ Relieve, Aplicado/Molde: (brocado aplicado, pressmasse-, etc.) ☐ Posición de la placa con el eje de la obra: (vertical, hilera, diagonal, etc.) ☐ Forma de placa: (ovalada, rectangular, cuadrangular, etc.) ☐ Posición del motivo: (derecho, inclinado, volteado, etc.)	

☐ Tipo: (aislado, yuxtapuesto, combinado, módulo, etc.) ☐ Dibujo: (Contorno del motivo, de placa, áreas caladas, etc.) ☐ Dimensiones/diámetro: (alto, ancho, grueso, diámetro en mm) ☐ Rayado: (líneas por cm², altura, grosor (mm) Dirección - horizontal, vertical, diagonal, etc.-, puntos, Relleno de campo - motivo y/o fondo- etc.) ☐ Aplicado sobre: (madera, aparejo, bol, color, etc.) ☐ Adhesivo: (composición, color) ☐ Relleno: (composición, espesor, color, nº de capas, etc.) ☐ Metal base: (estaño, aleación, espesor, color, estado) ☐ Veladura: (composición, color) ☐ Sisa: (composición, color) ☐ Metal decoración: (oro, plata, corlado, veladura, etc.) ☐ Gama cromática: (color/res.) ☐ Resanes originales: (adición de faltantes, etc.)	SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA Y/O ESTRATIGRAFÍA
☐ Liso ☐ Sobre aparejo ☐ Sobre Bol (estratos, composición, color) ☐ Metal decoración (oro, plata, corlado, veladura, etc.) ☐ Traspaso Dibujo: (inciso, estarcido, calco, etc.) ☐ Procedimiento técnico: (temple, óleo, etc.) ☐ Disposición en la obra: (aleatoria, ordenada -vertical, horizontal, diagonal, simétrica, volteada, etc.) ☐ Dimensiones/diámetro: (alto, ancho, grueso, diámetro en mm) ☐ Puesta en obra: (simple /combinada, pintado, punzonado, corlado, etc.) ☐ Gama cromática: (color/res.) ☐ Efectos plásticos color/metal: Técnica y posición ☐ A pincel: (silueteado, tinta plana, degradado, corladura, etc. Posición: contorno, relleno, o fondo) ☐ Esgrafiado: (Grafía -rayado, moteado, punto, etc. dirección -horizontal, vertical, diagonal, etc. Posición: contorno, relleno, o fondo) ☐ Punzonado: (Huella y posición) ☐ Tratamiento superficial: (bruñido, mate-brillo, pulido, etc.) ☐ Otro: (indicar)	

FASE II: CATÁLOGO DE MOTIVOS Y HUELLAS

SUBFICHA 5. PROGRAMA ORNAMENTAL CATÁLOGO DE MOTIVOS Y HUELLAS						
ESULTURA (imagen general)	Nº MOTIVO/HUELLA	DESCRIPCIÓN Y MORFOLOGÍA	TIPOLOGÍA	LOCALIZACIÓN	TÉCNICA	IMAGEN/GRÁFICO

PARTE VI. DATOS DEL/LOS COMPILADOR/RES DE LA FICHA

DATOS IDENTIFICATIVOS DEL/LOS COMPILADOR/RES DE LA FICHA:	
ROLES DE CADA COMPONENTE:	FECHA DE FINALIZACIÓN:
FECHA DE INICIO:	

Figura 7. Parte V. de la Ficha nº 1. Subfichas 4 y 5 del estudio del programa ornamental.

Ficha nº 2 - Estudio, procesado y valoración de datos e interpretación de resultados

Está pensada para elaborarla en el estudio o taller una vez que se dispone de los datos y documentación recogida en la primera fase, comprendiendo su análisis, procesado y obtención de resultados. Está estructurada a modo de informe o memoria final en la que el compilador/res redacta/n e ilustran las conclusiones obtenidas en cada uno de los apartados en los que se estructura.

- Parte I: Datos identificativos de la obra
- Parte II: Metodología de estudio
- Parte III: Policromía. Técnica de ejecución y secuencia policroma (subficha nº 3)
- Parte IV: Policromía. Programa ornamental (subfichas 4 y 5)
- Parte V: Documentación generada
- Parte VI: Bibliografía
- Parte VII: Datos del/los compilador/res de la ficha

Se exponen y redactan los resultados obtenidos en el estudio efectuado en la obra tomando como punto de partida los datos afines a la escultura recopilados en la primera ficha (excluyendo las sugerencias en gris y los campos de textos que no procedan) e ilustrando el texto con la documentación que mejor represente los aspectos considerados.

La primera parte coincide con la ficha nº 1 al indicar los datos identificativos. Con respecto a la segunda, puede no coincidir con la información aportada de este apartado en la primera ficha, si se han efectuado los estudios propuestos indicándose, en estos casos, únicamente los estudios efectuados y sus correspondientes resultados. La tercera parte dedicada al estudio de la policromía se completa con el estudio de correspondencia tras el procesado de datos con la subficha nº 3 (Figura 6) que muestra la evolución de la policromía en aquellos casos en los que

la escultura haya sido repolicromada. El quinto, establece el programa ornamental presente y el catálogo de motivos y huellas encontradas en el desarrollo de su composición ornamental, subficha nº 5 (Figura 7). El sexto apartado recoge de forma ordenada la documentación generada en ambas fases y, por último, el séptimo, incluye la bibliografía de referencia.

Resultados y discusión

Los logros obtenidos se desglosan en relación con el contenido del estudio realizado describiéndose en detalle, cada uno de los momentos considerados significativos del método propuesto.

Estudio de la obra y toma de datos

Se parte del estudio de la obra in situ y, en función de su estado conservativo, de su viabilidad y de los requerimientos técnicos necesarios para efectuar su examen con seguridad y garantías, se prepara el equipamiento y el material de apoyo necesario para ello, ya sea en su lugar habitual como fuera de él. Posteriormente, se procede a observar atentamente la pieza a simple vista y/o con instrumentos de aumentos e iluminación adecuada tanto en el espectro visible, como en el invisible (ultravioleta e infrarrojo) y, también con luz rasante, a fin de localizar las áreas de máximo interés de la policromía para conocer las técnicas empleadas, la secuencia estratigráfica visible, los motivos decorativos presentes o dónde efectuar la toma de muestras.

El momento ideal, es cuando la obra está en proceso de investigación para su intervención ya que se puede acceder a su totalidad ya sea in situ, como ex situ (método directo), cuando esto no sea factible, por sus condiciones conservativas, por motivos de accesibilidad o por la imposibilidad de desplazarla, entre otras causas, podemos plantear su estudio parcial in situ por motivos de mera investigación (método indirecto). Es muy importante en ambos casos, contar con el equipamiento técnico y la infraestructura de apoyo que consienta efectuar el examen y documentar (gráfica, fotográfica y textualmente) los datos significativos con seguridad para la obra y también, para los agentes implicados.

La toma de datos de las áreas establecidas como significativas y su correspondiente registro, en función de si se tratan de áreas de carne o del programa ornamental, se efectúa en ambos casos, siguiendo las directrices de los apartados correspondiente de la ficha nº 1 que, por su diseño y contenido facilita qué datos tomar, cómo se adquieren y cuándo se documentan gráfica y/o fotográficamente.

Estudio de la policromía y su evolución

La captación de datos de la policromía y su evolución se realiza de forma sistemática considerando todos los estratos presentes, desde el tratamiento superficial del soporte, los estratos preparatorios, la aplicación del color, o de láminas metalizadas. En todos los casos analizando las técnicas empleadas en su ejecución y en su puesta en obra. Cuando la obra presenta diferentes policromías, siempre que sea factible y se disponga de los medios adecuados -técnicos y humanos- y del tiempo necesario, es recomendable hacer el estudio de correspondencia y determinar su evolución estableciendo la secuencia de estratos presentes y su correlación con las repolicromía/s existentes (parciales o totales) cumplimentando para ello las subfichas nº 1, 2 y 3. En esta fase, el estudio se realiza con la lupa binocular, que cuenta con la posibilidad de documentar fotográficamente o en video el proceso. Los datos observados se anotan con elementos simples, lápiz, bolígrafo o rotulador y se representan las estratigrafías, el cuadro o su evolución, con acuarelas, procurando reproducir lo más fielmente posible el tono y el matiz de cada uno de los colores representados, lo que facilitará su posterior procesado informático en una fase posterior ya en el estudio y, su contrastación con la secuencia estratigráfica de las muestras analizadas, siguiendo la metodología operativa desarrollada por González-López y García Ramos [24-25] y la específica desglosada en la ficha nº 1 que se resume en la Figura 8.

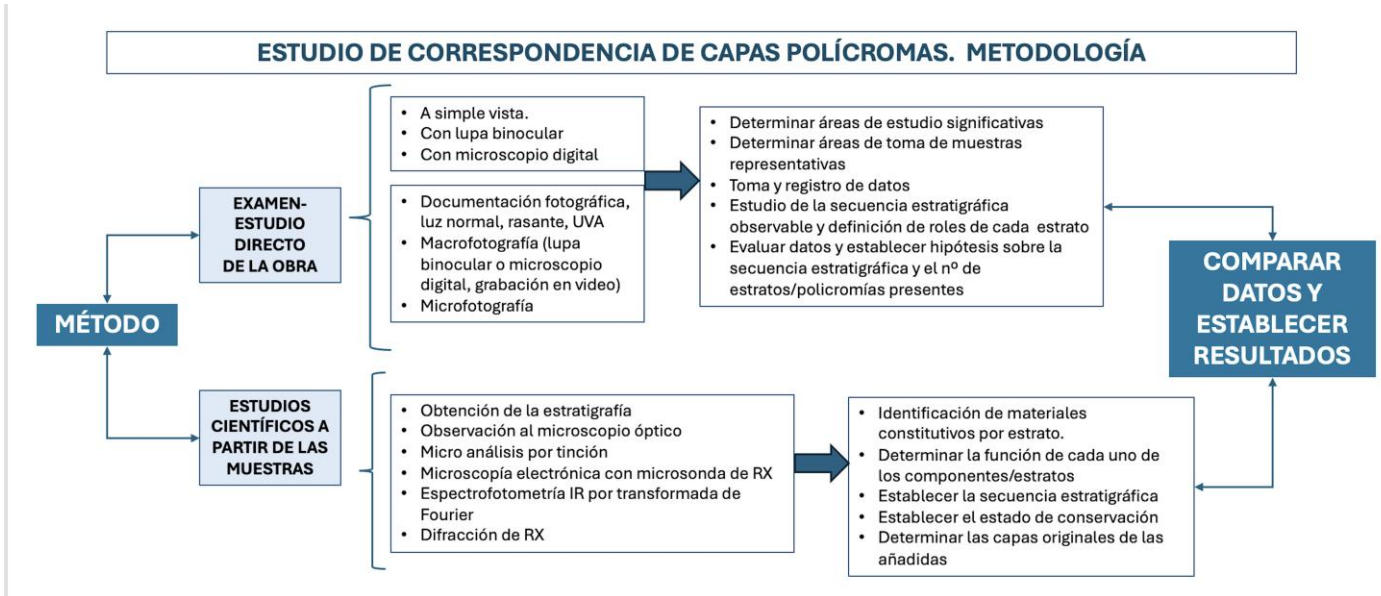


Figura 8. Metodología de estudio de correspondencia de capas policroma. Etapas y procesos.

Estudio del programa ornamental

Este estudio se debe realizar siguiendo una metodología precisa que permita conocer la composición diseñada para la obra, para ello es fundamental entender cómo los diferentes motivos y elementos que la integran se disponen, agrupan y combinan para conseguir la armonía y el equilibrio buscado, fruto de un diseño previo muy meditado por el artista en pro del resultado final a conseguir, en el que juega un papel primordial tanto la elección de los motivos, como de sus características técnicas, plásticas y cromáticas. Nada es fruto de la casualidad y, mucho menos, se deja a la improvisación. Llegar a comprender el programa ornamental en una obra tridimensional en el que los volúmenes, entrantes, salientes y diferentes planos de la escultura deforman sobremanera la composición, no siempre resulta fácil.

En una primera fase se ha de tener muy claro qué datos se toman, cómo se recopilan y documentan (gráfica y fotográficamente) para que los resultados sean significativos, consientan su identificación y clasificación y, permitan, conocer su distribución en la obra y establecer su ornamentación, en este punto sirve de gran ayuda los epígrafes correspondientes a los revestimientos no de carnes de la parte IV de la ficha nº 1, donde se indica de forma pormenorizada qué datos adquirir ya estén relacionados con la decoración y los motivos que la integran en función del estrato donde se manifiestan (revestimiento cromático, metalizado o protectorio), con su materialidad (materia pictórica, metal), con el procedimiento técnico (color – magro, graso, mixto – metal – agua, sisa, relieve o en concha), con el traspaso de la composición (indirecto, directo o mixto), con su gama cromática o con su praxis ejecutiva (mate, brillo, corladura, matizados, estofado, esgrafiado, punzonado, etc.) (Figura 9).

En una segunda fase, destinada a conocer en detalle los motivos que conforman la composición a partir del análisis de sus características, individuando para ello las áreas más idóneas donde llevarlo a cabo en función de sus características, cumplimentando en este caso la subficha nº 4 que permite registrar y documentar, de forma sistemática y ordenada de cada motivo (simple, compuestos o modulo) su tipología (relieve/aplicado -brocado aplicado, press masse, pastillaje- liso o combinado), la gama cromática empleada y su integridad (completo, fragmentado, etc.); además de los aspectos técnicos y procedimentales empleado en su puesta en obra a partir de la estructura y sugerencias en gris contenidas en esta subficha (Figura 10). En la tercera y última fase, se complementa los datos generales de la decoración con la descripción pormenorizada de cada uno de los elementos empleados, cumplimentando en este caso, la subficha nº 5 que permite configurar el catálogo de motivos y de huellas empleado en su ornamentación (Figura 10).

PARTE IV. DATOS TÉCNICOS DE LA POLICROMÍA

IV.1. POLICROMÍA VISIBLE/OBSERVABLE

POLICROMÍA VISIBLE								
	Ubicación	Original	Repoli cromia/s	Repin te	Prioridad			
					E	U	S	M
Encarnación	Rostro y manos	x						x
Áreas metalizadas	Túnica, manto y tocado	x						x
Áreas no metalizadas	Pelo únicamente, las áreas de vestimentas están doradas y estofadas al completo	x						x

IV.1.1. ENCARNACIÓN

SOPORTE: Madera de ciprés. Los ojos esculpidos y policromados directamente en el bloque de madera original.	 Figura 13: Imagen general. Autor: Antonio Castro Pozo.
PREPARACIÓN: - Encolado: No visible, aunque es posible que el uso de cola animal. - Aparejo: Blanco, compuesto por yeso (cola animal y sulfato cálcico) y silicatos. El espesor es variable y no se aprecia el número de estratos. Tiene un acabado pulido, elaborado con una mezcla de yeso (compuesto por sulfato de calcio y cola animal) y silicatos. Su grosor varía, sin que sea posible distinguir las capas individuales. Presenta un acabado liso. - Imprimitación: Capa de color anaranjado compuesta de yeso y pigmentos de tierras. - Impermeabilizante: No visible.	
TÉCNICA: Mate	
PRAXIS EJECUTIVA: - Ejecución: Se ha realizado la capa policroma en dos estratos, la primera, en un tono rosado compuesta de albayalde, carbonato cálcico, bermellón y silicatos, la segunda para dar matices es rosada, aunque con un leve cambio de tono, compuesta de albayalde, pigmentos de tierras, carbonato cálcico y bermellón. - Efectos plásticos: Realizado de peleteados en cejas y pestañas y aplicación de ciertos matices para incrementar algunos rasgos. - Efectos en relieve con adición de materia: No procede	

IV.1.2. REVESTIMIENTO POLÍCROMO INDUMENTARIA Y ÁREAS NO METALIZADAS

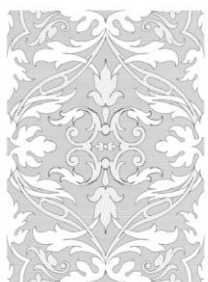
No procede

IV.1.3. REVESTIMIENTOS Y DECORACIONES METALIZADAS

PREPARACIÓN: - Encolado: No visible, aunque es posible el uso de cola animal. - Aparejo: Blanco, compuesto por yeso (cola animal y sulfato cálcico) y silicatos. El espesor es variable y no se aprecia el número de estratos. Tiene un acabado pulido. - Imprimitación: Capa de color anaranjado compuesta de yeso y pigmentos de tierras. - Impermeabilizante: No visible. - Bol: Rojo, no se puede especificar el número de capas. TÉCNICA: El área metalizada se encuentra en toda la escultura a excepción de, manos y rostro. - Materialidad de la lámina de metal: Según las pruebas realizadas para su última restauración, donde se tomaron muestras en distintas zonas doradas, se trata de una aleación compuesta de oro (dependiendo de la zona entre un 94-95%), plata (en torno al 3%) y cobre (en torno al 2%). - Traspaso de la composición/motivo: No es visible. - Técnica de ejecución: Dorado al agua. PRAXIS EJECUTIVA: - Localización: Decoraciones metalizadas en la escultura al completo, salvo rostro y manos. - Tratamiento superficial: Brillante. - Punzonado: Realizado en las decoraciones metálicas de túnica y manto. En algunas zonas parece estar realizado con ruedas dentadas. - Esgrafiado: En partes aparentemente lisas, tocado y zapatos. - Aplicaciones/incrustaciones: No consta. - Aplicaciones color: Corladuras verdes en las vueltas del manto y rojas en la manga derecha. - Protectivo: Barniz. - Estofado: Realizado con técnica oleosa a pincel. OBSERVACIONES: Las pruebas de composición revelan una aleación de oro de alta pureza (94-95%) con trazas de plata y cobre. La técnica de dorado al agua y el punzonado muestran consistencia en la ejecución, aunque el desgaste es evidente en algunas áreas decorativas.	 Figura 18: Plano general. Autor: Antonio Castro Pozo.  Figura 19: Detalle de las vestiduras. Autor: Antonio Castro Pozo.  Figura 20: Espalda de Santa Ana. Autor: Antonio Castro Pozo.
---	--

Figura 9. Primera fase del estudio técnico de la policromía de “Santa Ana”, escultura en madera policromada atribuida al Taller de Pedro Roldán (1670-1690) (autores: textos, Antonio Castro Pozo, José Ángel Cobos Castaño y Pablo Reina Cáceres; fotos, Antonio Castro Pozo).

ESTUDIO TÉCNICO DE LOS MOTIVOS Y HUELLAS

SUBFICHA 4. PROGRAMA ORNAMENTAL ESTUDIO DE LOS MOTIVOS POLICROMOS (MÓDULO, GRUPO, INDIVIDUAL)	
Datos identificativos - Código identificativo del motivo/conjunto de motivos: 1 - Localización en la obra: manto. - N.º de Policromía/Replicación: 1. - Morfología: vegetal y geométrica. - Relaciones conocidas con otras obras: muy similares a los presentes en los estofados de las dos esculturas laterales del retablo de San Felipe de la Iglesia de San Alberto. - Tipo de motivo: modular. - Distribución: ordenada reticular. - Gama cromática: fondo de color salmón; motivos a pincel en tonos anaranjados y calderas; sombreados en tierra muy oscura. - Estado: óptimo (cuenta con reintegraciones)	 Fig 22. Antonio Castro Pozo.  Dibujo 1. Antonio Castro Pozo.
Aspectos genéricos: - Procedimiento/s técnico/s: dorado al agua, óleo. - Función: dibujo.	
Aspectos específicos: Liso (Estofado) • Aplicado sobre: lámina metálica. Según las pruebas realizadas para su restauración se trata de una aleación de oro (95%), plata (3%) y cobre (2%). • Procedimiento técnico: al óleo, no hay traspaso de dibujo visible. • Disposición en la obra: ordenada a modo de patrón reticular. • Dimensiones/diámetro: no visible. • Puesta en obra: combinada (decoración a pincel, esgrafiado, sombreado) • Gama cromática: oro junto a tonos anaranjados y calderas.	

CATÁLOGO DE MOTIVOS Y HUELLAS

SUBFICHA 5. PROGRAMA ORNAMENTAL CATÁLOGO DE MOTIVOS Y HUELLAS						
ESCALERA (imagen general)	Nº MOTIVO/HUELLA	DESCRIPCIÓN Y MORFOLOGÍA	TIPOLOGÍA	LOCALIZACIÓN	TÉCNICA	IMAGEN/GRAFICO
	1	Motivos reticulares en damero.	Vegetal y geométrica (ferronerías)	Manto	Estofado (dorado al agua, óleo a punta de pincel, sombreado y punzonado con rueda).	 Dibujo 4. Antonio Castro.
	2	Motivos reticulares en damero.	Vegetal y ferronería	Túnica	Estofado (dorado al agua, óleo a punta de pincel, sombreado y punzonado con rueda).	 Dibujo 5. Antonio Castro.
	3	Cenefa decorativa	Vegetal.	Orilla del manto.	Estofado (dorado al agua, óleo, sombreado y punzonado con rueda).	 Dibujo 6. Antonio Castro.

Figura 10. Segunda y tercera fase del estudio técnico y catálogo de motivos y huellas de “Santa Ana”, escultura en madera policromada atribuida al Taller de Pedro Roldán (1670-1690) (autores: textos, Antonio Castro Pozo, José Ángel Cobos Castaño y Pablo Reina Cáceres; fotos y dibujos, Antonio Castro Pozo).

Ultimada la toma de datos, se dispone de un conocimiento suficiente de los elementos que conforman la decoración para determinar el programa seguido en su composición ya que conocemos con precisión los datos necesarios para ello, desde su ubicación (vestiduras, cenefas, ya sea en la frontal, lateral o posterior), sus características (formales, técnicas y plásticas), su categorización morfológica (geométrica, figurativa, vegetal zoomorfa, antropomorfa, etc.), su conformación (elementos simples, compuestos o modular), su función (conforman un dibujo o actúan de relleno -fondo o motivo-), su estado (completo, incompleto, repintado, etc.), hasta su disposición ya sea aleatoria u ordenada, ocupando una posición concreta con respecto a un eje imaginario (horizontal, vertical, diagonal, simétrica, en cuadrícula o volteada – arriba, abajo o laterales). Conocimientos que nos va a permitir entender y, en consecuencia, describir y documentar, el programa ornamental empleado en la decoración de la escultura en estudio (parte IV de la ficha nº 2).

Documentación y procesado de datos

En todas las fases descritas es importante representar y documentar los diferentes motivos de forma sistemática para obtener el mejor resultado posible y rentabilizar los recursos económicos y temporales disponibles. Recientes investigaciones han puesto de manifiesto un método específico para el estudio de los brocados aplicados [18] en el que ha participado la autora activamente y, evidentemente, se ha tenido en consideración; aunque en este trabajo, el método propuesto se ha ampliado considerablemente al abordar otras técnicas en relieve y lisas, con la finalidad de abarcar el máximo de casuísticas posibles.

Documentación gráfica

La documentación gráfica de los motivos y elementos que conforman el programa ornamental se realiza siempre a partir del estudio directo de la escultura. Se inicia con la ejecución de un croquis a mano alzada que refleje sus datos más significativos (técnicas, características, dimensiones, huellas, contorno, grosor, etc.). Cuando el estado conservativo de la obra lo permita, se puede proceder posteriormente a su calco directo, método más fidedigno, ya que facilita la recogida de sus particularidades técnicas, sus imperfecciones o alteraciones y su posterior reproducción a escala real; para lo cual, se debe tener la precaución de adjuntar al croquis o al calco una escala gráfica (1:1) cuando se fotografíe, imprima, fotocopie o digitalice. Su realización, no siempre resulta siempre fácil ya que mantener el soporte donde vamos a realizarlo fijo, sin que éste se desplace de la posición deseada, es tanto más difícil, cuanto más volúmenes y planos presente la obra o, más relieves, presenten los motivos. Los materiales para su elaboración son bastante comunes: plástico flexible y transparente, rotuladores indelebles de colores, para el calco y lápices, goma de borrar, papel de dibujo, etc. para el croquis. Cuando se representan en color, se colorean con la acuarela, intentando ser lo más fiel posible con el tono original. Es muy importante que el calco de los motivos y elementos se realice de forma metódica, trazando en primer lugar su perímetro o contorno, posteriormente los detalles y, en los que presenten relieves, su cima. Es recomendable que el plástico que usemos en el calco directo sea lo más flexible y delgado posible, así se facilita su disposición y adhesión al área de trabajo por electricidad estática, evitando el empleo de adhesivos en su sujeción.

Documentación fotográfica

La documentación fotográfica generada (policromía y ornamentación) debe ser precisa ya que su finalidad es doble; de un lado, documentarla fidedignamente y, de otro, disponer de datos que consientan en el caso de los motivos, completar información para reconstruir su dibujo a partir de otros alterados o incompletos. Aunque resulte obvio recordarlo, siempre que se pueda, emplear la luz natural para iluminar la zona de trabajo a fin de evitar al máximo las distorsiones cromáticas derivadas de las luminarias y si esto no es posible, se deben escoger aquellas de tonalidad neutra (alrededor de 4000 °K). Resulta también de utilidad, someterla a iluminación ultravioleta para evidenciar eventuales fluorescencias de materiales.

Es muy importante, contar con una cámara digital de calidad que en el momento de la toma debe estar dispuesta frontalmente a la obra o a la zona a documentar, para evitar distorsiones que falseen su perspectiva. También es aconsejable realizar macros usando su *zoom*, para obtener detalles representativos de la policromía o del motivo. En el caso de relieves, es importante que la iluminación se disponga a 45° para obtener rasantes que evidencien sus características y altura. Para evitar que las fotos salgan movidas es recomendable seguir los consejos habituales, utilizar trípode, activar el estabilizador de la cámara y, siempre que se pueda, usar un disparador por control remoto o inalámbrico. Las tomas se realizan siempre con escala gráfica que debe estar posicionada adecuadamente y sujetarse a mano (no se debe emplear adhesivos que manchen la policromía o pueden derivar en desprendimientos locales).

Procesado de datos

El procesado de datos se desarrolla cuando ya disponemos de todos los datos necesarios para entender la policromía de la obra, su evolución y su programa decorativo. Comprende la interpretación, valoración, volcado y posterior procesado informático de los datos adquiridos. Se realiza en el estudio o taller donde se dispone del equipamiento, herramientas multimedia y softwares específicos que permiten el tratamiento de las imágenes, desde su corrección (brillo, contraste, etc.), su restitución en plano de aquellas partes de la obra en volumen de gran interés para la representación infográfica de los motivos y de la composición ornamental; hasta, la elaboración de una paleta de color a utilizar por todos los componentes que incluya los tonos más afines a los originales y, consienta, su representación digital o su reproducción mediante impresión de la forma más fiel posible. La fotogrametría digital o el escaneado 3D facilita enormemente este trabajo y consiente realizar sobre una imagen de la escultura desde la evolución de su policromía hasta el desarrollo general de su programa ornamental y de los motivos y elementos que lo conforman.

Esta fase es vital para tener una idea muy precisa de la policromía y de la ornamentación de la obra a partir de datos y resultados, suficientemente contrastados que, a la vez que facilita su interpretación, consiente su reconstrucción multimedia permitiendo representar su evolución o su programa ornamental, entre otros aspectos de interés, sin interferencias derivadas de su estado conservativo. Aspectos básicos que pueden servir de gran ayuda a la hora de definir la intervención que más se ajuste a sus necesidades.

Conclusiones

El método propuesto permite efectuar un estudio de la policromía de una escultura en madera de una forma fácil y completa. Contempla tanto su articulación en dos etapas (adquisición y procesado), como los diferentes instrumentos de captación de datos diseñados exprofeso para ello (fichas y subfichas).

Las fichas consienten recopilar y documentar los datos considerados relevantes y afines de la escultura de forma ordenada, uniforme y sistemática, a la vez que, de manera sencilla y rápida, lo que facilita su posterior análisis y procesado para lograr resultados concluyentes. La estructura conferida contempla la casuística general y específica que podemos encontrar en una escultura tipo elaborada con el máximo de recursos técnicos posibles; lo que no impide, la inclusión de nuevos ítems para adecuarla a cualquier obra.

Su uso sistemático y extrapolación a otros estudios de policromías consentiría el intercambio de información entre profesionales y estudiosos del tema, enriqueciendo no solo nuestro caso de estudio; sino también, aquellos otros que se lleven a cabo sobre la policromía de las esculturas con el mismo método, pudiendo contribuir al desarrollo de investigaciones en áreas afines que permitan establecer coincidencias entre motivos afines en ámbitos geográficos diferentes, su relación e influencia con los tejidos de la época, su empleo por determinados artífices, su correlación entre técnicas policromía-textil, entre otras muchas líneas abiertas que

el estudio normalizado de la policromía puede abarcar, contribuyendo al conocimiento en profundidad de la Policromía de la escultura en madera. Es por ello por lo que en el diseño de las fichas ha primado su eventual conversión (campos de textos y contenidos normalizados) a una futura base de datos, empleando cualquier software de gestión, que se pudiese utilizar de forma libre por los especialistas interesados, cuyo desarrollo queda fuera de los límites de este artículo.

REFERENCIAS

1. Ruíz de Arcaute Martínez, E., 'Aportaciones a la teoría de la restauración', in *Actas del IV Congreso del GEIIC. La restauración en el siglo XXI. Función, estética e imagen*, GEIIC, Madrid (2009) 69-78.
2. González-López, M. J., *Conservación y restauración de encarnaciones policromas*, Síntesis, Madrid (2020).
3. Echeverría Goñi, P. L., 'Evolución de la policromía en los siglos del Barroco. Fases ocultas, revestimientos, labores y motivos'. PH: *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* **45** (2003) 98-105, <https://doi.org/10.33349/2003.45.1608>.
4. Echeverría Goñi, P. L., 'Contribución del País Vasco a las artes pictóricas del Renacimiento: la pinceladura norteña', *Ondare. Cuadernos de Artes Plásticas y Monumentales* **17** (1998) 73-106.
5. Bartolomé García, F., 'Evolución de la policromía barroca en el País Vasco', *Ondare. Cuadernos de Artes Plásticas y Monumentales* **19** (2000) 455-470.
6. Bartolomé García, F., 'Terminología básica de técnicas y materiales de la policromía', *Akobe. Restauración y conservación de bienes culturales* **5** (2004) 12-19.
7. Gómez-Espinosa, T., 'La policromía de los retablos. Estilo y evolución', in *Los retablos: técnicas, materiales y procedimientos*, GEIIC, Madrid (2006) 1-21.
8. Le Gac, A., *Le Retable Majeur de la Sé Velha de Coimbra et la polychromie dans le diocèse de Coimbra à l'époque baroque. Aspects techniques et esthétiques*, Disertación de doctorado, Departamento de Conservación y Restauración, Universidade Nova de Lisboa, Caparica (2009).
9. López de Letona, A. C., 'Las encarnaciones: propuesta para su lectura', in *Encarnaciones de escultura policromada ICOM-CC & Sculpture, Polychromy and Architectural Decorations Working Group Interim Meeting*, Universidad Autónoma de Madrid y Laboratorio de Interpretación del Patrimonio, Madrid (2018) 301-322.
10. Frinta, M., 'The use of wax for applique. Relief brocade on wooden statuary', *Studies in Conservation* **8**(4) (1963) 136-149, <https://doi.org/10.1179/sic.1963.021>.
11. Geelen, I.; Steyaert, D., 'Imitation and illusion: applied brocade', in *The art of the Low Countries in the fifteenth and sixteenth centuries*, Royal Institute for Cultural Heritage, Bruxelles (2011) 25-131.
12. Nadolny, J., 'The gilded tin-relief backgrounds of the Thornham Parva Retable and the Cluny frontal: technical and stylistic context', in *The Thornham Parva Retable. Technique, conservation and context of an English medieval painting*, Hamilton Kerr Institute, Cambridge (2003) 174-188.
13. Roberto Amieva, C., *El brocado aplicado en Aragón. Fuentes, tipologías y aspectos técnicos*, Instituto de Estudios Aragoneses, Huesca (2014).
14. Rodríguez López, A., *Análisis y clasificación de los brocados aplicados de los retablos de Guipúzcoa*, Disertación de doctorado, Departamento de Pintura, Universidad del País Vasco, Bilbao (2009).
15. Koller, M., 'Zur technologie der pastiglia. vol 13. bis 20. Jahrhundert', in *Mirabilia et curiosa*, Mayer & Comp., Viena (2000) 121-125.
16. Koller, M., 'Pastiglia: Begriff, techniken, restaurierung', in *Polychrome Skulptur in Europa: Technologie, Konservierung, Restaurierung*, eds. U. Schiefl, R. Kühnen, Tagungsbeiträge, Dresden (1999) 105-113.
17. Perusini, G., 'L'impiego della pastiglia negli altari friulani della seconda metà del XVI secolo', in *L'arte del legno in Italia: esperienze e indagini a confronto*, Quattroemme, Umbria (2005) 289-302.
18. López de Letona, A. C.; Barrio, M.; Berasain, I.; Borst, K.; Ceballos, L.; Cortázar, M.; Cubillas, I.; Laborde, A.; Geelen, I.; Gómez Espinosa, T.; González, M. J.; Le Gac, A.; Roberto Amieva, C.; Ruiz de Arcaute, E.; Sartori, E.; Sanz, M. D.; Steyaert, D., 'Propuesta metodológica para el examen, registro y representación gráfica de los brocados aplicados', *Ge-Conservacion* **19**(1) (2021) 90-102. <https://doi.org/10.37558/gec.v19i1.844>.
19. Prado-Campos, B., *Estudio comparativo de la policromía aplicada a la escultura exenta en madera de los siglos XV al XVIII en Antequera, Málaga motivos ornamentales y técnicas de ejecución*, Disertación de doctorado, Departamento de Pintura, Universidad de Sevilla, Sevilla (2011), <http://hdl.handle.net/11441/15441> (acceso 2025-04-24).
20. González Rodríguez, S., *Las policromías en los retablos de Santa Catalina Mártir de Alejandría. Tacoronte*, Trabajo Final de Grado, Departamento de Bellas Artes, Universidad de La Laguna, La Laguna (2015), <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/911> (acceso 2025-04-24).
21. Cennini, C., *Tratado de la Pintura (El libro del Arte)*, Edición Manuales Meseguer, Barcelona (1979).
22. Bruquetas Galán, R., '«Reglas para pintar». Un manuscrito anónimo de finales del siglo XVI', PH: *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* **24** (1998) 33-44, <https://doi.org/10.33349/1998.24.685>.
23. Pacheco, F., *El arte de la pintura, su antigüedad y grandezas*, Leda, Barcelona (1982).
24. González-López, M. J., 'Metodología de estudio de correspondencia de capas policromas aplicado al conocimiento de la escultura en madera policromada', PH: *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* **8** (1994) 10-13, <https://doi.org/10.33349/1994.8.131>.

25. García Ramos, R., 'Examen material de la obra de arte. La correspondencia de policromías', *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* **12** (1995) 52-57, <https://doi.org/10.33349/1995.12.242>.

RECEIVED: 2024.10.18

REVISED: 2024.12.12

ACCEPTED: 2025.1.7

ONLINE: 2025.5.3



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
AtribuciónNoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.
Para ver una copia de esta licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

Integrating conservation strategies into archaeological research: insights from the Early Pleistocene site of Barranc de la Boella (Tarragona, Spain)

Estratégias de conservação na investigação arqueológica: perspectivas do sítio Barranc de la Boella (Tarragona, Espanha)

LUCÍA LÓPEZ-POLÍN^{1,2*} 
 ANDREA DÍAZ-CORTÉS^{1,3} 
 ELENA MORENO-RIBAS^{1,2} 
 NOÉ VALTIERRA¹ 
 IRENE CAZALLA⁴ 
 LAURA GÓMEZ MORGADO¹
 JÚLIA JISKOOT¹
 MARÍA MARTÍNEZ¹
 ANA MONTEMAYOR¹ 
 JANIRE MÚGICA¹
 BLANCA SICILIA¹
 ANTONIO PINEDA^{1,5} 
 JOSEP VALLVERDÚ^{1,2} 
 PALMIRA SALADIÉ^{1,2} 

1. Institut Català de Paleoeologia Humana i Evolució Social (IPHES-CERCA), Zona Educacional 4, Campus Sescelades URV (Edifici W3), 43007 Tarragona, Spain
2. Universitat Rovira i Virgili, Departament d'Història i Història de l'Art, Avinguda de Catalunya 35, 43002 Tarragona, Spain
3. Museum Conservation Institute, Smithsonian Institution, 4210 Silver Hill Road, Suitland, Maryland 20746, United States
4. Natural History Museum Abu Dhabi, GCM9+884 Al Saadiyat Island, Abu Dhabi, United Arab Emirates
5. UMR 7194 HNHP (MNHN-CNRS-UPVD), Département Homme et Environnement, Muséum National d'Histoire Naturelle, 1 Rue René Panhard, 75013, Paris, France

*lucia.lopezpolin@iphes.cat

Abstract

Stone tools and faunal remains are abundant in the archaeological record, serving as key focal points for research and important features of museum exhibitions. Nevertheless, they are under-represented in the conservation literature. This article reports on the conservation of over 2,000 finds from the Early Pleistocene site of Barranc de la Boella (Spain) recovered during field seasons 2007-2023. It focuses on osteological remains, lithic artefacts and coprolites (fossil faeces), detailing the workflow from the fieldwork to the laboratory, specifying the criteria and techniques employed for each group of materials. In the absence of clear guidelines, the archaeological study approaches adopted for each group of finds helped define the conservation strategies. Therefore, conservation treatments are naturally aligned with the research aims, making conservation an integral part of the research project. We conclude by emphasising the importance of sharing conservation practices to inspire innovation in conservation techniques.

Resumo

Instrumentos de pedra e remanescentes faunísticos são elementos abundantes no registo arqueológico, fundamentais para a investigação e para as exposições museológicas. No entanto, continuam pouco representados na literatura dedicada à conservação. Este artigo apresenta o trabalho de conservação de mais de 2.000 achados provenientes do sítio do Pleistoceno Inicial de Barranc de la Boella (Espanha), recolhidos entre 2007 e 2023. Centra-se nos restos osteológicos, artefactos líticos e coprólitos (fezes fósseis), descrevendo o percurso dos materiais desde a escavação até ao laboratório e especificando os critérios e técnicas utilizados para cada grupo de materiais. Na ausência de diretrizes específicas, as práticas de levantamento arqueológico adotadas para cada tipo de achado orientaram a definição das estratégias de conservação. Os tratamentos de conservação alinharam-se com os objetivos de investigação arqueológica e a conservação tornou-se parte do projeto científico. Destacamos a importância da partilha de práticas de conservação, para promover a inovação nas técnicas aplicadas.

KEYWORDS

Conservation
Archaeology
Bone
Lithics
Coprolites

PALAVRAS-CHAVE

Conservação-restauro
Arqueologia
Osso
Indústria lítica
Coprólitos

Introduction

Archaeological conservation poses unique challenges due to the vast range of materials that comprise the archaeological record, including human-made objects, ecofacts (biological remains), and non-portable features such as post holes and buildings [1]. Furthermore, the preservation of remains in burial environments leads to changes that are not commonly seen in other areas of conservation. The long timespans of these sites, which together cover the entirety of human existence, amplify these material transformations. In fact, only palaeontological conservation encompasses a broader timescale than archaeological conservation, which is a key consideration for conservators.

A distinctive aim of archaeological conservation compared to other fields of heritage conservation is its focus on the recovery of information [2-3]. As Caple (2021) notes, the conservation process aims to transform an unstable and unreadable object into a stable information source [4]. To accomplish this, the conservator must have a deep understanding of which information is relevant and how it is going to be analysed. This presents a significant challenge due not only to the aforementioned broad range of materials encountered, but also because of the various work scenarios, such as excavations, and the diversity of sites and time periods involved.

The Palaeolithic is the oldest and longest period of human history. Sites from this period have yielded collections consisting largely of stone artefacts, as well as faunal remains and, in less abundance, hominin remains. These types of archaeological materials are very common in the archaeological record. However, although they have been the subject of seminal multidisciplinary research into human behaviour and evolution and are central to many museum collections, they have not received equal attention in the field of archaeological conservation. In addition to macrofauna skeletal remains and lithics, prehistoric sites contain a wealth of meaningful material that may be less relevant in later chronologies. For example, small vertebrates like rodents or, as covered in this paper, coprolites (fossilised faeces) may contribute key data for unlocking aspects of the ancient past. These materials are primarily studied to infer paleoenvironmental data, which is the focus of less attention in the study of later periods.

Many of the challenges and conservation procedures are addressed in some of the literature on the conservation of archaeological bone remains, in addition to that on palaeontological sites [5-8]. There is also a growing body of work on conservation interventions on human fossils, either reported independently or in articles with a paleoanthropological focus [9-15]. However, with a few exceptions, remains such as lithic artefacts have not received much attention. The initial cleaning process, typically a simple rinsing with water using brushes or small tools, is assumed to be part of the archaeological processing of the material. Cleaning with additives to the water, such as sodium hexametaphosphate, as well as acids to remove sedimentary deposits, has also been reported [16-18]. But some artefacts may require more extensive treatment. For example, we have reported challenges in conserving lithic artefacts from several Spanish sites which required consolidation [19-20]. Lastly, to our knowledge, the conservation of coprolites has not been extensively reported (although we address it briefly in our article [21]).

This article reports the conservation work carried out in the Early Pleistocene open-air site of Barranc de la Boella, dated to approximately 1 million years BP and located in Tarragona, Spain. Conservation efforts have focused on three material groups: osteological remains, lithic artefacts and coprolites. Between 2007 and 2023, more than 2,000 finds underwent conservation. This article covers the objectives and workflow of the conservation team within the context of archaeological research, from fieldwork to preparation for study. The primary goals of this report are to share conservation practices that may guide conservators facing similar challenges. It also aims to disseminate criteria for conservation to better meet the requirements of early prehistoric archaeological research and to highlight the unique aspects

of the Pleistocene archaeological record that have been underrepresented in the conservation literature.

The site, the excavation and the conservation workflow

Barranc de la Boella is located in a ravine in the area of La Canonja (Tarragona, Spain) (Figure 1). It is an open-air site with a nine-metre thick stratigraphic sequence comprising six units from the Late Early to the Late Pleistocene. Since 2007, fieldwork has been conducted in three localities: Pit 1 (P1), La Mina (LM), and El Forn (EF). This paper focuses on the most abundant and significant material record of the three localities, which comes from Unit II and which contains archaeological deposits dating to the Late Early Pleistocene (0.99–0.78 Ma). Research on this unit has shed light on the interpretation of hominin behaviours in an open-air fluvial-deltaic sedimentary environment. These behaviours include examples of cumulative palimpsests, such as those found at the site of La Mina, in which hominins played only a minimal role as modifying agents, as well as the extraordinary mammoth butchery site documented in Pit 1 (Figure 1d). Barranc de la Boella also provides insights into Early Acheulean technology in Europe, adding critical information to the debate on the Early Pleistocene hominin occupation of the continent [22–25].



Figure 1. The Barranc de la Boella site: *a*) the location of the site in La Canonja (Tarragona, Spain); *b*) the modern seasonal ravine (barranc in Catalan) with the blue shed covering the El Forn locality (field season 2009); *c*) Pit 1 during the 2018 field season; *d*) the assemblage of Pit 1 interpreted as evidence of a mammoth butchery site.



Figure 2. Faunal remains from La Mina recovered in 2018: *a)* restored ones; *b)* some spread out during the conservation work – each group of fragments on each piece of paper corresponds to one recorded item before restoration.

Barranc de la Boella was reported as a palaeontological deposit in the twentieth century, but it was not until 2007 that the first systematic excavations began, led by researchers from the Catalan Institute of Palaeoecology and Human Evolution (IPHES-CERCA). Since then, archaeological excavations have taken place every year in field seasons lasting about one month, usually at different sites simultaneously.

These iterative excavations, carried out year after year since 2007, are conducted using open-air and archaeological stratigraphic methods. A grid is established, and as finds are collected, their precise locations are individually recorded using a total station, which provides x, y, z coordinates for all stone artefacts, coprolites, and faunal remains. The rate at which finds are recovered varies, as does the density of the assemblages, but to give an idea, over the last ten years the number of items recorded has ranged from 250 to 550 per season, including faunal remains, lithics and coprolites. For our purposes, an item is considered any find excluding bone fragments measuring less than 2 cm that are taxonomically and anatomically unidentifiable, which are collected daily in a bag for each square and every 10 cm of depth. This has resulted in a large number of items to be processed (Figure 2).

Conservation begins on site, where conservators are part of the excavation team throughout the field season. The involvement of conservators in this process allows them to become familiar with the site, the excavation methods, and the complete material record that emerges. This hands-on experience helps in planning conservation strategies for both the ongoing fieldwork and subsequent laboratory conservation. By having a comprehensive view of the entire assemblage, conservators gain a deeper understanding of the site and the research than a selection of finds sent to the laboratory alone can fully convey.

Field conservation techniques are well-established and widely understood by the experienced excavators who work at Barranc de la Boella. The excavators themselves are responsible for consolidating, block-lifting and/or preparing packaging for their finds. The conservation team advises less experienced excavators on the application of basic conservation techniques and, usually takes on the most complex cases. Field treatments are undertaken with the understanding that the remains will be treated at the nearby IPHES-CERCA laboratory at the end of the excavation period. For this reason, very simple and effective systems can be used without the need for excessive intervention in the field (Figure 3).



Figure 3. Rhinoceros humerus from La Mina: a) *in situ*, strapped with tape (plastic film was placed between the tape and the bone to protect the surface of the bone from the glue of the tape); b) in the laboratory after removal of the wrapping; c) restored.

After each field season, the material recovered is processed at the IPHES-CERCA laboratory. First, the archaeological team reviews all the recovered material and checks the inventory, and then only the altered lithic artefacts are sent to the conservation laboratory. Due to the fragility of faunal remains and coprolites, the process is reversed for these materials: all of them are first sent to the conservation laboratory, where the conservators separate out the few pieces that do not require any intervention. The conservation workflow in the laboratory begins with the treatment of unstable but quickly treatable finds, such as small faunal remains. More time-consuming items are prioritised according to research needs. A notable example of this is the large mammoth remains for which, after the initial stabilisation and treatment to allow them to be studied, conservation is addressed in stages and only prioritised if they are selected for display.

Finally, in a similarly integrated manner, conservation treatments are recorded in the same database as the excavation data. Conservation data are always linked to each record and are accessible to any researcher.

The conservation treatments

A large number of remains from the Barranc de la Boella site have undergone conservation treatments. Most of these finds were recovered from Unit II, which is the focus of this article. To date, nearly 2,000 faunal remains, approximately 200 coprolites, and 15 lithic artefacts have been treated in the conservation laboratory. This section provides an overview of the conservation work performed on each group of materials based on their condition and the specific requirements of the studies to be conducted on them.

Coprolites

Coprolites or fossilised faeces are aggregates of macroscopic and microscopic remains that have been digested by the defecator agent, including bone fragments in the case of carnivores. Coprolites provide valuable information about the presence of the producer, its diet, and, on a broader scale, the ecology of its habitat. Coprolite studies might focus on the analysis of embedded micro- and macro-remains, often requiring sampling, or they may simply examine morphology and size [26-27].

There is limited information on conservation treatments for coprolites. Thus, our approach was based on the intended use and objectives of the studies. As previously mentioned, coprolites can be analysed morphologically or through content analysis, or a combination of both, which is the process being undertaken with the hyaena coprolites from Barranc de la Boella [28]. For morphological analysis, the coprolite must be stable and restored. In contrast, for content analysis, preserving the integrity of the coprolite is less critical, and limiting the use of substances that could complicate future sampling is recommended.

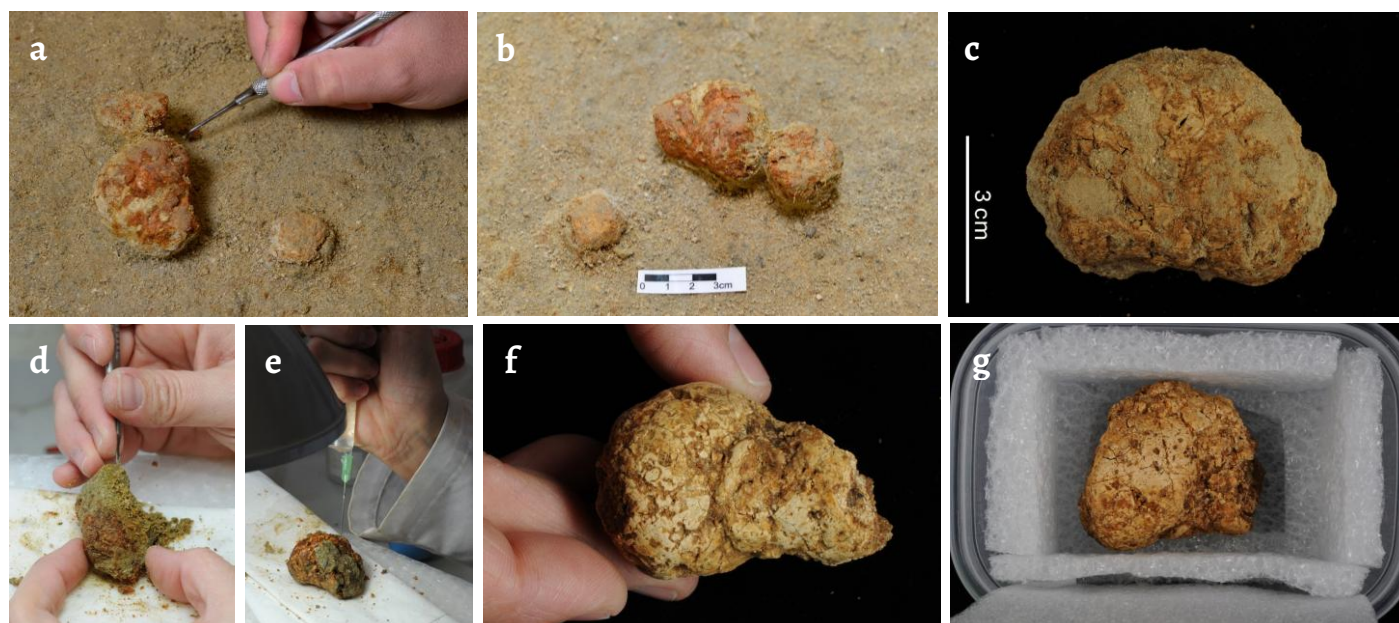


Figure 4. Treatment of a hyaena coprolite from the field to the final packaging: *a*) three coprolites at the La Mina site during excavation, and *b*) ready to lift; *c*) the larger coprolite before conservation; *d*) during cleaning; *e*) consolidation processes; *f*) the restored coprolite (opposite side); *g*) the packaging system in a polyethylene (PE) plastic box padded with PE foam.

At Barranc de la Boella, most of the hyaena coprolites were recovered from the La Mina site, and most of them were highly susceptible to disintegration during excavation. Even gentle handling with a soft brush or a mild air jet caused particles to break apart, and removing the coprolites from the sediment often led to cracking or complete fragmentation. To preserve their integrity for later measurement and morphological analysis, immediate action was required on site. To that end, they were carefully excavated using small tools and air blowers and consolidated as they were uncovered (Figure 4). To consolidate, we used Mowilith DMC2 during the early years of excavation, when the site was unsheltered and occasional rainfall wet the sediment. This product, an aqueous dispersion based on a vinyl acetate/maleic acid copolymer, strengthened the coprolites in the presence of moisture. After the site was covered, the sediment remained reasonably dry even on rainy days, allowing us to switch to the more stable acrylic copolymer Paraloid B72, which dissolved in acetone (approximately 10–15 %) before application. Once in the laboratory, the focus was on maintaining the integrity of the more complete and potentially recognisable coprolites, while those in poorer condition were left untouched.

To date, over 40 % of the recovered coprolites have been treated using a relatively standard approach because of their similarity in size, shape and condition. First, the sediment was removed with small tools and the same product used on site was used as a consolidant. Afterwards, they were packed in polyethylene boxes.

Stone artefacts

Stone, or lithic, artefacts encompass all types of stone tool materials found at prehistoric sites, ranging from unmodified objects used in percussive activities to discard pieces removed during tool production, as well as finely worked pieces in the form of retouched flakes and large tools such as bifaces [29]. Sizes are also diverse, from a few millimetres for debris to over 20 to 30 cm in length for the largest tools.

The analysis of lithic artefacts begins with a technical reading of each artefact, the identification of the raw material and the classification of specimens based on their morpho-technical features [29]. To facilitate this, the artefacts must be as complete as possible, and conservation interventions must ensure the clarity of the edges and the flake scars on artefact surfaces. Studies can also be based on the existent conjoins between different artefacts, for which the possible contact planes of each individual artefact must be sufficiently cleaned to

permit refitting. Meanwhile, microscopic use-wear studies tend to concentrate on the edges of the artefacts. These studies require the edges to be clean enough to be observed, but otherwise largely untouched, as use-wear traces are quite sensitive to any contact. This rather difficult balance sometimes requires redefining the level of intervention for specific artefacts or assemblages. Other analytical approaches may be used with study-specific requirements, like the study of residues on artefacts. Ideally, the conservator is generally informed in advance which artefacts will be studied in one way or another, and which particular part of the artefact might be subjected to each type of analysis, especially for studies that are more sensitive to any direct intervention performed on the artefacts.

The lithics of Unit II are mainly made of chert (>80 % of the sample), but there are also artefacts produced from schist, quartz and other raw materials. They range in size from <2 cm to slightly over 20 cm [30]. The artefacts are generally well preserved. In fact, to date, 99 % of the samples were simply washed with water in the archaeological laboratory and did not undergo any type of conservation treatment. Only a small number of the schist artefacts were treated (fewer than 15 % of those recovered). Delamination can cause schist artefacts to split into fragments. Some have also exhibited superficial granular disintegration, which can be more extensive and even penetrated down to the core in some cases (Figure 5). Because of this, some pieces had to be consolidated *in situ* with Paraloid B72 in acetone (ca. 10 %) to prevent them from disintegrating during lifting. We used Paraloid B72 even though some data suggest that silica-based products may perform better in the long term [19, 30]. However, such products require a minimum of three days to become effective, which is not possible in an excavation scenario. In the laboratory, on the other hand, slower treatments are more feasible, so for some artefacts (n=6) we used a colloidal aqueous dispersion of silica nanoparticles (Nano Estel). As demonstrated in other lithic assemblages, such as those of the Sierra de Atapuerca and La Cansaladeta [20, 31], both types of products work to reinforce artefacts. Depending on the porosity of the stone, Paraloid B72 can give it a plastic appearance. In contrast, siliceous consolidants do not cause a plastic film to form, although they can slightly intensify the colour tone of the materials.

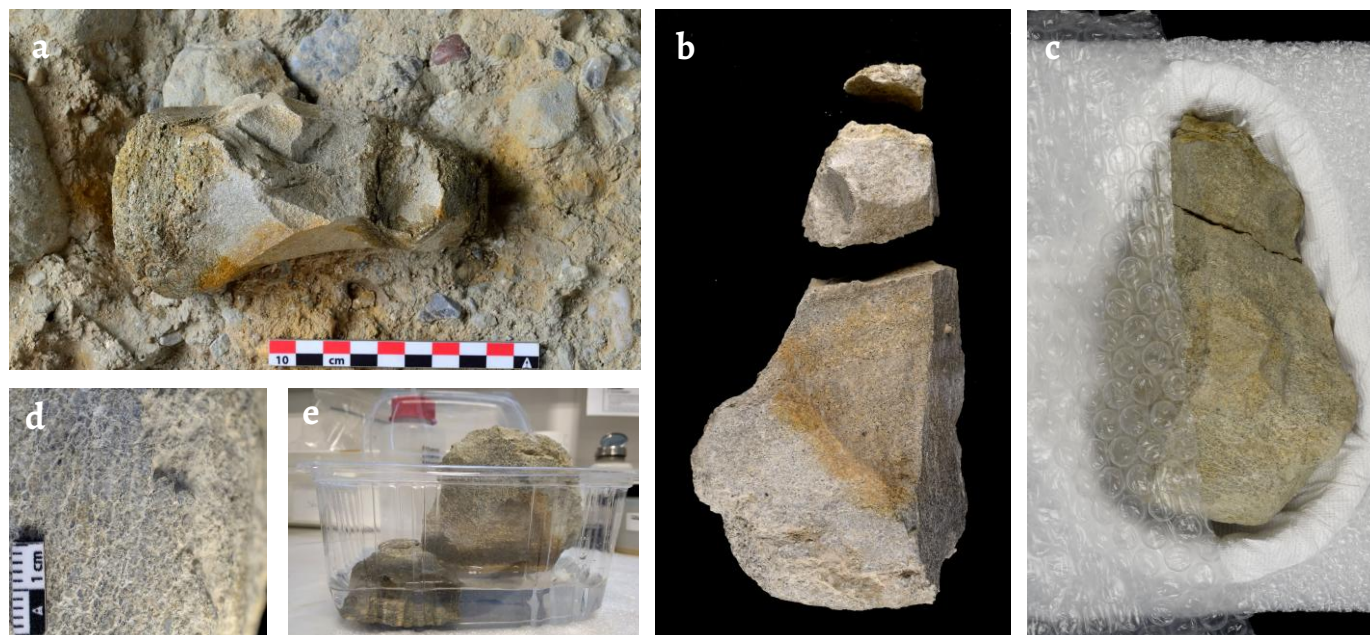


Figure 5. Schist artefact from Pit 1, from the field to final packaging: a) *in situ*; the darker areas at either end of the artefact are due to the presence of Paraloid B72; b) after lifting, the artefact split into three pieces along schistosity planes; c) the restored artefact in its final packaging; d) detail of the proximal part of the artefact (extreme left end in Figure 5a) – an outer layer of about 2 mm in depth was preserved without serious decay, while the core of the tool was granularly disintegrated; e) capillary consolidation with Nano Estel.

In addition to consolidation, laboratory conservation included cleaning, joining pieces, and filling voids. The cleaning techniques used on these artefacts were simple, as they mainly had silty or sandy sediment that was loosely adhered to the surfaces. This sediment could be easily removed with small hand tools, such as brushes or plastic and metal spatulas, either alone or combined with water, ethanol or acetone. Paraloid B72 was used to rejoin pieces, while some gaps were filled with a mixture of Paraloid and glass microspheres.

Fauna

Faunal remains from Palaeolithic sites vary greatly, ranging from small, unidentifiable fragments to complete anatomical elements. Whether identifiable or not, all remains are recovered and recorded during excavation. Better preserved and identifiable elements provide more accurate information about the species and facilitate systematic palaeontological and palaeoecological research. Zooarchaeological and taphonomic studies analyse every component of the assemblage to gain insight into the origin of the accumulation and the agents that caused it and infer the behaviour of the hominins or other species that generated the accumulation. As we have argued in previous works, each research approach may require a slightly different conservation treatment [32].

The most basic step in analysis is identifying the remains for the collection of primary data, such as the anatomical element and the taxonomic group [33]. This is based on a biometric analysis, examining the shape and size of the specimens. To do this, the specimen must be sufficiently stable and have a level of reconstruction that allows it to be identified and measured. From there, there are a number of options for studying the bones, which will influence the choice of conservation approach. Among other things, systematic palaeontological research requires precise measurements to be taken at key points or landmarks. This usually means that a more complete and accurate reconstruction is required. Additionally, taphonomic studies analyse post-mortem modifications in bones to infer the causal agents (including hominins, carnivores or geological processes). For these studies, fragmented or distorted specimens should be conserved in a state that closely resembles their condition when originally found, rather than being fully reconstructed to their original morphology. Similarly, zooarchaeological studies analyse the breakage patterns of bones, for which the fragmented specimens and their fracture edges can be significant. Therefore, the degree of reconstruction is usually a case-by-case decision based on the relevance of each analytical approach to each specimen in a particular context. Also, the level of cleanliness required might vary from just enough to see the specimen to enabling full analysis of the bone surface in detail for bone remodelling or pathology studies, or for detecting conspicuous and inconspicuous taphonomic traits. In the latter case, accurate but gentle cleaning is often required. Finally, some restrictions to conservation treatments may be imposed by the need to sample various chemical components for different types of analyses (isotope, DNA, protein analysis, etc.) [34]. Each type of study, each individual element, each assemblage and research question, could lead to slightly different conservation treatment decisions.

The faunal record of Barranc de la Boella is made up of bones, teeth, and antlers. This group of finds presents a wider range of preservation conditions than the lithic artefacts or coprolites, largely because their dimensions and shapes are more varied, which multiplies the number of potential problems. The size of these pieces ranges from small bone fragments, some of which are of indeterminate origin, to the largest finds recovered from the site, identified as mammoth remains. To give a more accurate picture, 90 % of the fauna sample measures less than 10 cm, and the remainder mostly measures between 10 and 30 cm. There are also six large specimens measuring between one and two m in length, all of them mammoth remains, which although very few in number, are extremely time-consuming in terms of conservation.

The processes and agents that have acted over the years in this open-air site have significantly contributed to the modification of the bone surfaces. Many of the osteological remains bear taphonomic alterations, including weathering, hydric abrasion and chemical

changes due to leaching [35]. Recent studies corroborate our experiential knowledge, which had already led us to consolidate the bone remains recovered: the porosity of the bones from this deposit was higher than that of fresh bone, and the surface microhardness was lower [36–37]. The bones from the site were in poor condition and problems had already arisen during excavation. Some were already cracked, some broke during excavation, and others simply crumbled. However, 90 % of the bones recovered measure less than 10 cm in length, making it easier to dig them out and handle them, and field conservation techniques were generally reserved for the larger specimens.

Consolidation is the most commonly used technique in the field. Initially, Mowilith DMC2 was used to consolidate both bones and coprolites because the sites were unsheltered in the early years of fieldwork and the sediment was often damp. Following the installation of protective structures, Paraloid B72 became our preferred consolidant. Additionally, some specimens (n=43) were faced with cotton gauze applied using Paraloid B72 (Figure 6). Only the larger and heavier mammoth remains – four mammoth tusks, a rib, a tibia, a femur and a scapula – were block-lifted using polyurethane. In most cases, two-component polyurethane was used due to its ability to penetrate cavities effectively and conform to irregular surfaces. In some cases, a one-component foam was employed; although less fluid, it is easier to apply and more readily available from less specialised suppliers (Figure 7).

All the faunal remains recovered from the site, whether treated *in situ* or not, were transferred to the conservation laboratory due to their poor state of preservation and the risks involved in handling them. In the laboratory, each fragment underwent detailed examination, and the conservators determined the necessary treatments. Some fragments could be cleaned with water, while others required consolidation either before or in conjunction with cleaning. Our experience allowed us to predict which specimens would tolerate water exposure. When we were not certain, a preliminary resistance test was conducted by dabbing or pipetting a small amount of water onto the surface. If the fragment demonstrated stability, it was considered safe to proceed with progressive and controlled immersion. Water cleaning was typically paired with brushing using fine, soft brushes to avoid unnecessary abrasion. Less gentle tools, such as bristle brushes or toothbrushes, were deliberately avoided. Practical experience, supported by research, has shown that these bone surfaces are particularly vulnerable to damage from even mild pressure or soft tools, especially when dampened with water or other solvents [36, 38–39]. Alongside water-based methods, manual mechanical cleaning remained the predominant approach, employing tools such as soft brushes, scalpels, and Teflon instruments to ensure delicate handling.

In the laboratory, Paraloid B72 in acetone was predominantly used for consolidating the faunal remains. The application methods varied, though brushing or dripping were the most common approaches, and immersion was used occasionally for smaller fragments. The same product also served as an adhesive for reassembling fractured remains.

When reconstructing fragments, the origin of the fractures was a key consideration in determining whether they should be re-adhered. Fractures that occurred before excavation were generally not initially re-adhered, as the study of edges and breakage patterns is critical for certain archaeological analyses.



Figure 6. Removal of a deer metacarpal from Pit 1: a) *in situ*; b) during facing with cotton gauze and Paraloid B72; c) the underside of the metacarpal immediately after lifting it.

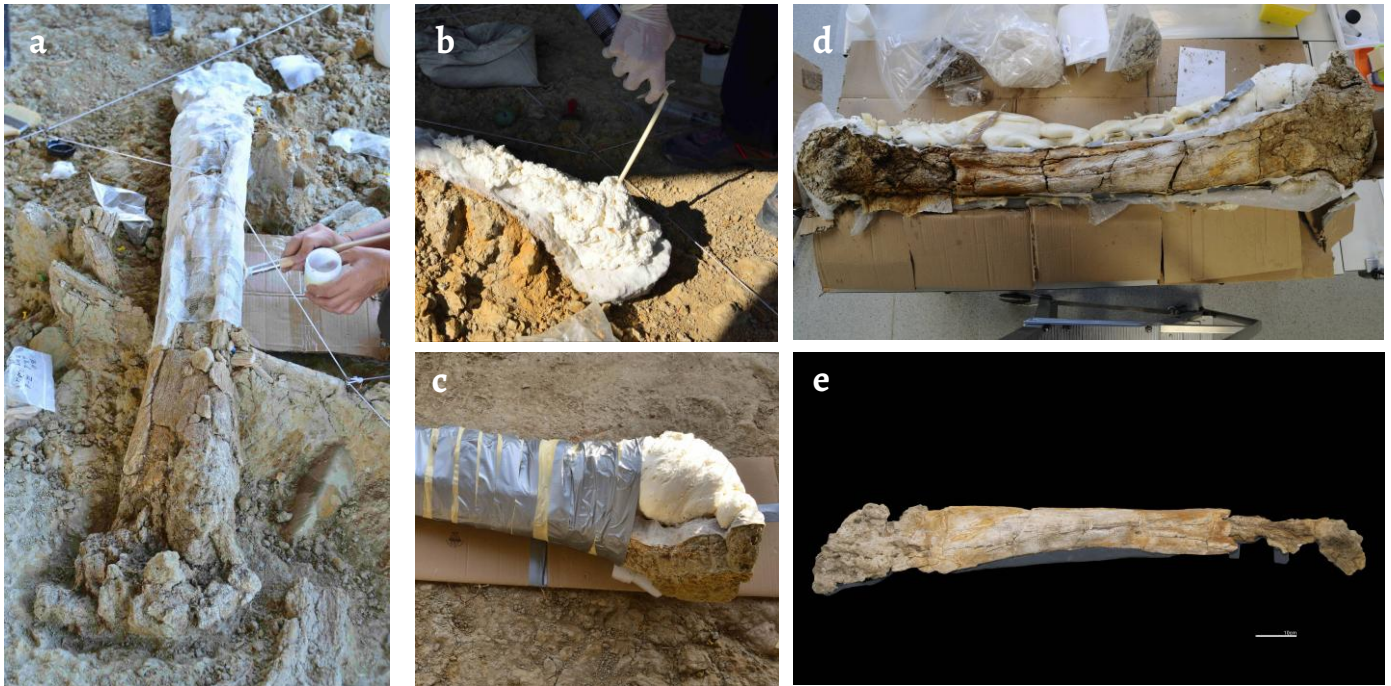


Figure 7. A mammoth femur from Pit 1 from the field to exhibition: *a)* facing with cotton gauze and Mowilith DMC2 vinyl acetate resin (following previous consolidation of the femur with Paraloid B72); *b-c)* application of one-component polyurethane to the exposed side of the femur, which was then turned over and secured with tape; *d)* in the laboratory, resting on polyurethane after removal of the sediment, the first step in a long restoration process; *e)* the restored femur, ready for exhibition.

Packaging

The packaging of finds is a continuation of the conservation process and primarily aims to protect the specimens while ensuring ease of access for study. Packaging is designed to be practical: it must be easy to open and close, and researchers must be able to handle the objects contained within it without risking damage. Most finds are stored in polyethylene plastic bags with individual identification labels, ensuring that both the artefacts and labels are easily visible. For additional protection, many of these bags are placed in an outer layer of bubble wrap. This method is typically used for small and medium-sized (roughly up to 20 cm) faunal and lithic remains in good condition.



Figure 8. Mammoth molars from Pit 1: *a)* *in situ*; *b)* before conservation, still wrapped in bubble wrap used in the field on site to secure the molar; *c)* final packaging of this and other molars in cavity mounts in polyethylene (PE) foam covered by Tyvek, also PE-based.

A small percentage of finds require additional protection. This is the case with coprolites, which are usually kept in individual plastic boxes. Similarly, larger and more fragile faunal and lithic finds are housed in customised polyethylene foam cavity mounts to secure them. An intermediate layer of Tyvek woven plastic is added to minimise friction between the artefact and the foam, following practices outlined, amongst others, by Schiliching (1994) [40]. This approach balances protection with usability, ensuring the artefacts remain safe as well as accessible for further research (Figure 5 and Figure 8).

Concluding remarks

At the Barranc de la Boella site, all conservation processes must meet one fundamental requirement: the finds must remain identifiable and stable enough to allow handling and analysis. To this end, as Pye (2009) noted, sometimes the extent of the remedial work (i.e., cleaning, reshaping and systematic consolidation) that would normally be considered over-interventive in other areas of conservation is the only chance of survival for unstable finds [41]. Therefore, knowing what the finds are and how they will be studied has acted as the real guide in this case, especially for the lesser-documented types of finds in conservation, such as lithics and coprolites.

The techniques and products described are not new, and most techniques are quite straightforward and versatile. In fact, field conservation techniques have barely changed for decades [2, 42-47]. Treatments like those described here have been reported for different Pleistocene skeletal remains, both for field and laboratory work [6-7, 15]. On the other hand, although reporting the treatments used for coprolites and lithics is a novelty, in the end, the techniques used for these finds were essentially the same as those used for faunal remains. Nevertheless, the repetition of techniques should not discourage conservators from reporting them. The fact that some procedures are repeated reveals which techniques are actually used in the field of conservation. This is important for both research and practice.

The problems and challenges encountered in conservation practice should guide a substantial portion of research efforts, which are very often dedicated to new techniques or products but rarely address these practical issues. For instance, there is a disconnect between the criteria conservators prioritise when choosing a consolidant and the consolidant properties most tested in research. In our own experience with lithics, although some laboratory tests on chert tools have shown that silicate-based products may be better in terms of durability and compatibility than the acrylic Paraloid B72 [19, 30], we mostly use the latter. The same is true for coprolites and bone material, for which Paraloid B72 has proved effective due to the practical demands of the conservation work, such as speed and efficiency – factors that are both deliberate and justified. Archaeological remains can disintegrate as they are being dug up. It is not possible to consolidate a centimetre, wait a few days, dig another centimetre more, and so on. In the laboratory, the timeframe changes, so we use different products like silica-based consolidants for lithics. However, sometimes we need to alternate cleaning with consolidation on small areas as the only safe way to progress, and again this is only possible with a product with a fast-setting time. In fact, the setting time of a consolidant plays a critical role, often overshadowing other properties such as long-term durability or chemical compatibility, which tend to be the dominant aspects examined in laboratory-based evaluations. For this reason, even though we recognise the need to test other consolidants, we have continued to evaluate acrylic resins as well [19, 30, 48-49]. A step further in consolidant research would be to find an alternative product that meets the time-sensitive demands of real-world conservation scenarios. Similarly, simple techniques for cleaning or removing sediment with small tools, which are consistently and constantly used in conservation practice, have received very little attention. Our own research, which included samples from Barranc de la Boella, is an effort to fill this gap and determine which tools – such as brushes, cotton swabs or scalpels – are most

likely to damage bone surfaces and other fragile materials [39]. Ultimately, we believe the field would benefit from research into the most common – and not necessarily the newest – materials and techniques, such as consolidation with acrylic resins and cleaning with small tools.

Publicising practical cases also helps to improve conservation practice. Conservators often lack complete information about all of the materials and situations they encounter. Even specialists in archaeological conservation are faced with a vast array of materials, chronologies, and contexts – ranging from field to laboratory work, and from newly discovered finds at excavation sites to museum objects that may have undergone prior interventions. Given the sheer diversity of scenarios, it is simply not feasible for conservators to master every case. Each reported case therefore contributes to the existing catalogue of problems encountered by practitioners in the field. As discussed earlier, although there are some general criteria for each group of materials, there are also specificities that can slightly change the course of treatment for each specimen. And, in order to plan the overall conservation strategy and decide on priorities, the focus needs to be broadened from single specimens to whole assemblages. Some specimens are not as relevant to the research and may receive less attention than those that are more germane to the project's objectives [33]. It is therefore crucial that conservators know the state of the art of archaeological research as well as the research workflow at each specific site. Only the long-term integration of conservation into the archaeological project itself can truly make this kind of approach feasible.

Acknowledgements

This work was developed within the framework of the following projects: Grant PID2021-122355NB-C32, funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by ERDF “A way of making Europe”; 2021 SGR 01238 and 2021 SGR 01239 (AGAUR), the 2023PFR-URV-01238 and 2023PFR-URV-01239 (URV), and CLT009/18/00053 (DGABMP, Generalitat de Catalunya). A. Pineda is supported by the LATEUROPE project (Grant agreement ID 101052653) that has received funding from the European Research Council (ERC) under the European Union's HORIZON1.1 research programme.

REFERENCES

1. Renfrew, C., Bahn, P.G., *Archaeology: theories, methods, and practice*, 3rd ed. Thames & Hudson, New York (2000).
2. Cronyn, J. M., *The elements of archaeological conservation*, Routledge, London (1990).
3. Méthivier, A.; Proust, C., ‘Conservation-restauration et archéologie : chemins croisés’, *Les nouvelles de l'archéologie* **157-158** (2019) 56–61, <https://doi.org/10.4000/nda.7561>.
4. Caple, C., ‘Introduction: the challenges of archaeological conservation’, in *Studies in archaeological conservation*, eds. C. Caple & V. Garlick, Routledge, London (2021) 3–27.
5. Johnson, J. S., ‘Consolidation of archaeological bone: a conservation perspective’, *Journal of Field Archaeology* **21**(2) (1994) 221–233, <https://doi.org/10.1179/009346994791547661>.
6. Larkin, N. R., ‘Literally a ‘mammoth task’: The conservation, preparation and curation of the West Runton Mammoth skeleton’, *Quaternary International* **228**(1–2) (2010) 233–240, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.07.002>.
7. Beiner, G. B.; Rabinovich, R., ‘An elephant task—conservation of elephant remains from Revadim Quarry, Israel’, *Journal of the Institute of Conservation* **36**(1) (2013) 37–41, <https://doi.org/10.1080/19455224.2013.796887>.
8. López-Polín, L.; Bertral, A.; Font, B.; Ollé, A., ‘Preparation and conservation treatments of the Pleistocene fossil vertebrate remains from the cave site of Tossal de la Font (Vilafamés, Castelló, Spain)’, in *I Conservation workshop: finding global solutions for natural history collections*, eds. C. Cancelo Fernández, S. Val Molina, J. Marigó Cortés & L. Celià Gelabert, Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, Sabadell (2010) 225–231.
9. Ortega, M. C.; Gracia, A.; Carretero, J. M.; Martínez, I.; Quam, R.; Arsuaga, J. L., ‘Restauration d'un fémur fossile humain du site de la Sima de los Huesos (Atapuerca, Espagne)’, *L'Anthropologie* **113**(1) (2009) 233–244, <https://doi.org/10.1016/j.anthro.2009.01.010>.
10. Daura, J.; Sanz, M.; Arsuaga, J. L.; Hoffmann, D. L.; Quam, R. M.; Ortega, M. C.; Santos, E.; Gómez, S.; Rubio, A.; Villacusa, L.; Souto, P.; Mauricio, J.; Rodrigues, F.; Ferreira, A.; Godinho, P.; Trinkaus, E.; Zilhão, J., ‘New Middle Pleistocene hominin cranium from Gruta da Aroeira (Portugal)’, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **114**(13) (2017) 3397–3402, <https://doi.org/10.1073/pnas.1619040114>.
11. Clarke, R. J., ‘The Ndutu cranium and the origin of Homo sapiens’, *Journal of Human Evolution* **19**(6–7) (1990) 699–736, [https://doi.org/10.1016/0047-2484\(90\)90004-U](https://doi.org/10.1016/0047-2484(90)90004-U).
12. Bermúdez de Castro, J. M.; Martínez de Pinillos, M.; López-Polín, L.; Martín-Francés, L.; García-Campos, C.; Modesto-Mata, M.; Rosell, J.; Martín-Torres, M., ‘A descriptive and comparative study of two Early Pleistocene immature scapulae from the TD6.2 level of the

- Gran Dolina cave site (Sierra de Atapuerca, Spain)', *Journal of Human Evolution* **139** (2020) 102689, <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2019.102689>.
13. López-Polín, L.; Ollé, A.; Cáceres, I.; Carbonell, E.; Bermúdez de Castro, J. M. J. M., 'Pleistocene human remains and conservation treatments: the case of a mandible from Atapuerca (Spain)', *Journal of Human Evolution* **54**(5) (2008) 539-545, <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2007.07.011>.
14. López-Polín, L.; Bermúdez de Castro, J. M.; Carbonell, E., 'Preparation of Pleistocene human bones with an ultrasonic scaler: the case of mandible ATD6-112 from Atapuerca (Spain)', *Archeosciences* **35**(1) (2011) 235-239, <https://doi.org/10.4000/archeosciences.3283>.
15. López-Polín, L.; Bermúdez de Castro, J. M.; Carbonell, E., 'The preparation and conservation treatments of the human fossils from Lower Pleistocene unit TD6 (Gran Dolina site, Atapuerca) – the 2003-2009 record', *Quaternary International* **433**(part A) (2017) 251-262, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.036>.
16. Neumann, T. W.; Sanford, R. M., 'Cleaning artifacts with Calgon (TM)', *American Antiquity* **63**(1) (1998) 157-160, <https://doi.org/10.2307/2694782>.
17. Rodgers, B.A., *The archaeologist's manual for conservation. A guide to non-toxic, minimal intervention artifact stabilization*, Springer, New York (2004).
18. Peters, R. F.; Díaz Pila, E.; Ohara-Anderson, E., 'Bridge over Olduvai Gorge: capacity building and conservation of lithics and fossils', in *ICOM-CC 18th Triennial conference preprints*, ed. J. Bridgland, International Council of Museums, Paris (2017) 1104.
19. Zornoza-Indart, A.; López-Arce, P.; López-Polín, L., 'Archaeological chert artifacts from Atapuerca sites (Burgos, Spain): characterization, causes of decay and selection of compatible consolidating products', *Conservar Património* **36** (2021) 20-35, <https://doi.org/10.14568/cp2019037>.
20. Ollé, A.; Vergès, J. M.; Rodríguez, X. P.; Cáceres, I.; Angelucci, D. E.; Vallverdú, J.; Demuro, M.; Arnold, L.; Falguères, C.; Bennàsar, M.; López-García, J. M.; Blain, H.-A.; Bañuls-Cardona, S.; Burjachs, F.; Expósito, I.; López-Polín, L.; López-Ortega, E., 'The Middle Pleistocene site of La Cansaladeta (Tarragona, Spain): stratigraphic and archaeological succession', *Quaternary International* **393** (2016) 137-157, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.08.053>.
21. Pineda, A.; Saladié, P.; Expósito, I.; Rodríguez-Hidalgo, A.; Cáceres, I.; Huguet, R.; Rosas, A.; López-Polín, L.; Estalrich, A.; García-Tabernero, A.; Vallverdú, J., 'Characterizing hyena coprolites from two latrines of the Iberian Peninsula during the Early Pleistocene: Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos) and La Mina (Barranc de la Boella, Tarragona)', *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **480** (2017) 1-17, <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.04.021>.
22. Vallverdú, J.; Saladié, P.; Rosas, A.; Huguet, R.; Cáceres, I.; Mosquera, M.; García-Tabernero, A.; Estalrich, A.; Lozano-Fernández, I.; Pineda-Alcalá, A.; Carrancho, Á.; Villalán, J. J.; Bourlès, D. L.; Braucher, R.; Lebatard, A.; Vilalta, J.; Esteban-Nadal, M.; Bennàsar, M. L.; Bastir, M.; Carbonell, E., 'Age and date for early arrival of the Acheulian in Europe (Barranc de la Boella, la Canonja, Spain)' *PLoS ONE* **9**(7) (2014) e103634, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103634>.
23. Mosquera, M.; Saladié, P.; Ollé, A.; Cáceres, I.; Huguet, R.; Villalán, J. J.; Carrancho, A.; Bourlès, D. L.; Braucher, R.; Vallverdú, J., 'Barranc de la Boella (Catalonia, Spain): an Acheulean elephant butchering site from the European late Early Pleistocene', *Journal of Quaternary Science* **30**(7) (2015) 651-666, <https://doi.org/10.1002/jqs.2800>.
24. Pineda, A.; Saladié, P.; Huguet, R.; Cáceres, I.; Rosas, A.; Estalrich, A.; García-Tabernero, A.; Vallverdú, J., 'Changing competition dynamics among predators at the late Early Pleistocene site Barranc de la Boella (Tarragona, Spain)' *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **477** (2017) 10-26, <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.03.030>.
25. Ollé, A.; Lombao, D.; Asryan, L.; García-Medrano, P.; Arroyo, A.; Fernández-Marchena, J. L.; Yeşilova, G. C.; Cáceres, I.; Huguet, R.; López-Polín, L.; Pineda, A.; García-Tabernero, A.; Fidalgo, D.; Rosas, A.; Saladié, P.; Vallverdú, J., 'The earliest European Acheulean: new insights into the large shaped tools from the late Early Pleistocene site of Barranc de la Boella (Tarragona, Spain)', *Frontiers in Earth Science* **11** (2023) 1-29, <https://doi.org/10.3389/feart.2023.1188663>.
26. Jouy-Avantin, F.; Debenath, A.; Moigne, A. M.; Moné, H., 'A standardized method for the description and the study of coprolites', *Journal of Archaeological Science* **30**(3) (2003) 367-372, <https://doi.org/10.1006/jasc.2002.0848>.
27. Shillito, L. M.; Blong, J. C.; Green, E. J.; van Asperen, E. N., 'The what, how and why of archaeological coprolite analysis', *Earth-Science Reviews* **207** (2020) 103196, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103196>.
28. Pineda, A.; Saladié, P.; Huguet, R.; Cáceres, I.; Rosas, A.; García-Tabernero, A.; Estalrich, A.; Mosquera, M.; Ollé, A.; Vallverdú, J., 'Coexistence among large predators during the Lower Paleolithic at the site of La Mina (Barranc de la Boella, Tarragona, Spain)', *Quaternary International* **388** (2015) 177-187, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.05.006>.
29. Andrefsky William, J., *Lithics: macroscopic approaches to analysis*, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge (2005).
30. Zornoza-Indart, A.; López-Arce, P.; López-Polín, L., 'Durability of traditional and new nanoparticle based consolidating products for the treatment of archaeological stone tools: Chert artifacts from Atapuerca sites (Burgos, Spain)', *Journal of Cultural Heritage* **24** (2017) 9-21, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.10.019>.
31. López-Polín, L.; Gómez, G.; García-Antón, M. D.; Ibáñez, N.; Solé, A.; Guiu, J.; Martín, A.; Vilalta, J.; Fernández, P.; Lacasa, E.; Bertral, A.; Font, B.; Esteban, M.; Carbonell, E., 'La restauración de restos óseos e industria lítica en los yacimientos pleistocenos de la Trinchera del Ferrocarril (Sierra de Atapuerca, Burgos)', *Pátina* **15** (2008) 33-44.
32. López-Polín, L., 'Interventive conservation treatments (or preparation) of Pleistocene bones: Criteria for covering information from the archaeopalaeontological record', *Quaternary International* **388** (2015) 199-205, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.05.031>.

33. Reitz, E. J.; Wing, E. S., *Zooarchaeology*, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge (2008), <https://doi.org/10.1017/CBO9780511841354>.
34. López-Polín, L., 'Possible interferences of some conservation treatments with subsequent studies on fossil bones: A conservator's overview', *Quaternary International* **275** (2012) 120-127, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.07.039>.
35. Pineda, A.; Saladié, P., 'Beyond the problem of bone surface preservation in taphonomic studies of Early and Middle Pleistocene open-air sites', *Journal of Archaeological Method and Theory* **29** (2022) 1090-1130, <https://doi.org/10.1007/s10816-022-09550-0>.
36. Valtierra, N.; Courtenay, L. A.; Fabregat-Sanjuan, A.; López-Polín, L., 'Cleaning archaeological bones: influence of water, ethanol, and acetone on microhardness', *International Journal of Osteoarchaeology* **33**(5) (2023) 967-972, <https://doi.org/10.1002/oa.3230>.
37. Díaz-Cortés, A.; del Valle, H.; López-Polín, L.; Otero, J.; Cáceres, I.; Valtierra, N.; Pineda, A.; Saladié, P.; Vallverdú, J., 'Diagnosis of archaeological bones: analyzing the state of conservation of lower Pleistocene bones through diagenesis methods', *Microchemical Journal* **206** (2024) 111353, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.111353>.
38. Valtierra, N.; Courtenay, L. A.; López-Polín, L., 'Microscopic analyses of the effects of mechanical cleaning interventions on cut marks', *Archaeological and Anthropological Sciences* **12** (2020) 193, <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01153-8>.
39. Valtierra, N.; Díaz-Cortés, A.; Courtenay, L. A.; Fabregat-Sanjuan, A.; López-Polín, L., 'Microscopic modifications produced by mechanical cleaning interventions on archaeological bone', *Journal of Cultural Heritage* **55** (2022) 107-116, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.03.001>.
40. Schlichting, C., 'Working with polyethylene foam and fluted plastic sheet', *Tecnical Bulletin* **14** (1994), https://publications.gc.ca/collections/collection_2016/pch/NM95-55-14-1994-eng.pdf (accessed 2024-12-13).
41. Pye, E., 'Archaeological conservation: scientific practice or social process?' in *Conservation: principles, dilemmas and uncomfortable truths*, eds. A. Richmond & A. Bracker, Butterworth-Heinemann, London (2009) 129-138.
42. Sease, C., *A conservation manual for the field archaeologist*, Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles (1987).
43. Leigh, D., *First aid for finds. A practical guide for archaeologists*, Department of Archaeology, University of Southampton, Herford (1972).
44. Dowman, E. A., *Conservation in field archaeology*, Institute of Archaeology, London (1970).
45. Pedeli, C.; Pulga, S., *Pratiche conservative sullo scavo archeologico. Principi e metodo*, All'insegna del Giglio, Firenze (2002).
46. Beaubien, H. F., 'Field conservation of skeletal remains: stabilization treatment techniques and implications for future analysis', *Advances in Archaeological Practice* **7**(SP1) (2019) 23-29, <https://doi.org/10.1017/aap.2018.36>.
47. Ortega, M. C.; Canseco, O. T.; Pastor, A.; Arsuaga, J. L.; Pérez-González, A.; Laplana, C.; Márquez, B.; Baquedano, E., 'In situ conservation strategies at the Pleistocene sites of Pinilla del Valle, Madrid (Spain)', *Journal of Paleontological Techniques* **15**(15) (2016) 85-111.
48. Díaz-Cortés, A.; Graziani, G.; Boi, M.; López-Polín, L.; Sassoni, E., 'Conservation of archaeological bones: assessment of innovative phosphate consolidants in comparison with Paraloid B72', *Nanomaterials* **12**(18) (2022) 3163, <https://doi.org/10.3390/nano12183163>.
49. Díaz-Cortés, A.; Otero, J.; López-Polín, L., 'Multi-analytical approach for the preservation of Pleistocene bones: evaluation of potential consolidation products and application methods', *Microscopy and Microanalysis* **29**(1) (2022) 27-42, <https://doi.org/10.1093/micmic/ozaco13>.

RECEIVED: 2025.1.10

REVISED: 2025.1.17

ACCEPTED: 2025.4.10

ONLINE: 2025.5.22



This work is licensed under the Creative Commons

Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

To view a copy of this license, visit

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>.

Evaluación del impacto por el cambio climático en sitios arqueológicos: estado de la cuestión

Avaliação do impacto das alterações climáticas nos sítios arqueológicos: ponto da situação

Assessment of the impact of climate change on archaeological sites: state of play

ELENA GARCÍA MARTÍNEZ Universidad Complutense de
Madrid, España

*mariae80@ucm.es

Resumen

En la actualidad, cualquier programa o plan de gestión en patrimonio cultural sería poco riguroso si no se consideraran las estrategias que valoren el impacto del cambio climático en los bienes, adapten sus proyectos a esos efectos y mejoren la sostenibilidad en sus intervenciones. Desde el principio del presente siglo se han acelerado los esfuerzos por sistematizar evaluaciones que integren, tanto la exposición a los impactos climáticos como la vulnerabilidad del patrimonio cultural. El presente trabajo tiene por objetivo revisar el recorrido de los proyectos impulsados por entidades europeas que han implementado evaluaciones de riesgo y vulnerabilidad derivadas de los efectos del cambio climático en el patrimonio cultural, mediante casos de estudios en sitios arqueológicos. Su valoración crítica determinará el actual estado de la cuestión, y permitirá establecer líneas de actuación para una adaptación eficaz al reto que representa el cambio climático.

Resumo

Atualmente, qualquer programa ou plano de gestão do património cultural seria negligente se não considerasse estratégias para avaliar o impacto das alterações climáticas no património cultural, adaptar os seus projetos a esses efeitos e melhorar a sustentabilidade das suas intervenções. Desde o início deste século, aceleraram-se os esforços para sistematizar avaliações que integrem tanto a exposição aos impactos climáticos como a vulnerabilidade do património cultural. O objetivo deste artigo é analisar o progresso dos projetos europeus que implementaram avaliações de risco e vulnerabilidade dos efeitos das alterações climáticas no património cultural através de casos de estudos de estações arqueológicas. A sua avaliação crítica determinará o estado atual da questão e permitir-nos-á estabelecer linhas de ação para uma adaptação eficaz ao desafio colocado pelas alterações climáticas.

Abstract

Currently, any cultural heritage management program or plan would be weak if it did not include strategies for assessing the impact of climate change on properties, adapting its projects to these impacts, and improving the sustainability of its interventions. Since the beginning of this century, efforts to systematise assessments that integrate both exposure to climate impacts and vulnerability of cultural heritage have accelerated. The aim of this work is to review the progress of European projects that have carried out risk and vulnerability assessments of climate change impacts on cultural heritage, using case studies of archaeological sites. Their critical assessment will determine the current state of the art and allow us to identify lines of action for effective adaptation to the challenge posed by climate change.

PALABRAS-CLAVE

Exposición
Sensibilidad
Vulnerabilidad
Capacidad de adaptación
Resiliencia

PALAVRAS-CHAVE

Exposição
Sensibilidade
Vulnerabilidade
Capacidade de adaptação
Resiliência

KEYWORDS

Exposure
Sensitivity
Vulnerability
Adaptability capacity
Resilience

Introducción

La implicación del patrimonio cultural en la gestión de riesgos y adaptación al cambio climático no fue estudiada en las etapas iniciales de la implantación de estrategias globales, si bien, numerosos ejemplos dieron la voz de alarma de esa necesidad, y en especial, en los casos de los eventos extremos y sus graves consecuencias [1].

En los últimos años esta situación se ha ido paliando gracias al trabajo de profesionales y organismos internacionales. Prueba de ello es el último informe realizado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC y sus informes Assessment Report, AR), que reconoce que el cambio climático no solo afecta a los ecosistemas y sociedades del pasado, sino también a los restos que han dejado. También llama la atención sobre la progresiva pérdida de restos arqueológicos y de sitios históricos, así como los archivos naturales de datos paleoambientales, que a menudo se pasan por alto [2].

A continuación, vamos a revisar algunas de las estrategias que han proporcionado las directrices y un marco de actuación a los proyectos que son objeto de revisión en el presente artículo.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) ha realizado en los últimos 20 años una extensa labor investigadora y divulgativa sobre posibles formas de enfrentarse a los impactos climáticos. En su Decisión 30 propone una estrategia para la reducción de riesgos, presentada en *Policy document on the impacts of climate change on world heritage properties uses* [3-4]. Esta preocupación es una constatación en la organización, y queda reflejada en diferentes publicaciones como *Gestión del riesgo de desastres para el patrimonio cultural* [5].

Por su parte, el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS), como órgano asesor de la UNESCO en sus estrategias de acción climática y patrimonio, cuenta con el grupo de trabajo específico, *Climate change working group*. Entre sus iniciativas destacamos la publicación del documento titulado *The future of our past: engaging cultural heritage in climate action* [6]. Una de las razones por las que este informe ha resultado ser un referente en investigaciones posteriores se debe a que no solo establece directrices, sino que tiene un marcado carácter práctico que desarrolla en las tablas de correlación entre las amenazas del cambio climático y las categorías patrimoniales.

En el contexto europeo, la Recomendación 238 del año 2010 de la Comisión de la Unión Europea (UE) reconoce la necesidad de poner en marcha una programación para la investigación en patrimonio cultural, cambio climático y seguridad, enmarcando gran parte de los proyectos que analizaremos en el apartado de “Resultados” [7].

En el año 2013 la UE promueve la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático, que sienta las bases y los principios sobre la política comunitaria en materia de adaptación. Esta estrategia se gestiona a través de la plataforma *Climate-ADAPT* (Climate-ADAPT) [8], asociación entre la Comisión Europea y la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), y cuenta con el apoyo del Centro Temático Europeo sobre los Impactos del Cambio Climático, la Vulnerabilidad y la Adaptación (ETC/CCA).

De igual forma, el Consejo de Europa en el año 2017 establece su Estrategia Europea del patrimonio cultural para el siglo XXI [9]. En el Año Europeo del Patrimonio Cultural, junto la UE y UNESCO, proponen un enfoque integrado en el Marco Europeo de Actuación sobre el Patrimonio Cultural [10]. En su pilar número tres sobre “el patrimonio cultural para una Europa más resiliente”, destaca la línea de acción dirigida a proteger el patrimonio cultural frente a los desastres naturales y el cambio climático. Esta línea se refuerza en las conclusiones del año 2020 sobre Gestión de riesgos en el patrimonio cultural, del Consejo de la UE [11].

Europa Nostra e ICOMOS, en 2021 redactan el Libro Verde del Patrimonio Cultural Europeo, que describe la necesidad de ayudar a crear puentes y cooperación entre el patrimonio, la cultura, la sostenibilidad, la ciencia y la acción climática, para inspirar nuevos enfoques para que Europa pueda lograr su transición verde [12].

Durante los años 2021 y 2022, expertos de la Comisión de la Unión Europea, presentan dos informes sobre patrimonio cultural y cambio climático. El primero titulado *Strengthening cultural heritage resilience for climate change* [13]. En ese documento se aportan las recomendaciones para los políticos y responsables de la toma de decisiones en patrimonio a todos los niveles de la Unión Europea. Su Anexo 2 identifica 83 ejemplos de buenas prácticas en Europa. El segundo es resultado de la colaboración de dos programas europeos *Joint Programming Initiatives*, JPIClima y JPIHeritage, titulado *WHITE PAPER. Cultural Heritage and Climate Change: New challenges and perspectives for research*, documento estratégico que integra los resultados de la investigación en los dos campos [14].

La Agenda Global de Investigación y Acción sobre Cultura, Patrimonio y Cambio Climático, es el resultado de la colaboración científica entre ICOMOS, UNESCO e IPCC. El documento sintetiza las contribuciones de los más de 100 participantes de todo el mundo que intervinieron en la Reunión Internacional sobre Cultura, Patrimonio y Clima (ICSM-CHC), que se llevó a cabo en diciembre de 2021. El trabajo explora las sinergias entre la cultura, el patrimonio y el cambio climático y establece, en su segundo eje o área de interés, “el estudio de la pérdida, el daño, la vulnerabilidad y la comprensión de los riesgos” [15].

Por su parte, el grupo de trabajo sobre cambio climático del ICOMOS redacta, en marzo del 2023, la Guía de Adaptación, con recomendaciones de buenas prácticas en medidas de adaptación del patrimonio al cambio climático [16].

Por último, haremos referencia a la recomendación del European Committee for Standardization (CEN), EN 17652:2022, titulada *Cultural heritage - Assessment and monitoring of archaeological deposits for preservation in situ*, elaborada por el comité técnico CTN-UNE 41 Construcción.

Esta norma tiene como objetivo establecer un marco de toma de decisiones para la conservación in situ de yacimientos arqueológicos, e identifica los mecanismos de evaluación y, en su caso, seguimiento de estos lugares. Contempla los riesgos derivados del cambio climático en la caracterización de las condiciones ambientales, si bien, sólo en el caso de la temperatura [17].

El objetivo principal es por tanto la revisión y valoración crítica de los proyectos patrimoniales derivados de estrategias europeas, que han propuesto evaluaciones de vulnerabilidad de sitios arqueológicas derivados de los efectos del cambio climático.

Metodología

La metodología seguida en la investigación está centrada en una búsqueda y análisis de proyectos de investigación que permitieran elaborar una línea temporal en la evaluación de riesgos y de vulnerabilidad climática en los sitios arqueológicos. Una primera aclaración a este respecto es que en el presente trabajo entendemos la evaluación de vulnerabilidad como un proceso de identificación, predicción y valoración de los efectos del cambio climático sobre el patrimonio cultural, en nuestro caso patrimonio arqueológico construido (tangibile), dejando sus valores intangibles y significancia a futuras investigaciones.

Los proyectos revisados presentan dos metodologías diferenciadas. Por un lado, los que se basan en estudios de casos, y que proponen avanzar en la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de sitios arqueológicos y por otro, los proyectos que tienen por objetivo analizar herramientas y tecnologías capaces de caracterizar y monitorizar amenazas, especialmente sistema de alertas tempranas antes eventos extremos.

Esta revisión tiene como eje vertebrador los programas de investigación promovidos desde la Unión Europea, el primero de ellos *Noah's Ark*, 2004-2007 y, por tanto, el alcance temporal del análisis parte del comienzo del presente siglo hasta la actualidad y se limita al ámbito europeo.

También queremos destacar que los términos empleados para definir los parámetros involucrados en las evaluaciones se han ido transformado para ajustarse a los nuevos objetivos y actuaciones a realizar, por lo que a continuación definimos los que emplearemos en el presente artículo.

A lo largo del trabajo nos referiremos específicamente a los informes AR que genera el Panel Internacional sobre Cambio Climático, IPCC. Los estudios sobre el clima futuro se apoyan en simulaciones numéricas que exploran la evolución del clima medio y de su variabilidad. Este aspecto queda recogido en la expresión “proyección climática”, entendida como “la respuesta simulada del sistema climático a diversos escenarios” [18]. El IPCC define escenario como “descripción plausible, y generalmente simplificada, sobre cómo puede desarrollarse el futuro, basada en una serie de asunciones consistentes y coherentes entre sí. Conjunto de hipótesis de trabajo sobre cómo puede evolucionar la sociedad y qué puede suponer esa evolución para el clima” [19].

Estos escenarios se denominan “Trayectorias de Concentración Representativas” (RCP, de sus siglas en inglés). Y aunque existen cuatro escenarios en los informes AR en el presente trabajo haremos referencia a al RCP 4.5, siendo éste el escenario más favorable y RCP 8.5 al más alarmante.

Por otro lado, también se establecen “horizontes”, plazos de tiempo, diferenciando horizonte próximo (2046-2065) al lejano (2081-2100).

En cuanto al glosario empleado, a continuación, definiremos los términos que entendemos imprescindibles para el seguimiento de la línea argumental del artículo, e incluidos en el informe especial del IPCC [20]. En el caso de la sensibilidad y cadena de impacto, se incluyen en la norma UNE-EN ISO 14091, que a su vez está basado en el informe AR5 [21] y titulado, Adaptación al cambio climático directrices sobre la vulnerabilidad, los impactos y la evaluación del riesgo [22]:

- Exposición: la presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos medioambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente;
- Vulnerabilidad: propensión o predisposición a ser afectado negativamente; la vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación;
- Capacidad de adaptación: capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias; esta entrada del glosario se basa en definiciones utilizadas en informes anteriores del IPCC y en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio [23];
- Resiliencia: capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligrosos respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación [24];
- Sensibilidad: grado en el cual un sistema o especie son afectadas, ya sea en forma adversa o benéfica, por el cambio o la variabilidad del clima;
- Cadena de impacto: el enfoque analítico que permite entender cómo es que peligros dados generan impactos directos o indirectos.

Resultados

La investigación sobre la cuantificación de los impactos del cambio climático en bienes culturales, para el establecimiento de estrategias de protección a largo plazo, se ha fortalecido durante los últimos 15 años. En este apartado revisaremos cronológicamente algunos proyectos que consideramos de interés, por sus aportaciones a dicho ámbito de estudio.

Como hemos mencionado, el proyecto que constituyó el primer enfoque científico para las siguientes investigaciones fue *Noah's Ark*, coordinado por *Consiglio Nazionale delle Ricerche*, Italia. Sus conclusiones se presentan en un Atlas de Vulnerabilidad [25]. El proyecto se centraba en procesos lentos de deterioro como cristalización de sales o biodeterioro, tanto en materiales pétreos, madera y metales. Establecía una matriz en la que parámetros climáticos, riesgos e impactos se interrelacionaban, aportando a continuación estrategias de mitigación y adaptación para diferentes materiales patrimoniales. Aunque de obligada mención, este proyecto no describía ninguna aproximación a un método de evaluación.

A partir de este trabajo los esfuerzos se centraron en la búsqueda de nuevas herramientas de análisis y monitoreo. Los proyectos que sentaron las bases fueron *Heracles* y *Storm*, que se desarrollan dentro del Programa Marco de la Unión Europea Horizonte 2020 y se han centrado en el desarrollo de sistemas y soluciones de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) con el objetivo de fortalecer la resiliencia de los recursos culturales a los efectos del cambio climático y los peligros naturales.

Heritage Resilience Against Climate Events on Site, *Heracles*, fundamenta su investigación a través de cuatro estudios de caso; las murallas y el palacio de *Consoli in Gubbio* (Italia) y el palacio minoico de *Knossos* y la fortaleza costera de *Koules* (Creta).

Entre las herramientas empleadas destacan diferentes modelos como los geomorfológicos mediante un software GIS, que permite mapear la susceptibilidad de deslizamientos; modelos hidrodinámicos y modelos de cambio climático basado en simulaciones, con una resolución de 12,5 Km, calculados con los escenarios RCP8.5 del informe AR5 del IPCC. También se realizó un estudio analítico *in situ* de los materiales constituyentes de los bienes patrimoniales, así como de las condiciones ambientales.

En su entregable D1.3 describe las metodologías para la evaluación del impacto climático y análisis de riesgo y vulnerabilidad que se divide en seis pasos consecutivos que se agrupan para la identificación-estimación-evaluación de riesgos.

En su entregable D7.2, se detallan unas tablas (1 y 2) con los factores ambientales y alteraciones respectivamente, que afectan a los casos de estudio.

Queremos destacar el desarrollo de los indicadores de vulnerabilidad y exposición que se determinan, en el caso de eventos extremos, con ayuda de los modelos climáticos en el caso de la vulnerabilidad y gracias a la modelación estructural de la degradación de los materiales, en el caso de la exposición.

La evaluación de riesgos es un análisis multicriterio y consiste en obtener una matriz por cada amenaza de cada caso de estudio, reflejados en una cuadrícula en el que cada celda tiene un resultado que se obtiene de la probabilidad asociada a cada amenaza. Las conclusiones se detallan de forma descriptiva en el entregable D1.2 [26].

El proyecto *Safeguarding Cultural Heritage through Technical and Organisational Resources Management*, *Storm*, fue coordinado por *Engegneria Informatica Spa* de Roma (Storm). Su objetivo fue diseñar un sistema capaz de realizar una evaluación de riesgos sobre peligros naturales y los derivados del cambio climático. Los estudios piloto se llevaron a cabo en sitios patrimoniales de gran relevancia como es el caso de las Termas de Diocleciano, participando, además de Italia, Grecia, Reino Unido, Portugal y Turquía. Simultáneo al proyecto *Heracles*, dicha investigación comparte el uso de nuevas tecnologías para su estudio como es el caso de los sensores acústicos inalámbricos, así como técnicas de levantamiento y diagnóstico, incluidas *Laser Imaging Detection and Ranging* (LIDAR) [27].

En cuanto a su metodología de evaluación se describe en su informe oficial D5.2 titulado *Risk Management Tool*, basándose en los parámetros establecidos en el informe AR5 del IPCC. Un ejemplo sería los resultados descritos en el caso de estudio de la evaluación de la vulnerabilidad en las ruinas romanas de Tróia, Portugal [28].

INTERREG Europa es el programa financiado por la Unión Europea con el objetivo de favorecer estrategias transfronterizas, dentro de las cuales se integran los proyectos *ADAPT Northern Heritage*, *Cherish*, *ProteCHTsave* y *Strench* que revisaremos a continuación.

ADAPT Northern Heritage, coordinado por *Historic Environment Scotland*, presenta la novedad de la colaboración transfronteriza de países del norte de Europa cuyas características como, dispersión geográfica, entorno severo, etc., dificultan a las comunidades y autoridades la gestión activa de su patrimonio cultural. El proyecto desarrolló una herramienta para evaluar los riesgos y vulnerabilidades de los lugares históricos y brindar orientación para la gestión de medidas estratégicas de adaptación. Entre sus estudios de casos se incluye la ruina abadía de Ballinskellings, del siglo XII, ubicada en la costa atlántica irlandesa.

La evaluación es cualitativa, y caracteriza las amenazas aplicando un valor en un rango entre 1 y el 16, tanto en las tendencias climáticas actuales como las predecibles en un horizonte del año 2070. Se representan en una matriz o ficha con los impactos observables y potenciales. Posteriormente facilita una lista de medidas para favorecer la adaptación [29].

El proyecto *Climate, Heritage and Environments of Reefs, Islands and Headlands*, *Cherish*, en la línea del anterior, está centrado en los sitios patrimoniales que se encuentran en las costas del Mar de Irlanda. Financiado por la UE, entre 2017 y 2023, consiste en monitorear y comprender los impactos pasados, presentes y futuros cercanos del cambio climático en los sitios patrimoniales y paisajes a lo largo de las costas y mares de Gales e Irlanda. Se basa en el empleo de herramientas LIDAR y fotogrametría entre otros, para la planificación y la gestión patrimonial. Utiliza modelos 3D de los estudios de caso para valorar la vulnerabilidad y recomendar pautas de mantenimiento en puntos estratégicos de las estructuras. En el caso de los sitios arqueológicos se usan diferentes técnicas geofísicas como el georradar o la resistencia eléctrica [30].

Dentro de este marco se desarrolla el Proyecto *Interreg Central Europe, Risk assessment and sustainable protection of cultural heritage in changing environment*, *ProteCHTsave*, con la participación de un consorcio de países centroeuropeos. Los objetivos son: identificación de áreas expuestas a riesgos en Europa Central, determinar la vulnerabilidad de conjuntos monumentales y establecer planes de salvaguarda ante situaciones de emergencia. Sus resultados consisten en una herramienta de mapeo GIS, con una resolución de celda de 12 km², de predicciones climáticas basadas en el informe AR5 y con los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. y un horizonte del año 2100. En este trabajo hay que destacar la elección de índices de seguimiento climático, como cantidad de precipitación acumulada o días de sequía, entre otros, y que proyectos posteriores han estandarizado en sus propuestas [31].

La plataforma GIS, durante la redacción del presente trabajo, se está actualizado con el soporte del proyecto *Strench*, y con el apoyo de los servicios del *Global Monitoring for Environment and Security*, COPERNICUS, en un proyecto coordinado y gestionado por la Comisión Europea [32].

Por su parte el programa *Strengthening resilience of cultural heritage at risk in a changing environment through proactive transnational cooperation*, *Strench*, fue coordinado por Institute of Atmospheric Sciences and Climate National research Council of Italy, y se realizó gracias a la ayuda del programa COPERNICUS [33]. En su entregable DT1.2.2. establece una metodología para evaluar la vulnerabilidad ante los eventos extremos consistente en identificar de forma cuantitativa la susceptibilidad, la exposición y la resiliencia, a partir de unos coeficientes calculados y ponderando diversos criterios y subcriterios [34].

El proyecto *Sustainable Historic Environments holistic reconstruction through Technological Enhancement, Shelter*, está coordinado por Fundación Tecnalia Research & Innovation, y tiene como objetivo mejorar la resiliencia de las áreas históricas con un especial interés en la acción participativa de la comunidad. España, contribuyó con el estudio de caso del Parque Natural de

Baixa Limia-Serra do Xurés reserva de la Biosfera Transfronteriza, junto con el Parque Nacional de Peneda-Gerês, en Portugal [35].

Sus resultados se expresan en cadenas de impacto divididas en tres bloques principales. El primero sería la caracterización de los impactos, siempre referida a eventos extremos, y su valoración, cualitativa, en referencia a los parámetros expresados en el AR5. El segundo bloque es la identificación de los receptores en patrimonio, infraestructuras y en el ámbito social. El último bloque se refiere a la vulnerabilidad en tres niveles que se corresponde con los siguientes receptores: a) estructural referida a la pérdida de patrimonio; b) funcional referida a la inoperatividad de actividades o infraestructuras; y c) social y económica. Esta metodología, con un enfoque más ambicioso en cuanto al alcance socio-económico, es la que se lleva a cabo en los actuales proyectos. Contempla un estudio más amplio en cuanto al análisis de riesgo de la población y pérdidas de infraestructura que otras propuestas revisadas. Los resultados de los estudios de casos se pueden consultar en la documentación de los informes finales [36-37].

Por último, revisamos el programa *Development of a Decision Support System for Improved Resilience & Sustainable Reconstruction of historic areas to cope with Climate Change & Extreme Events based on Novel Sensors and Modelling Tools, Hyperion*, coordinado por Erevnitiko Panepistimiako Institouto Systimaton Epikoinonion Kai Ypologiston, Grecia. España participa, a través de la Universidad de Granada, con el estudio experimental, aún en curso, en los barrios del Albaicín y el Realejo (Granada) [38].

Hyperion aprovechará las herramientas y servicios existentes (p. ej., modelos climáticos de eventos extremos y sus impactos, modelos de descomposición de materiales de construcción, servicios de Copernicus, etc.), diferentes tecnologías (imágenes terrestres y satelitales para inspección de áreas amplias, aprendizaje automático avanzado, etc.). Se pretende ofrecer una plataforma integrada de evaluación de la resiliencia, que aborde la comprensión del riesgo de amenazas múltiples, y la reconstrucción sostenible de áreas históricas. La vulnerabilidad se representa en mapas de riesgo asociados a escala 1×1 km (zona histórica), y funciones de daño específicas para materiales del patrimonio cultural. Sin embargo, la página web del proyecto no facilita aún el acceso a estos mapas. La vulnerabilidad de los casos de estudio en los inmuebles es una investigación sobre cómo responderían los materiales constitutivos a las futuras condiciones climáticas. Destacamos entre los estudios de caso las fortificaciones de la ciudad de Rhodas.

Tabla 1. Resumen de las evaluaciones de vulnerabilidad y riesgo de los proyectos revisados en el apartado anterior.

Proyectos	Años	Evaluación de vulnerabilidad climática
Noah's Ark	2004-2007	No realiza una evaluación; modelización de las amenazas y propuesta de medidas de adaptación para diferentes materiales
IPCC. AR5	2014	$R=f(P,E,V)$; $V=f(S,CA)$
Heracles	2016-2018	$R=(V \times E) \times P$
Storm	2016-2019	$R=f(A,E,V)$; $V=f(S,CA)$
ADAPT Northern Heritage	2017-2020	Valoración cualitativa del impacto de las amenazas, actuales y horizonte 2070, en un rango predeterminado
ProtechtCHT2save	2017-2020	Elaboración de mapa de riesgos de Europa central para eventos extremos, lluvias torrenciales, inundaciones y sequías. COPERNICUS
Cherish	2017-2022	3D interactivo de los casos de estudio con descripciones de la vulnerabilidad de las estructuras
Strench	2020-2022	$V=0,70 \times S + 0,30 \times E - 0,30 \times Re$; $0 < V < 1$
IPCC. AR6	2022	$R=f(P,E,V)$; $V=f(S,CA)$
Shelter	2019-2023	Caracterización del riesgo: $R=f(A,E,V)$; $V=f(S,CA)$. Marco conceptual expresado en cadenas de impacto a tres escalas, estructural, funcional y social-económica
Hyperion	2019-2023	La evaluación de la vulnerabilidad centrada el estudio de la degradación de los materiales constitutivos. La evaluación de la resiliencia se basa en los modelos socioeconómicos de los sitios.
EN 17652	2022	La evaluación mide el riesgo a la pérdida de vestigios de interés patrimonial en relación a la gravedad de unas condiciones ambientales y a su estado de conservación de forma cualitativa

V=Vulnerabilidad; P=A= Peligro o Amenaza; Re=Resiliencia; R=Riesgo; S=Sensibilidad; CA= Capacidad de Adaptación; E=Exposición

La primera valoración de los proyectos analizados tiene que ver con la variabilidad de los resultados, en gran medida dependiente del ámbito particular de investigación de las instituciones involucradas. El análisis sistemático del conjunto de experiencias ha permitido detectar problemas y carencias, a las que los grupos fueron respondiendo con renovaciones metodológicas y el empleo de nuevas tecnologías. Pero siempre con el objetivo compartido de promover una mejor conservación del patrimonio cultural frente al cambio climático.

En este sentido proyectos como *ProtechtCHT2save* [39], tiene como prioridad evaluar herramientas y tecnologías capaces de caracterizar y monitorizar amenazas por lo que sus resultados determinan la efectividad de las mismas. Por otro lado, existen proyectos organizados en consorcios de países en los que el objetivo se centra en estudiar la capacidad de adaptación o resiliencia de los sitios patrimoniales a su cargo, además del empleo de tecnologías de investigación punteras. Un ejemplo de lo anterior sería el programa de mantenimiento desarrollado en el proyecto *Heracles* [40] para los estudios de caso incluidos.

En cuanto a la metodología en las evaluaciones de vulnerabilidad, se puede observar que en los proyectos iniciales se intenta una aproximación a las recomendaciones de los informes AR, y los resultados se encajan en los parámetros establecidos tanto de forma cualitativa como *Heracles* o cuantitativa como *Strench* [41], aunque éste último sustituye la capacidad de adaptación por la resiliencia. Este cambio de parámetro es ya una constante en todos los siguientes proyectos, ya que aporta un mayor alcance en el ámbito social. De igual forma, la vulnerabilidad, engloba términos que se dejan de usar como parámetros individualizados, es el caso de la sensibilidad, adquiriendo un carácter más integrador.

En relación a la [Tabla 1](#), es destacable la tendencia a la realización de valoraciones descriptivas, tanto a modo de fichas como sería el caso de *ADAPT Northern Heritage* [29] o como en cadenas de impacto, en las que la información expresa interconexiones de interés, como sería el caso del proyecto *Shelter* [42].

En cuanto al método de evaluación en los proyectos revisados, con vistas a su posible implementación en futuros trabajos, es de interés tener en cuenta el grado de complejidad en cuanto a los medios empleados que, en nuestra opinión, es directamente proporcional al alcance del bien a gestionar. Un ejemplo sería la necesidad de programas GIS y aplicaciones para conjuntos patrimoniales a nivel regional en los que su extensión territorial requiera, por parte de los gestores, una visión jerarquizada de los problemas y una documentación actualizada y ágil.

Un ejemplo práctico sería el plan de adaptación al cambio climático del patrimonio construido y arqueológico del gobierno de la República de Irlanda [43], Escocia [44], o Gales [45].

Fuera de la dinámica de los proyectos europeos de investigación patrimonial destacamos la recomendación del European Committee for Standardization (CEN), EN 17652:2022, ya mencionada *Cultural heritage – Assessment and monitoring of archaeological deposits for preservation in situ*.

En su Anexo C, ejemplifica la clasificación de un yacimiento, que consiste, en una caracterización del estado de conservación y de las condiciones ambientales, ambas cualitativas, entre excelente a muy malo. La clasificación de los riesgos es un listado de factores estudiados como, interés del yacimiento y consecuencias del deterioro sobre los bienes arqueológicos más importantes, entre otros. La evaluación resulta de una matriz en la que se relaciona el estado de conservación con las condiciones ambientales. De esta forma se categoriza el riesgo entre bajo/medio/alto/inmediato según sea la pérdida de vestigios de interés patrimonial [17, [Anexo C](#)].

Conclusiones

Una de las reflexiones más obvias, es la carencia, en el ámbito patrimonial y particularmente en relación a bienes inmuebles, de un método consensuado para la evaluación del estado de

conservación que ayude a la toma de decisiones y a priorizar medidas de actuación. Esta carencia de consenso ya ha sido identificada en otros aspectos de la conservación de patrimonio arqueológico, como son las relativas a estrategias en los procesos participativos y divulgativos [46].

Una metodología de evaluación consensuada sería de gran ayuda y complementaría otras evaluaciones patrimoniales, en las que los efectos derivados de cambio climático se tratan desde la perspectiva medioambiental y obviando las repercusiones en los bienes patrimoniales involucrados. Es decir, introducir mejoras en las Evaluaciones de Impacto Patrimonial (en adelante HIA acrónimo de *Heritage Impact Assessment*) que se realizan en el marco de la Evaluaciones de Impacto Ambiental (en adelante EIA). Un ejemplo de esto sería la EIA derivado del Proyecto de la vía A303 *Amesbury to Berwick Down* a su paso por *Stonehenge* [47].

La normativa de las EIA está muy consolidada en el territorio europeo, derivada de las Directivas de 2001 y 2021 sobre las evaluaciones de impacto ambiental de planes, programas y proyectos [48-49]. Las IEAs, independientemente del país europeo del que se trate, debe contemplar la evaluación de los efectos derivados del cambio climático en el territorio y por otro lado los impactos que el proyecto pudiera producir en los bienes patrimoniales.

Una HIA puede definirse como un proceso de identificación, predicción y valoración de los efectos de una acción sobre el patrimonio cultural. Así, busca aportar información en el proceso de toma de decisiones previo a la realización de la acción y su objetivo es prevenir y mitigar el impacto, facilitando el diálogo de los actores implicados [50].

En cualquier caso y generalmente, ambas evaluaciones no se cruzan, sino que se evalúan por separado los efectos del cambio climático en el medioambiente y los derivados del proyecto a ejecutar en el patrimonio cultural. Por todo ello, desde estas líneas, sugerimos la búsqueda de un consenso en la forma de evaluar, que podría enriquecer los resultados de las EIA con efectos positivos en el patrimonio.

Independientemente de la situación que provoque la evaluación, en la práctica, creemos que hay que tener en cuenta el alcance del bien a evaluar, que va a determinar los recursos necesarios y por tanto la metodología a seguir, considerando que el fin último persigue la implantación de un programa de seguimiento y unas medidas de actuación eficientes.

Agradecimientos

A los doctores Marta Plaza Beltrán y Fernando Carrera Ramírez por la supervisión del presente artículo que formará parte de la tesis titulada: Conservación de sitios arqueológicos y cambio climático, matriculada en la Facultad de Bellas Artes. Universidad Complutense de Madrid.

REFERENCIAS

1. UNESCO, *Estudios de Caso. Cambio Climático y Patrimonio Mundial*, World Heritage Centre, Paris (2009).
2. IPCC, *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, eds. H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem & B. Rama, Cambridge University Press, Cambridge and New York (2023), <https://doi.org/10.1017/9781009325844>.
3. 'UNESCO, Decisión. WHC-06/30.COM/19 Paris (2006), <https://whc.unesco.org/en/sessions/30COM/documents/> (acceso en 2023-12-19).
4. 'Draft updated policy document on the impacts of climate change on world heritage properties', in UNESCO – *World Heritage Convention* (2021), <https://whc.unesco.org/en/decisions/7917/> (acceso en 2023-12-20).
5. *Gestión del riesgo de desastres para el patrimonio mundial*, UNESCO, Paris (2014), <https://openarchive.icomos.org/id/eprint/2753> (acceso en 2023-12-20).
6. *The Future of our past. Engaging cultural heritage in climate action. Technical Report*, International Council on Monuments and Sites – ICOMOS, Paris (2019), <https://openarchive.icomos.org/id/eprint/2459> (acceso en 2023-12-20).
7. 'Recomendación de la Comisión de 26 de abril de 2010 sobre la iniciativa de programación conjunta de investigación «Patrimonio cultural y cambio mundial: un nuevo desafío para Europa» 2010/238/UE', *Diario Oficial de la Unión Europea* (2010), <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:106:0018:0019:ES:PDF> (acceso en 2023-12-20).
8. 'About climate-ADAPT', in *Climate ADAPT*, <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/about> (acceso en 2023-12-20).
9. 'Decisión 2017/864 del Parlamento europeo y del Consejo 17 de mayo de 2017 relativa a un Año Europeo del Patrimonio Cultural UE (2019) Marco Europeo de Actuación sobre el Patrimonio Cultural', *Diario Oficial de la Unión Europea* (2017), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017D0864&from=EN> (acceso en 2023-11-11).

10. Comisión Europea, Dirección General de Educación, Juventud, Deporte y Cultura, *Marco europeo de actuación sobre el patrimonio cultural*, Oficina de Publicaciones (2019), <https://data.europa.eu/doi/10.2766/98247>.
11. General Secretariat of the Council of the European Union, *Council conclusions on risk management in the área of cultural heritage*, Council of the European Union, Brussels (2020), <https://www.consilium.europa.eu/media/44116/sto8208-en20.pdf> (acceso en 2023-11-11).
12. Potts, A., *Libro Verde del Patrimonio Cultural Europeo*, trad. J. A. Alonso, C. Burgos, B. Iturralde y C. Villalba, Europa Nostra, Hague and Brussels (2021), <https://openarchive.icomos.org/id/eprint/2554/1/2021-European%20Cultural%20Heritage%20Green%20Paper-ES.pdf> (acceso en 2023-11-11).
13. European Commission: Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture, *Strengthening cultural heritage resilience for climate change – Where the European Green Deal meets cultural heritage – Compilation of good practice examples from Member States and third parties participating in the group*, Publications Office of the European Union (2022), <https://data.europa.eu/doi/10.2766/31292>.
14. JPI Cultural Heritage and JPI Climate, 'Cultural heritage and climate change: new challenges and perspectives for research', in *Cultural Heritage and global change* (2022), <https://www.heritageresearch-hub.eu/white-paper-cultural-heritage-and-climate-change-new-challenges-and-perspectives-for-research/> (acceso en 2023-11-11).
15. Morel, H.; Megarry, W.; Potts, A.; Jyoti, H.; Roberts, D.; Arian, Y.; Brondizio, E.; Cassar, M.; Flato, G.; Forgesson, S.; Masson-Delmotte, V.; Jigyasu, R.; Oumarou H.; Pötner, H.; Sengupta, S.; Sherpa, P. y Veillon, R., *Global research and action agenda on culture, heritage and climate change*, Project Report. ICOMOS & ISCM CHC, Charenton-le-Pont, France & Paris (2022), <https://openarchive.icomos.org/id/eprint/2716> (acceso en 2023-11-11).
16. ICOMOS Climate Action Working Group, *Adaptación al cambio climático* (2023), https://admin.icomos.org/wp-content/uploads/2025/03/CAWG-adaptation-spanish_Final.pdf (acceso en 2023-11-11).
17. 'EN 17652:2022: Cultural heritage – Assessment and monitoring of archaeological deposits for preservation in situ', in *iTeh Standards: CEN/TC 346 - Conservation of cultural property* (2022), <https://standards.iteh.ai/catalog/tc/cen/782ado83-d5d4-4d4f-ac6d-36572d262c15/cen-tc-346> (acceso en 2025-05-06).
18. Amblar, P.; Casado, M. P.; Pastor, A.; Ramos, P.; Rodríguez, E., *Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5*, Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid (2017), <https://doi.org/10.31978/014-17-010-8>.
19. Matthews, J. B. R.; Möller, V.; Diemen, R. van; Fuglestedt, J. S.; Masson-Delmotte, V.; Méndez, C.; Semenov, S.; Reisinger, A. (coords.), 'IPCC, Annex VII: Glossary', in *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, eds. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou, Cambridge University Press, Cambridge and New York (2021) 2215-2256, <https://doi.org/10.1017/9781009325844.029>.
20. IPCC, 'Resumen para responsables de políticas', in *Calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza*, eds. Masson-Delmotte V.; Zhai, P.; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.; Skea, J.; Shukla, P.R.; Pirani, A.; Moufouma-Okia, W.; Péan, C.; Pidcock, R.; Connors, S.; Matthews, J. B. R.; Chen, Y.; Zhou, X.; Gomis, M. I.; Lonnoy, E.; Maycock, T.; Tignor, M.; Waterfield, T., IPCC, s.l. (2018), <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish> (acceso en 2023-12-20).
21. Mach, K. J.; Planton, S.; Stechow, C. von (eds.), 'Annex II: Glossary', in *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, eds. Core Writing Team, R. K. Pachauri & L. A. Meyer, IPCC, Geneva (2014) 117-130, <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/> (acceso en 2023-12-20).
22. UNE-EN ISO 14091 *Adaptación al cambio climático directrices sobre la vulnerabilidad, los impactos y la evaluación del riesgo*, UNE-EN ISO (2021) *ISO 14091:2021(es), Adaptación al cambio climático — Directrices sobre la vulnerabilidad, los impactos y la evaluación del riesgo* (acceso en 2025-05-06).
23. Millennium Ecosystem Assessment (MA), 'Appendix D: Glossary', in *Ecosystems and Human Well-being: Current States and Trends. Findings of the Condition and Trends Working Group*, eds. R. Hassan, R. Scholes and N. Ash, Island Press, Washington DC (2005) 893-900.
24. Consejo Ártico, *Arctic Resilience Interim Report*. Stockholm Environment Institute and Stockholm Resilience Centre, Estocolmo (2013).
25. Sabioni, C.; Brimblecome, P.; Cassar, M., Commission of the European Communities, London (2010).
26. *Heracles project* (2018), <http://www.heracles-project.eu/project> (acceso en 2023-12-20).
27. Kasnesis, P.; Kogias, D.; Toumanidis, L.; Xevgenis, M. G.; Patrikakis, C. Z.; Giunta, G.; Li Calsi, G., 'An IoE architecture for the preservation of the cultural heritage: the STORM use case', in *Harnessing the Internet of Everything (IoE) for Accelerated Innovation Opportunities*, eds. P. J. S. Cardoso, J. Monteiro, J. Semião & J. M. F. Rodrigues, IGI Global, Hershey (2019) 193-214, <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-7332-6.ch009>.
28. Ravan, M.; João, M.; Vaz, I.; Brum, P.; Birkmann, J., 'A Vulnerability Assessment Framework for Cultural Heritage Sites: The Case of the Roman Ruins of Tróia', *International Journal of Disaster Risk Science* **14**(1) (2023) 26-40, <https://doi.org/10.1007/s13753-023-00463-4>.
29. Boro, M.; Hermann, C., 'Assessing risks and planning adaptation guidance on managing the impacts of climate change on northern historic places', in *AdaptNorthernHeritage project* (2020), <https://adaptnorthernheritage.interreg-npa.eu/tools-results/> (acceso en 2023-12-21).
30. *Cherish – Climate, Heritage and Environments of Reefs, Islands and Headland project* (2020), <https://cherishproject.eu/en/> (acceso en 2023-12-20).
31. *ProteCHt2save – Risk assessment and sustainable protection of cultural heritage in changing environment* (2020), <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/ProteCHt2save.html> (acceso en 2023-12-20).
32. 'Copernicus', in *EUSpace*, <https://www.copernicus.eu/es> (acceso en 2023-12-11-9).

33. 'Strench', in *Interreg Central Europe*, <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/STRENCH.html> (acceso en 2023-12-20).
34. Cacciotti, R.; Drdáký, M., 'Deliverable D.T1.2.2. – Definition of a methodology for ranking vulnerability of cultural heritage', in *Strench project* (2020), <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/STRENCH/CE1665-STRENCH-D.T1.2.2-Vulnerability-ranking.pdf> (acceso en 2023-12-20).
35. Shelter – Sustainable Historic Environments hoListic reconstruction through Technological Enhancement and community based Resilience project (2023), <https://doi.org/10.3030/821282>.
36. 'D6.3 – Adaptive Governance Schemes Mapping', in *Shelter project* (2023), <https://shelter-project.com/documents/scientific-publications-and-deliverables/> (acceso en 2023-12-20).
37. 'D6.4 – Historic area resilience coproduction playbook', in *Shelter project* (2023), <https://shelter-project.com/documents/scientific-publications-and-deliverables/> (acceso en 2023-12-20).
38. Development of a Decision Support System for Improved Resilience & Sustainable Reconstruction of historic areas to cope with Climate Change & Extreme Events based on Novel Sensors and Modelling Tools project (2023), <https://doi.org/10.3030/821054>.
39. Sardella, A.; Palazzi, E.; Hardenberg, J.; del Grande, C.; de Nuntis, P.; Sabbioni, C.; Bonazza, A., 'Risk mapping for the sustainable protection of cultural heritage in extreme changing environments', *Atmosphere* **11**(7) (2020) 700, <https://doi.org/10.3390/atmos11070700>.
40. Paraskevi, P.; Siatou, A.; Melessanaki, K.; Kalokairinou, E.; Alexandrakakis, G.; Ubertini, F.; Cavalagli, N.; Hellmund, T.; Katsaveli, E.; Doukoumetzidis, A.; Lolou, M.; Elpida, A.; Psaroudaki, E.; Kavoulaki, F.; Soldovieri, G.; Grammatikakis, P.; Knezic, A., 'Deriverable D7.2: Methodologies for maintenance, conservation, and restoration', in *Official Report HERACLES* (2018), <https://cordis.europa.eu/project/id/700395/results> (acceso en 2023-12-20).
41. Cacciotti, R.; Drdáký, M., 'Deliverable D.T1.2.2.: Definition of a methodology for ranking vulnerability of cultural heritage', in *Strench* (2020). <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/STRENCH/CE1665-STRENCH-D.T1.2.2-Vulnerability-ranking.pdf> (acceso en 2023-12-19).
42. Koc, E.; Yılmaz, Ö.; Küçük, E.; West, E.; Garcia, G.; Gandini, A.; Egusquiza, A.; Garcia, I., *Specific hazard risk assessment – Deliverable D2.5 Shelter*, online (2022), <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5e6e33982&appId=PPGMS> (acceso en 2023-12-19).
43. Daly, C.; Purcell, C.; Donnelly, J.; Chan, C.; MacDonagh, M.; Cox, P., 'Climate change adaptation planning for cultural heritage, a national scale methodology', *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development* **11**(4) (2021) 313-329, <https://doi.org/10.1108/JCHMSD-04-2020-0053>.
44. Harkin, D.; Hyslop, E.; Johnson, H.; Tracey, E., *A Guide to climate change impact. On Scotland's historic environment*, Historic Environment Scotland, Edinburgh (2019), www.historicenvironment.scot/impacts-guide (acceso en 2024-03-03).
45. 'Historic Environment and Climate Change in Wales', in *Cadw* (2020), <https://cadw.gov.wales/advice-support/climate-change/adapting-to-climate-change/historic-environment-and-climate-change> (acceso en 2024-06-03).
46. Pastor, A., 'Reflexiones en torno a la socialización de la conservación preventiva arqueológica en España', *Conservar Patrimonio* **37** (2021) 133-147, <https://doi.org/10.14568/cp2020017>.
47. National Highways, *A303 Amesbury to Berwick Down | 1.4 Response to Bullet Point Four – Environmental Information Review*, National Highways publications, England and Wales (2022), <https://nsip-documents.planninginspectorate.gov.uk/published-documents/TR010025-002232-A303.S0M%20Response.BP4%20Environmental%20Information%20Review-1.4.Final%2020220111.pdf> (acceso en 2024-06-03).
48. 'Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente', *DOCE* **197** (2001) 30-37, <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2001-81821> (acceso en 2024-06-03).
49. 'Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente', *DOUE* **26** (2012) 1-21, <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2012-80072> (acceso en 2024-06-03).
50. García, E.; Díaz-Sierra, R., 'El patrimonio cultural en las evaluaciones de impacto ambiental', *Ge-Conservacion* **23**(1) (2023) 18-27, <https://doi.org/10.37558/gec.v23i1.1148>.

RECEIVED: 2024.1.24

REVISED: 2024.2.3

ACCEPTED: 2025.3.10

ONLINE: 2025.5.22



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
AtribuciónNoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.
Para ver una copia de esta licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

Technical examination, material characterization, and restoration of the landscape painting by Mıgırdıç Givanian (1848-1906)

Pintura de paisagem de Mıgırdıç Givanian (1848-1906): exame técnico, caraterização do material e restauro

SELEN SERTAB KAYSER^{1,2} 
ÖZDEN ORMANCI^{3*} 
OĞUZ EMRE KAYSER^{2,3} 

1. Mimar Sinan Fine Arts University, Department of Conservation and Restoration of Artworks, Cumhuriyet Mahallesi Silahşör Caddesi No:71, Bomonti/Şişli, 34380 İstanbul, Turkey

2. Ankara Hacı Bayram Veli University, Conservation of Cultural Property PhD Program, Ankara, Turkey

3. Mimar Sinan Fine Arts University, Department of Conservation and Restoration of Cultural Property, Cumhuriyet Mahallesi Silahşör Caddesi No:71, Bomonti/Şişli, 34380 İstanbul, Turkey

*ozden.ormanci@msgsu.edu.tr

Abstract

This study presents the documentation, technical examinations, material characterization, and restoration work of an oil painting on a metal plate signed by Mıgırdıç Givanian. The painting was analyzed with visible, ultraviolet and oblique light, optical microscopy, X-ray, Raman and micro-X-Ray fluorescence spectrometry. Optical microscopy provided insights into the painting technique and deteriorations. It was determined that the artist used an iron-based metal plate and pigments including lead white, calcite, vermilion, Prussian blue, hematite, carbon black, and gypsum, which were identified through Raman analysis. The XRF analysis suggested the possibility of a copper-based green pigment, lead-tin yellow, and chrome yellow. During the restoration phase, the yellowed varnish layer on the surface was cleaned, and the localized retouches on the painting surface, were removed. As a finishing application, the surface was re-varnished and retouched. This study is significant as it represents the first comprehensive work conducted on a painting signed by Givanian.

Resumo

Este estudo apresenta a documentação, a caraterização dos materiais e o trabalho de restauro realizado a uma pintura a óleo sobre placa metálica, assinada por Mıgırdıç Givanian. Utilizou-se luz visível, ultravioleta e oblíqua, microscopia ótica, raios X, espectroscopia de Raman e fluorescência de micro raios X. A microscopia ótica permitiu conhecer a técnica de pintura e as deteriorações. Determinou-se, por Raman, o uso de uma placa metálica (ferro) e pigmentos, incluindo branco de chumbo, calcite, vermelho, azul da Prússia, hematite, negro de fumo e gesso. A análise XRF sugeriu a possibilidade de um pigmento verde à base de cobre, amarelo de chumbo-estanho e amarelo de crómio. o restauro, limpou-se a da camada de verniz amarelecida da superfície e removeram-se os retoques localizados na superfície da pintura. Como acabamento, a superfície foi envernizada e retocada. Este estudo é significativo, pois representa o primeiro trabalho exaustivo efetuado sobre uma pintura assinada por Givanian.

KEYWORDS

Givanian
 Conservation of oil paintings
 Paintings on metal support
 Raman Spectroscopy
 µ-XRF

PALAVRAS-CHAVE

Givanian
 Conservação de pinturas a óleo
 Pinturas em suporte metálico
 Espectroscopia Raman
 µ-XRF

Introduction

Mıgırdıç Givanian (Mıgırdıç Civanyan, Megerdich Jivanian)

Mıgırdıç Givanian was born in 1848 in Istanbul, Beşiktaş. His father, Hovhannes, was a respected violinist who served as a court musician during the reign of Sultan Abdülmecid. He attended elementary school at an Armenian school in Beşiktaş, where he received lessons in painting from the artist Apraham Sakayan [1]. During his early years, Mıgırdıç Givanian worked on stage set design for the theater company of the renowned playwright Hovannes Kasparyan. Between 1860 and 1870, Armenian architects, mainly the Balyan family, constructed buildings along the shores of the Bosphorus, and foreign painters were commissioned for the interior decorations of these structures. Mıgırdıç Givanian collaborated with these painters, contributing to the interior decorations of Beylerbeyi and Çırağan Palaces [1]. In 1874, Mıgırdıç Givanian took lessons at the studio of the French painter Pierre Desire Guillement located on Hammalbaşı Street in Beyoğlu [2]. He traveled to Italy and received painting education there between 1876 and 1879 [3].

Mıgırdıç Givanian not only gained renown as a painter but also became famous for his stage decorations. He created numerous set designs for the Ottoman Theatre, which was owned by Güllü Agop in Samatya. Additionally, he worked on the set decorations for Sotiraki's Grand Theatre in Galata [2].

Due to insufficient financial means to rent a gallery and organize exhibitions, Givanian often exhibited his paintings by hanging them on the walls in the streets, making sales in this unconventional way. He particularly displayed his works on walls around the Ottoman Bank in Galata or in places where hotels frequented by Russians were located, conducting sales in these areas [1].

The artist, who predominantly incorporated Istanbul themes into his paintings, depicted scenes of the Bosphorus and the Golden Horn. It is known that in his sky and sea-themed paintings, he drew inspiration from the renowned painter Ayvazovski [3]. Givanian met Ayvazovski during the latter's visit to Istanbul in 1874. Ayvazovski advised Givanian regarding paintings reminiscent of his own, saying, "Sign your canvases featuring seascapes as Ayvazovski; at least then you'll have the opportunity to sell them for a higher price" [1]. Nevertheless, Givanian consistently signed and sold his paintings with his own signature.

Due to the Armenian events that began in Anatolia during the reign of Abdulhamid II, Givanian had to migrate to Odessa in 1894. He lived in Russia for a total of 11 years, spending seven years in Odessa with his family and four years in St. Petersburg. The artist returned to Istanbul in 1905 but sadly passed away there in 1906 [1].

The use of metal plates as supports in paintings

The technique of painting on a metal plate support surface was commonly preferred from the mid-16th century to the late seventeenth century [4]. Especially in the Netherlands and Italy, copper was extensively used by artists for this technique during the mentioned period [5]. Examples of using metal as a support can be observed in Italy in the sixteenth century. Vasari recorded that Sebastiano del Piombo created approximately 1530 paintings on supports made of lead, silver, and copper. The technique was quickly adopted by Northern European artists in Rome and Bologna. Subsequently, it became a widely accepted technique throughout almost all of Europe [6]. The development of the engraving technique in the sixteenth century may have played a significant role in its spread, as it facilitated easier access to copper plates [5].

The rigid and smooth surface of the metal allows brushstrokes to become nearly invisible, enabling artists to work on finer details and achieve more luminous paintings [6]. Artists such as Rubens, Jan Brueghel I, Rembrandt, Diego Velasquez, Hals, Elsheimer, the Carracci, Guercino, Guido Reni, and Claude created paintings on copper in the seventeenth century [7-8]. Jan Brueghel the Elder created nearly 165 paintings on copper [6]. There are more than 2,000

works created on metal plates, with 500 of them in the collection of the Galleria degli Uffizi in Florence. These works are housed in museums across Europe and America [7].

Before the surface was used for painting, some preliminary processes were necessary. Some of these procedures included rubbing the plates with garlic to remove excess oil or roughening the surface to enhance paint adhesion. Eighteenth-century sources indicate that these processes were sometimes applied by hand [5, 8-9]. Many copper plate paintings feature a ground layer composed of lead white or earth pigments mixed with linseed oil [10]. However, there are paintings where the natural color of the copper plate is incorporated as part of the artwork, and therefore, no ground layer is applied [5].

Surfaces obtained from metal plates are not absorbent. Despite the thin paint layer, the lack of oil absorption allows the colors to retain their saturation. When combined with the smoothness of the surface, this characteristic results in vibrant and glossy paintings [11].

Tin or tin-coated iron, silver, zinc, aluminum, and steel have also been used as support surfaces in painting [8].

In paintings on metal plates, it is not possible to investigate the stratigraphy of the painting. The presence of metal on the support surface hinders the ability to conduct destructive analysis. Hence, it is vital to utilize non-destructive analytical techniques in the examination of the artwork [7].

This study focuses on the investigation and restoration of Givanian's landscape painting, as well as the identification of the plate used as a support and the pigments used in the painting. The oil painting signed "Givanian" is created on a metal plate measuring 51.5 × 36.0 cm (Figure 1). The date of creation of the artwork, which is currently housed in a private collection, is not specified.

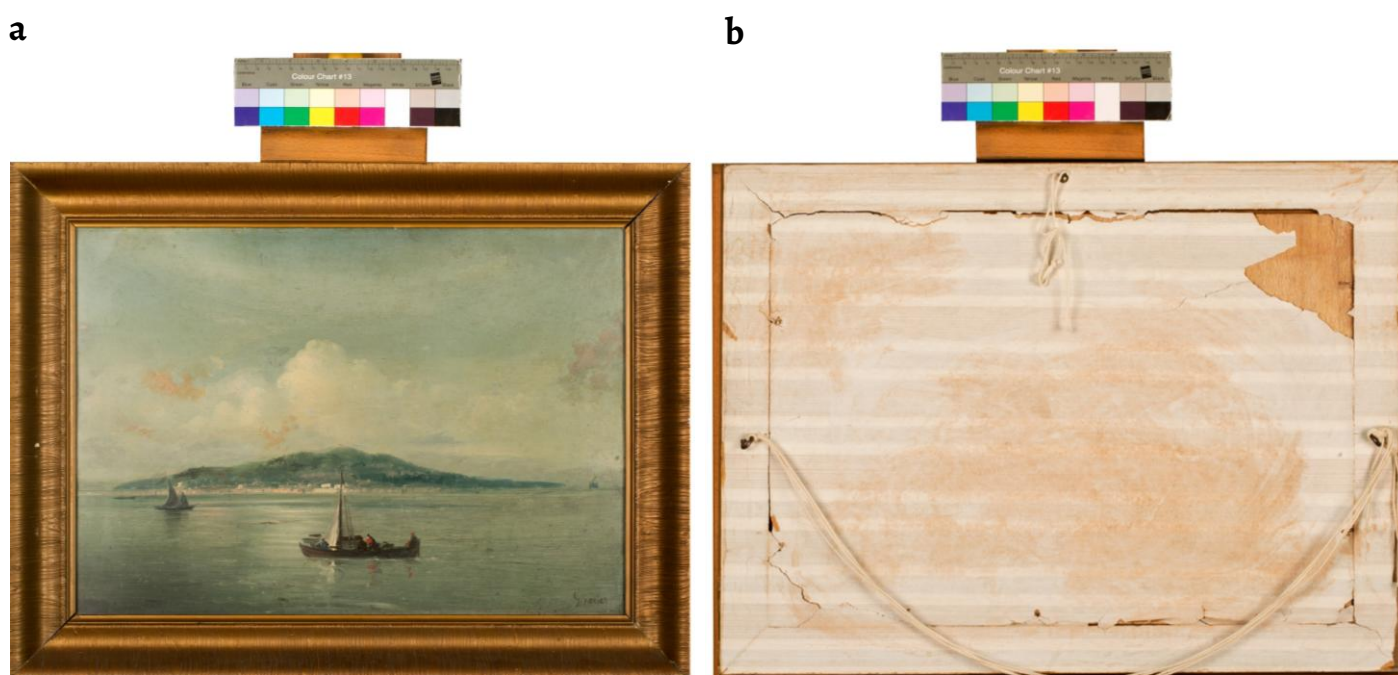


Figure 1. Givanian's landscape painting: *a*) front and *b*) back surface photographs taken under visible light of the painting (f/18, 1/160).

Analytical techniques

Visible light photography

All photographs were taken with Canon EOS 5D Mark III camera under a high-intensity LED light source equipped with 98 white LEDs (5000K) and 8 UV LEDs.

Microscopy

Microscopy examinations were performed with a Zeiss Microsystems Opmi Pico Camera microscope and processed using Zeiss ZEN imaging software.

Ultraviolet light (UV)

The UV lamp we used is a standalone lamp, specifically the CTS Art Lux 5L/5LW.

X-ray analysis

X-ray images were acquired using a Radiolight apparatus (GILARDONI, Italy) with the current set to 3 mA and the voltage adjusted to 50–55 kV.

Raman spectroscopy

The Raman microscopy observations were conducted using a Bruker SENTERRA Dispersive Raman spectrometer. The investigation utilized 20× magnification objectives to precisely direct the 785 nm laser beam onto the samples. The laser power used for irradiation, ranging from 1 to 50 mW, and the duration of exposure were modified during the course of the investigation. The analysis was conducted directly on the painting, utilizing a TE-cooled CCD detector to record the signals.

Micro-X-ray fluorescence spectroscopy (μ -XRF)

The elemental characterization of the metal plate was conducted. In cases where additional support was required for Raman analysis, supplementary XRF analyses were also performed. The analyses were performed using a Bruker ARTAX micro-X-Ray Fluorescence spectrometer (μ XRF) equipped with a molybdenum source. The spectrometer operated with an electric accelerating potential of 40 kV and a current of 600 μ A. The video camera, along with the motorized X-Y-Z stage, facilitated the process of focusing and searching for specific points of interest.

Painting characterization

Through visible light it was possible to verify that the metal plate is backed by a wooden support. The reverse side of the painting is entirely covered with paper. There are visible retouches indicating color changes on the surface. Areas with extensive retouching can also be perceived under visible light (Figure 1). Additionally, dark-colored pinpoint formations have been observed on the paint layer. The artist's signature is in the lower right corner of the painting (Figure 2a).

Detail photographs were taken to examine the dark-colored pinpoint formations on the surface of the artwork (Figure 2a-d). Inspection revealed that these were not dirt deposits, but rather deteriorations resulting from metal corrosion on the oil paint surface.

The areas exhibiting color change were examined under a digital microscope. Microscopic images of these areas are shown in Figure 3. During the restoration process, the support metal plate was detached from the wooden plate it was adhered to in order to address surface deformations. The microscopic image of the corrosion observed on the reverse side is presented in Figure 3e-f. The paint layer was also examined with an optical microscope. As a result of the examinations, it was determined that the colors were mixed with each other

(Figure 4a-b). Looking at the microscope images of the support plate in Figure 4c-d, traces of etching can be seen on the ground. It is thought that this is due to a technique used in metal plate paintings to increase the adhesion of the paint to the surface.

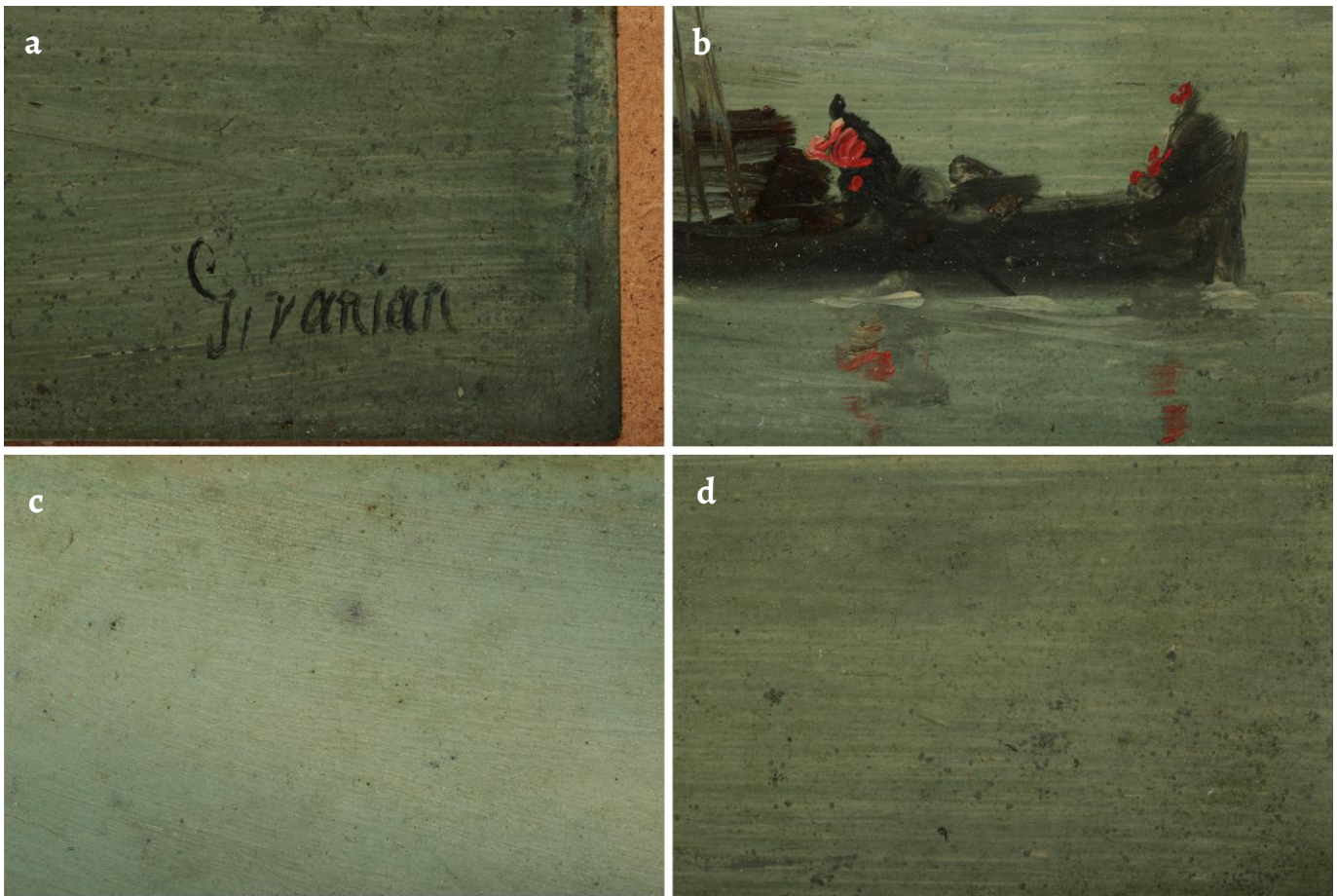


Figure 2. Detail of: a) signature of the painter; b-d) deteriorated areas.

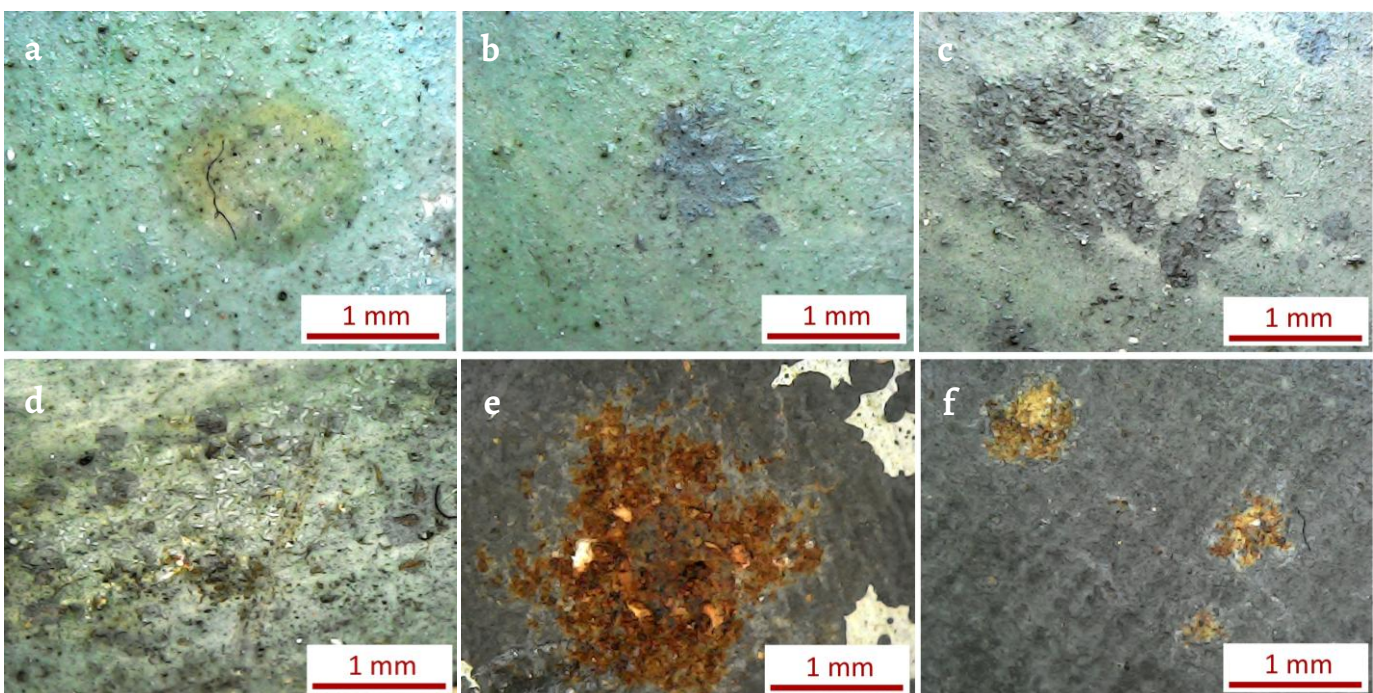


Figure 3. Corrosion observed on the metal surface: a-d) frontal views; e-f) back surface views.

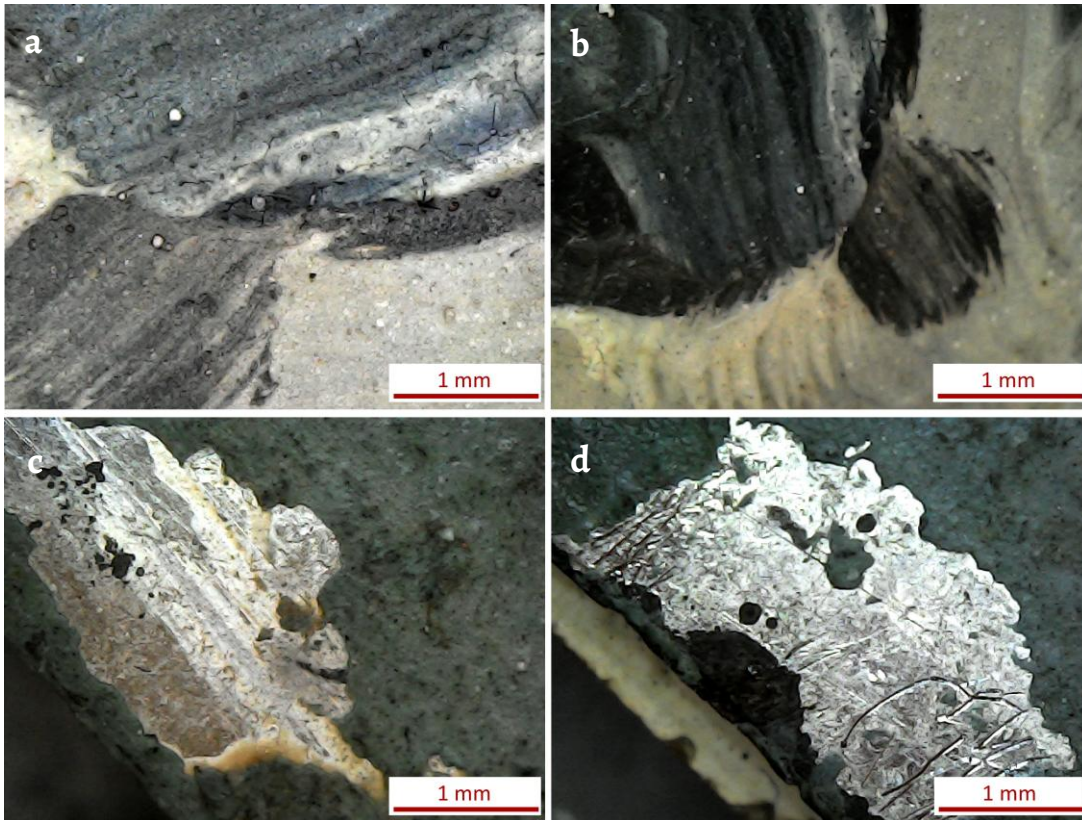


Figure 4. Optical microscopy of the: a-b) paint layer; c-d) metal plate seen on the surface when the wooden frame is removed.



Figure 5. Painting under ultraviolet light.

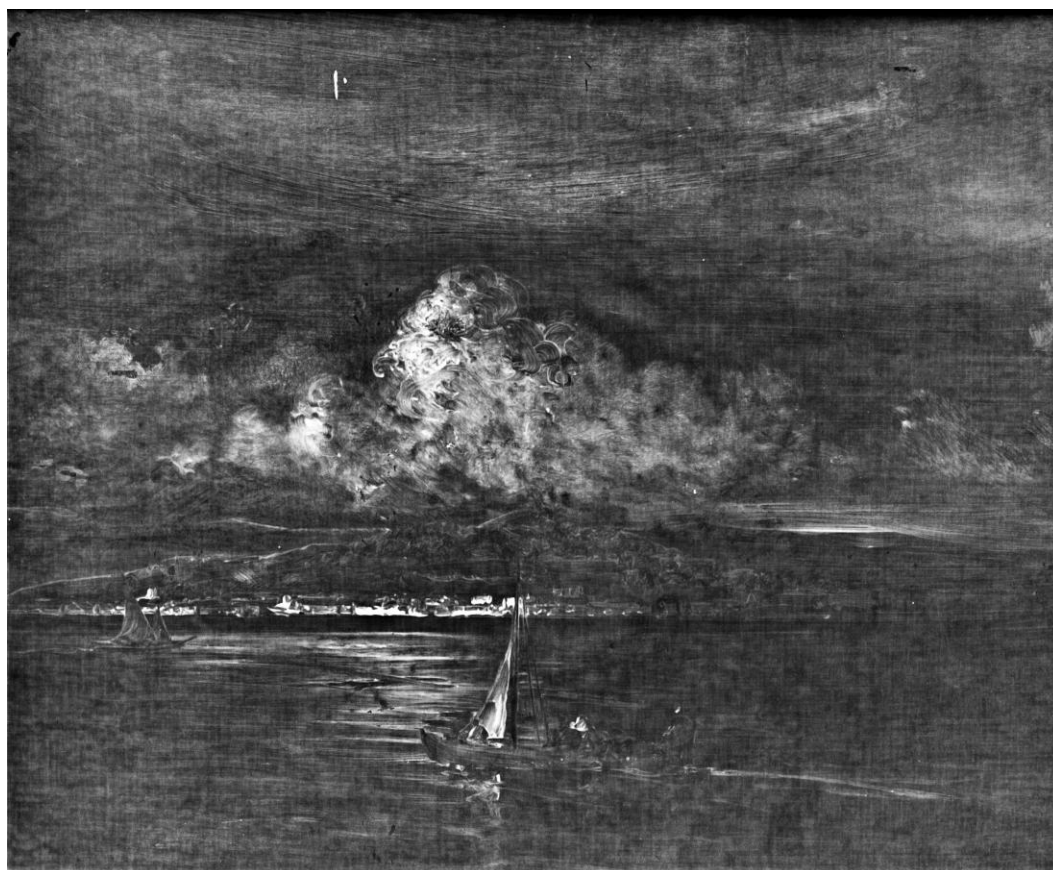


Figure 6. Painting under X-ray radiation.

When the painting is analyzed under ultraviolet (UV) light, it is thought that the layer giving green reflection to the surface is the varnish layer (Figure 5). In addition, when viewed under UV light, irregular brushstrokes and retouching areas can be seen on the paint layer. The large dark-colored area on the right edge and the small dark-colored areas scattered throughout the painting indicate previously retouched areas.

As it is well known, high-Z elements exhibit more secondary electron emission than low-Z elements when exposed to high-energy x-rays [12-13]. Pigments that contain elements with high atomic numbers, such as lead, exhibit strong x-ray absorption properties, effectively blocking the passage of x-rays through the painting. Hence, pigments that contain lead would exhibit a white appearance on the produced radiograph. Conversely, numerous other pigments, particularly those containing elements with low atomic numbers, such as carbon, are highly transparent to x-rays [14]. Therefore, it is possible to say that lead white was used in almost the entire painted area, as seen in Figure 6.

The XRF analyses conducted on the metal plate, the support of the painting, revealed the presence of Fe, Sn, and Pb (Figure 7).

The XRF study revealed Pb signals at every analyzed point, strongly indicating that the artist likely used lead white (composed of $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) as the ground layer. This conclusion is based on the consistent detection of lead signals across various locations of the painted surface, suggesting the intentional application of this pigment. Lead white, which was one of the most prominent white pigments used beginning with the Roman period and continuing beyond, was frequently used in paintings as a preparative layer or base [15]. In addition, it was commonly utilized for the purpose of producing opacity in the body color in order to provide further brilliance to other colors. This method is a characteristic that is present in a great number of impressionist works. In addition, this pigment was frequently utilized in order to significantly improve the drying capabilities of paintings [15].

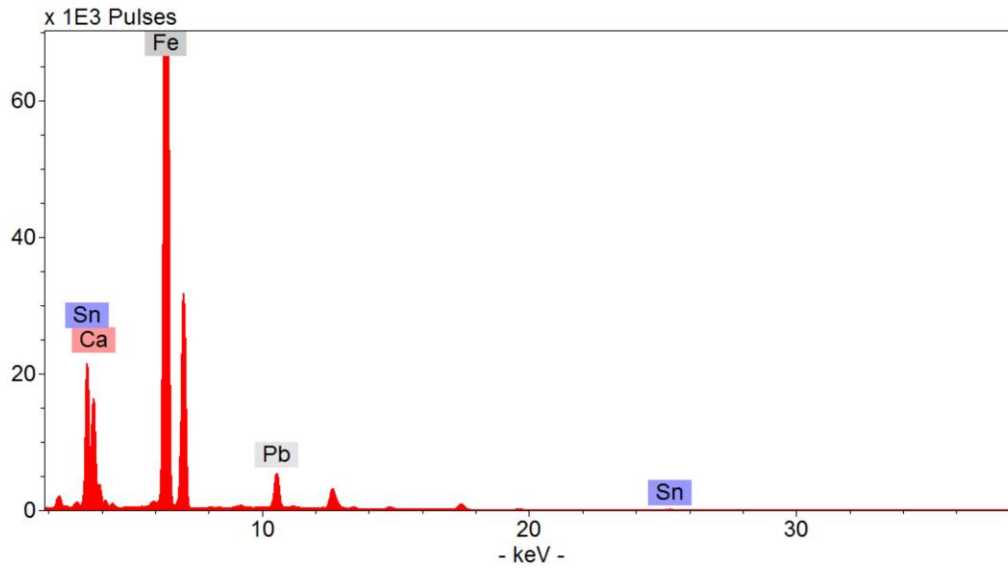


Figure 7. XRF spectrum of the metal plate.

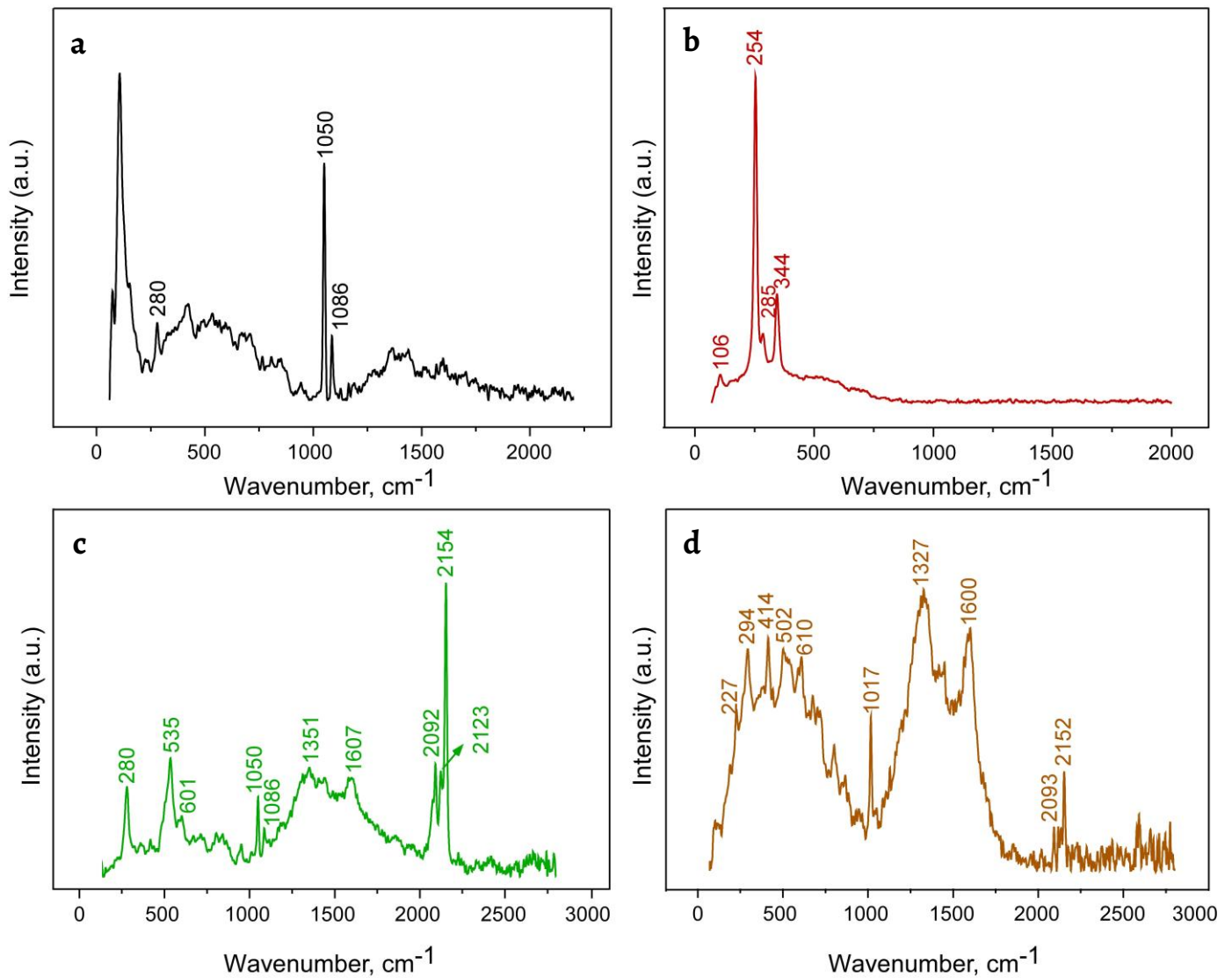


Figure 8. Raman spectra of the paints: a) white; b) red; c) green; d) brown.

The analysis was conducted on the white particles found on the white clouds and the sails of the boat, revealing the presence of two substances: calcium carbonate and lead white, identified respectively by the Raman bands (Figure 8a) at 280 (weak – w) and 1086 (medium – m) cm^{-1} for calcium carbonate [16] and 1050 cm^{-1} (very strong – vs) for lead white [17].

In the red paint of the human figures on the boat as well as in the reflected shadow of the boat on the water, cinnabar was characterized by distinct bands at 254 (vs), 285 (shoulder – sh), and 344 (m) cm^{-1} , as seen in Figure 8b [18–20]. Cinnabar is a mineral composed of mercury (II) sulfide (HgS), which has a soft red color. However, it is common for impurities such as bitumen and clay particles to be found in cinnabar [21]. Cinnabar, in its natural state, has been employed as a coloring agent since ancient times, while vermilion, the artificial variant, has been recognized since the eighth century [22]. In the nineteenth century, both vermilion and cinnabar were accessible, allowing Givanian to potentially utilize either one or both of these substances. However, the absence of any impurity-related constituent in the XRF study indicates that the pigment employed is most probably vermilion.

Prussian blue was identified using micro-Raman spectroscopy of the blue and dark green brushstrokes, with Raman bands at 280 (m), 2092 (m), 2123 (sh), and 2155 (vs) cm^{-1} as shown in Figure 8c [23–27]. This suggests Givanian used a pigment combination to obtain the dark green color tone. Although no pigments were found in the Raman analyses that would produce a green color when mixed with blue, the XRF analysis conducted specifically on the green area detected Pb and Sn elements, suggesting the possible presence of lead-tin yellow, while the Cr peak indicates the potential presence of chrome yellow (Table 1). Additionally, the detection of a Cu peak suggests that a copper-based pigment might have been added to the mixture to achieve the green tone. These interpretations are based on the detected elements, and the exact composition cannot be confirmed definitively. Alongside these pigments, lead white (1050 cm^{-1}) [17], calcite [16] (1086 cm^{-1}), and amorphous carbon (1351, 1607 cm^{-1}) [28–31] were detected in the Raman spectrum of the green color (Figure 8c).

Raman analysis of the dark brown lines on the boat figure revealed a blend of pigments. This mixture involves combining hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) with a carbon-based black pigment to achieve the desired brown hue. The distinctive bands observed at 227, 294, 414, 502, and 610 cm^{-1} in the Raman spectrum (Figure 8d) indicate the presence of hematite [31–33]. Meanwhile, the bands at 1318 and 1601 cm^{-1} are associated with the carbon-based black pigment [28–31]. Additionally, the strong peak observed at 1017 cm^{-1} corresponds to ν_1 symmetric stretch vibrational modes of SO_4 tetrahedra in anhydrite (calcium sulfate, CaSO_4), the dehydrated form of gypsum [34–35]. The peaks at 2093 and 2152 cm^{-1} , on the other hand, are attributed to Prussian blue, which is thought to originate from the blue pigment utilized in depicting the sea [20–21].

Table 1. Characterization of the pigments (Raman and XRF results) by color and associated literature is provided.

Color	Raman (cm^{-1})	$\mu\text{-XRF}$	References
White	Calcite (CaCO_3): 280, 1086 ($\nu_1\text{CO}_3$) Lead White ($2\text{PbCO}_3\cdot\text{Pb(OH)}_2$): 1050 ($\nu_1\text{CO}_3$)	-	[16–17]
Red	Vermilion (HgS): 254, 285 ($\delta\text{S-Hg-S}$), 344 ($\nu_2(\text{Hg-S})$)	Hg, Pb, S, Ca	[18–20]
Brown	Hematite (Fe_2O_3): 227 ($\nu_1\text{FeO}$), 294, 414, 610 ($\delta_2\text{FeO}$) Carbon Black: 1327 ($\nu\text{C-C}$), 1600 (C=C) Gypsum (CaSO_4): 1017 ($\nu_3\text{SO}_4$), Prussian Blue ($\text{Fe}_4[\text{Fe(CN)}_6]_3$): 2093, 2152 ($\nu\text{C}\equiv\text{N}$)	-	[23–35]
Blue	Prussian Blue: 280 (Fe-CN-Fe), 2092, 2123, 2155 ($\nu\text{C}\equiv\text{N}$)	-	[23–27]
Green	Prussian Blue: 280, 2092, 2123, 2154 Carbon Black: 1351, 1607 Calcite: 1086 Lead White: 1050	Pb, Fe, Ca, Sn, Cr	[16–17, 23–31]
Black (signature)	Carbon Black: 1351, 1578 Lead White: 1052	-	[17, 28–31]

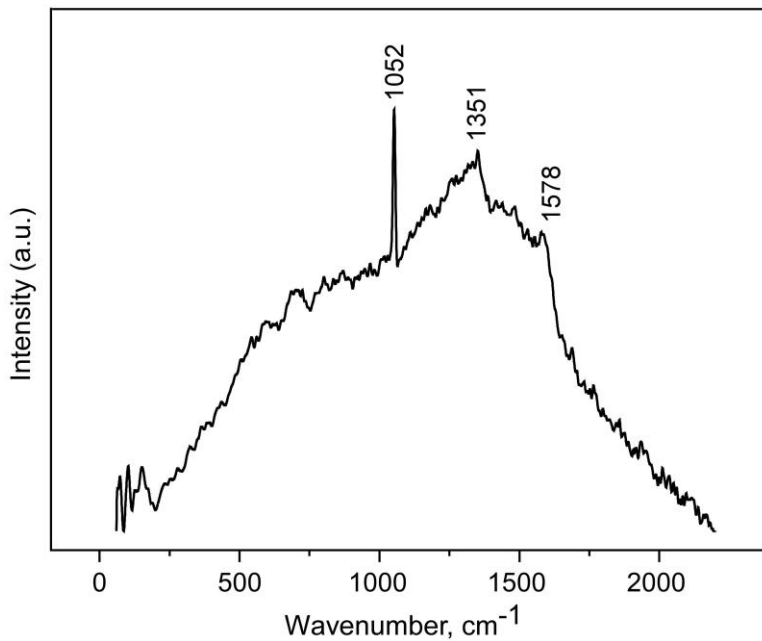


Figure 9. Raman spectrum of the signature.

Regarding the pigments used in the artist's signature, the peaks observed at 1351 and 1578 cm^{-1} in the Raman spectrum (Figure 9) indicate the presence of carbon black pigment [28-31]. Additionally, the peak at 1052 cm^{-1} , signifying lead white, has also been identified, as seen consistently across almost all spectra [17].

Painting restoration

Before starting cleaning on the paint layer, tests were carried out to determine the solubility. Firstly, Triammonium Citrate (TAC) 0.2, 0.5 and 1 % were cleaned in different color areas in order to remove dirt deposits, but no result was obtained. Therefore, varnish cleaning was started and Cremonesi test was used for this application. The Cremonesi test is a cleaning test based on mixtures of ligroin-acetone and ligroin-ethanol in different ratios. It is obtained by adding the polar solvent to the non-polar solvent in an increasing ratio to increase the polarity of the solvent mixture. It has a wide solubility area. It helps to determine the solubility level of varnish and overpaintings on the surface and to measure the resistance and sensitivity of the paint on the substrate to the solvent to be used [8]. As a result of the tests, it was decided to clean the varnish layer on the painting surface with LA6 (40 % Ligroin and 60 % acetone mixture) in the Cremonesi test.

As a result of examinations under visible light and UV light, it was determined that the pink area was retouched (Figure 1). In addition, the solubility parameters, observed during the cleaning applications, showed that it was oil paint. In the parameters where the retouching became soluble, the original oil paint was also dissolved. Because the retouch was not removed from the surface in order not to damage the original layer, it was retouched with chromatic selection technique with retouching paints (Maimeri Restauvo varnish colors) over varnish. In the chromatic selection technique, the colors used in the palette are used in pure form without mixing with each other and the colors are applied in lines. In this way, when colors come side by side, they create an illusion of perception with the effect of vibration, making the color appear as a whole. While it is possible to see the colors applied in lines individually when viewed up close, they create a unity with the painting surface without being noticed from a distance [36]. The aim of the technique is to create a recognizable boundary between the artist and the restorer by respecting the work of art.



Figure 10. The final state of the artwork, following the restoration process: a) front and b) back.

The pink-colored clouds on the left side of the painting are thought to be retouching (Figure 10). However, the retouched areas show a dark reflection under ultraviolet light. Since no dark reflection was observed when the areas with clouds were examined under ultraviolet light (Figure 5), it was decided that this area was not retouched.

The final state of the artwork, following the restoration process, is shown in Figure 10.

Conclusion

The study included the technical evaluation, material characterization, and restoration of Mıgırdıç Givanyan's landscape painting, which was created using the oil painting technique on a metal plate.

In this context, photographs were taken under visible light, oblique light, and UV light, which revealed the varnish layer and retouches. OM examinations determined that the observed deteriorations in the painting were caused by metal corrosion, that paints were used in mixtures, and that the metal surface was abraded to allow the paint layer to adhere. X-ray radiography was also performed on the painting and it was confirmed that lead white was used across almost the entire painted area. The analyses of the support and paint layers revealed that the painting was created on an iron-based metal plate, and the pigment palette used by the artist consists of lead white, calcite, vermilion, Prussian blue, hematite, carbon black, and gypsum, which were identified through Raman analysis. In addition, the elements detected in the XRF analysis led us to consider the possibility of a copper-based green pigment, lead-tin yellow, and chrome yellow. These results were obtained through the complementary use of Raman spectroscopy and μ -XRF, once again demonstrating the necessity of this combined approach.

Prior to initiating the cleaning process on the paint layer, solubility tests were performed. Although Triammonium Citrate (TAC) solutions were applied to various color areas, they proved ineffective. As a result, varnish removal was undertaken using the Cremonesi test, with the final decision being to use LA6 (a mixture of 40 % Ligroin and 60 % acetone) for cleaning. Following this, the restoration process involved cleaning the surface of the painting, removing the yellowed varnish layer and old retouches, re-varnishing the surface, and applying new retouches using chromatic selection technique over the fresh varnish.

Acknowledgements

The authors would like to thank Cengiz Erdamar for allowing the investigation of the precious painting belonging to his collection. The authors are also grateful to Assist. Prof. Dr. Halit Canol, former director of the Central Laboratory at Mimar Sinan Fine Arts University, for enabling the use of the laboratory facilities during the analyses.

REFERENCES

- Saris, M., *Bir İstanbul Ressamı Mıgırdiç Civanyan*, Raffi Portakal Antikacılık Müzayede Organizasyon ve Danışmanlık, İstanbul (2006).
- Özsü, A. C., *Osmanlı ve Cumhuriyet Modernleşmesinde Gayrimüslim Sanatçılar*, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara (2018).
- Çötelioglu, A., *İstanbulun 100 Ressamı*, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (Kültür AŞ) Yayınları, İstanbul (2013).
- Van der Graaf, J. A., 'Development of oil-paint and the use of metal-plates as a support', *Studies in Conservation* **17** (1972) 139-151, <https://doi.org/10.1179/sic.1972.17.s1.004>.
- Horovitz, I., 'Paintings on copper supports: techniques, deterioration and conservation', *The Conservator* **10**(1) (1986) 44-48, <https://doi.org/10.1080/01410096.1986.9995017>.
- Komanecy, M. K.; Horovitz, I.; Eastaugh, N., 'Antwerp artists and the practice of painting on copper', *Studies in Conservation* **43** (1998) 136-139, <https://doi.org/10.1179/sic.1998.43.supplement-1.136>.
- Albini, M.; Ridolfi, S.; Giuliani, C.; Pascucci, M.; Staccioli, M. P.; Riccucci, C., 'Multi-spectroscopic approach for the non-invasive characterization of paintings on metal surfaces', *Frontiers in Chemistry* **8** (2020) 1-9, <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00289>.
- Wadum, J.; Streeton, N., 'History and use of panels or other rigid supports for easel paintings', in *Conservation of Easel Paintings*, 2nd edition, Routledge, London (2020) 51-115, <https://doi.org/10.4324/9780429399916>.
- Corregidor, V.; Oliveira, A. R.; Rodrigues, P. A.; Alves, L. C., 'Paintings on copper by the Flemish artist Frans Francken II: PIXE characterization by external microbeam', *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* **348** (2015) 291-295, <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2014.12.072>.
- Fuster-López, L.; Mecklenburg, M. F., 'A look into some factors influencing the film forming properties of oil paint films in copper paintings and the effects of environment in their structural behaviour', in *Paintings on copper and other metal plates. Production, degradation and conservation issues*, eds. L. Lopez-Fuster, I. Chulia Blanco, M. F. Sarrio Martin, M. L. Vazquez de Agredos Pascual, L. Carlyle & I. Wadum, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (2017) 95-102.
- Colantonio, C.; Pelosi, C.; D'Alessandro, L.; Sottile, S.; Calabrò, G.; Melis, M., 'Hypercolorimetric multispectral imaging system for cultural heritage diagnostics: an innovative study for copper painting examination', *European Physical Journal Plus* **133**(12) (2018) 526, <https://doi.org/10.1140/epjp/i2018-12370-9>.
- Janssens, K.; Van der Snickt, G.; Vanmeert, F.; Legrand, S.; Nuyts, G.; Alfeld, M.; Monico, L.; Anaf, W.; De Nolf, W.; Vermeulen, M.; Verbeeck, J.; De Wael, K., 'Non-invasive and non-destructive examination of artistic pigments, paints, and paintings by means of X-ray methods', *Topics in Current Chemistry* **374**(6) (2016) 81, <https://doi.org/10.1007/s41061-016-0079-2>.
- Cabal, A.; Schalm, O.; Eyskens, P.; Willems, P.; Harth, A.; Van Espen, P., 'Comparison of x-ray absorption and emission techniques for the investigation of paintings', *X-Ray Spectrometry* **44**(3) (2015) 141-148, <https://doi.org/10.1002/xrs.2591>.
- Gavrilov, D.; Maev, R. G.; Almond, D. P., 'A review of imaging methods in analysis of works of art: Thermographic imaging method in art analysis', *Canadian Journal of Physics* **92**(4) (2014) 341-364, <https://doi.org/10.1139/cjp-2013-0128>.
- Rusu, R. D.; Simionescu, B.; Oancea, A. V.; Geba, M.; Stratulat, L.; Salajan, D.; Ursu, L. E.; Popescu, M. C.; Dobromir, M.; Murariu, M.; Cotofana, C.; Olaru, M., 'Analysis and structural characterization of pigments and materials used in Nicolae Grigorescu heritage paintings', *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* **168** (2016) 218-229, <https://doi.org/10.1016/j.saa.2016.06.009>.
- Sun, J.; Wu, Z.; Cheng, H.; Zhang, Z.; Frost, R. L., 'A Raman spectroscopic comparison of calcite and dolomite', *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* **117** (2014) 158-162, <https://doi.org/10.1016/j.saa.2013.08.014>.
- Mancini, D.; Tournié, A.; Caggiani, M. C.; Colomban, P., 'Testing of Raman spectroscopy as a non-invasive tool for the investigation of glass-protected miniature portraits', *Journal of Raman Spectroscopy* **43**(2) (2012) 294-302, <https://doi.org/10.1002/jrs.3010>.
- Bruni, S.; Cariati, F.; Casadio, F.; Toniolo, L., 'Identification of pigments on a XV century illuminated parchment by Raman and FTIR microspectroscopies', *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* **55**(7-8) (1999) 1371-1377, [https://doi.org/10.1016/S1386-1425\(98\)00300-X](https://doi.org/10.1016/S1386-1425(98)00300-X).
- Zhou, X.; Zeng, K.; Wang, Q.; Yang, X.; Wang, K., 'In vitro studies on dissolved substance of cinnabar: chemical species and biological properties', *Journal of Ethnopharmacology* **131**(1) (2010) 196-202, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.06.018>.
- Carter, E. A.; Perez, F. R.; Garcia, J. M.; Edwards, H. G. M., 'Raman spectroscopic analysis of an important Visigothic historiated manuscript', *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* **374**(2082) (2016) 1-13, <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0041>.
- Eastaugh, N.; Walsh, V.; Chaplin, T.; Siddall, R., *Pigment compendium. A dictionary and optical microscopy of historical pigments*, Routledge, London (2008).
- Correia, A. M.; Clark, R. J. H.; Ribeiro, M. I. M.; Duarte, M. L. T. S., 'Pigment study by Raman microscopy of 23 paintings by the Portuguese artist Henrique Pousão (1859-1884)', *Journal of Raman Spectroscopy* **38**(11) (2007) 1390-1405, <https://doi.org/10.1002/jrs.1786>.
- Rosi, F.; Miliari, C.; Borgia, I.; Brunetti, B.; Sgamellotti, A., 'Identification of nineteenth century blue and green pigments by in situ x-ray fluorescence and micro-Raman spectroscopy', *Journal of Raman Spectroscopy* **35**(8-9) (2004) 610-615, <https://doi.org/10.1002/jrs.1180>.

24. Ormanci, Ö.; Bakiler, M., 'Complementary use of raman and μ -xrf spectroscopy for non-destructive characterization of an oil painting by turkish painter İbrahim Çallı', *Journal of the Turkish Chemical Society, Section A: Chemistry* **8**(2) (2021) 491-500, <https://doi.org/10.18596/jotcsa.842525>.
25. Sarkar, C. G., 'Pigments in ancient manuscripts and paintings brought to life by Raman spectroscopy: a short review', *Oriental Journal Of Chemistry* **38**(5) (2022) 1081-1093, <https://doi.org/10.13005/ojc/380501>.
26. Innocenti, S.; Quintero Balbas, D.; Galeotti, M.; Cagnini, A.; Porcinai, S.; Striova, J., 'Historical pigments and paint layers: Raman spectral library with 852 nm excitation laser', *Minerals* **14**(6) (2024), <https://doi.org/10.3390/min14060557>.
27. Li, H.; Huang, J.; Yang, K.; Lu, Z.; Yan, S.; Su, H.; Liu, C.; Wang, X.; Ren, B., 'Operando electrochemical X-ray diffraction and Raman spectroscopic studies revealing the alkali-metal ion intercalation mechanism in Prussian blue analogues', *Journal of Physical Chemistry Letters* **13**(2) (2022) 479-485, <https://doi.org/10.1021/acs.jpclett.1c03918>.
28. Coccato, A.; Jehlicka, J.; Moens, L.; Vandenabeele, P., 'Raman spectroscopy for the investigation of carbon-based black pigments', *Journal of Raman Spectroscopy* **46**(10) (2015) 1003-1015, <https://doi.org/10.1002/jrs.4715>.
29. Bell, I. M.; Clark, R. J. H.; Gibbs, P. J., 'Raman spectroscopic library of natural and synthetic pigments (pre-~ 1850 AD)', *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* **53**(12) (1997) 2159-2179, [https://doi.org/10.1016/S1386-1425\(97\)00140-6](https://doi.org/10.1016/S1386-1425(97)00140-6).
30. Tomasini, E. P.; Halac, E. B.; Reinoso, M.; Di Liscia, E. J.; Maier, M. S., 'Micro-Raman spectroscopy of carbon-based black pigments', *Journal of Raman Spectroscopy* **43**(11) (2012) 1671-1675, <https://doi.org/10.1002/jrs.4159>.
31. Cosano, D.; Esquivel, D.; Costa, C. M.; Jiménez-Sanchidrián, C.; Ruiz, J. R., 'Identification of pigments in the Annunciation sculptural group (Cordoba, Spain) by micro-Raman spectroscopy', *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* **214** (2019) 139-145, <https://doi.org/10.1016/j.saa.2019.02.019>.
32. De Faria, D. L. A.; Venâncio Silva, S.; De Oliveira, M. T., 'Raman microspectroscopy of some iron oxides and oxyhydroxides', *Journal of Raman Spectroscopy* **28**(11) (1997) 873-878, [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-4555\(199711\)28:11<873::aid-jrs177>3.0.co;2-b](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-4555(199711)28:11<873::aid-jrs177>3.0.co;2-b).
33. Ormanci, Ö.; Bakiler, M., 'Micro-Raman characterizations of some wall painting samples', *Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering* **19** (2019) 417-424.
34. Berenblut, B. J.; Dawson, P.; Wilkinson, G. R., 'The Raman spectrum of gypsum', *Spectrochimica Acta Part A: Molecular Spectroscopy* **27**(9) (1971) 1849-1863, [https://doi.org/10.1016/0584-8539\(71\)80238-6](https://doi.org/10.1016/0584-8539(71)80238-6).
35. Kayser, O. E.; Ormanci, Ö.; Akyol, A. A., 'Characterization of wall painting fragments from the West courtyard passage at St. Nicholas church in Demre', *Art-Sanat Dergisi* **20**(20) (2023) 293-310, <https://doi.org/10.26650/artsanat.2023.20.1292318>.
36. Severini, L., 'An opportunity to reflect on differentiated retouching techniques used in Italy: methods and materials. Problem solving in a private practice context', in *4th International Meeting on Retouching of Cultural Heritage, RECH4*, ed. A. Bailão & S. Sustic, Academy of Arts - University of Split, Split (2017) 22-27.

RECEIVED: 2024.7.22

REVISED: 2024.10.27

ACCEPTED: 2024.11.3

ONLINE: 2025.4.29



This work is licensed under the Creative Commons

Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

To view a copy of this license, visit

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>.

NORMAS PARA OS AUTORES

Princípios éticos

Tipos de manuscritos

Manuscritos

Referências bibliográficas

Submissão dos manuscritos

Avaliação dos manuscritos

Direitos

<https://conservarpatrimonio.pt/authors>

GUIDELINES FOR AUTHORS

Ethical guidelines

Types of collaboration

Manuscripts

References

Submissions

Refereeing

Rights

<https://conservarpatrimonio.pt/reviewers>

