



GRUPO ESPAÑOL
de CONSERVACIÓN
International Institute for Conservation
of historic and artistic works

Número 14

Ge-conservación

Conservação | Conservation

Año 2018

ISSN: 1989-8568

Dirección Editorial:	Rocío Bruquetas Galán
Consejo de Redacción:	Ana Bailão, Emilio Cano Díaz, Rafael Fort González, Emma García Alonso, Silvia García Fernández-Villa, Marisa Gómez González, Ana Laborde Marqueze
Secretaria de Edición:	M ^a Concepción de Frutos Sanz
Webmaster GEIC:	Oscar Muñoz Lozano
Maquetación:	M ^a Concepción de Frutos Sanz
Traducción portugués:	Ana Bailao
Imagen portada:	Francisco de Goya. <i>Portrait of Carlos IV</i> 1789. Oil on canvas, 111,5 x 76,5 cm, private collection. Since 2017 temporarily ceded to the Museo Goya - Fundación Ibercaja, Zaragoza, where it is currently displayed.

ISSN: 1989-8568

Esta publicación utiliza una licencia Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/).



Se permite compartir, copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra con el reconocimiento expreso de su autoría y procedencia.

No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas.

Esta revista utiliza Open Journal Systems, software libre de gestión y publicación de revistas desarrollando, soportado y libremente distribuido por el Public Knowledge Project bajo Licencia Pública General GNU.



GE-conservación no se responsabiliza de la información contenida en los artículos ni se identifica necesariamente con ellas.

© La propiedad intelectual de los artículos pertenece a los autores, y los derechos de edición y publicación de este número son de Ge-conservación.

Rogamos que en la difusión libre de los contenidos queden patentes los créditos de los autores y la procedencia.

El Grupo Español de Conservación es una asociación independiente afiliada a The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, inscrita en el Registro Nacional de Asociaciones, Sección 1ª, Nº 160.299. Sede: I.P.C.E. C/Greco, 4 28040 Madrid. Asociación Declarada de Utilidad Pública por Orden del Ministerio del Interior 3404/2009 (BOE 18-12-2009).

Ge-conservación
Conservação|Conservation

www.revista.ge-iic.com
E-mail: revista@ge-iic.org
www.ge-iic.com
E-mail: administracion@ge-iic.org

Revista indexada en:

e-revist@s



MIAR 2015 Live

CRUE
REBIUN

SJR SCImago Journal & Country Rank



Universidad
Complutense
Madrid

Biblioteca Complutense
Catálogo Cisne UCM



Índice

Artículos	Páginas
<i>Multi-band technical imaging in the research of the execution of paintings. The case study of the portrait of Carlos IV, by Francisco de Goya</i> Miquel Angel Herrero-Cortell, Marta Raich, Paola Artoni, Isidro Puig	5
<i>Intervenção de Conservação e Restauro na Gravura de George Braun e Frans Hogenberg, representando a Vila de Cascais</i> Luis Filipe Pereira y Luís Marques	16
<i>Caracterización geoquímica de las sales procedentes de deyecciones de palomas en patrimonio monumental. Iglesia de El Salvador (Úbeda, Jaén)</i> Pedro Luis López Julián, Josep Gisbert Aguilar, José Ángel Pérez Benedicto, Ángel Salesa Bordonaba, Manuel Delgado del Valle y Juan Carlos Sánchez Catalán	27
<i>El arrepentimiento de San Pedro de Francisco Collantes. Restauración y análisis de pigmentos</i> Oscar Lantes-Suárez, Laura Carrera Nogueiras, Filomena Dorrego Martínez, Joeri Kaal, Vanesa Mariño Calvo y María Antonia Domínguez Lago	38
<i>La conservación de los valores cromáticos de la arquitectura vernácula: casos de las rancherías Wayúu</i> Mariolly Davila Cordido y Caterina Macchi Jánica	52
<i>Construcción del paisaje de la Sierra de Cádiz a través de su arquitectura rural: los molinos hidráulicos</i> Gloria Rivero-Lamela	64
Reseñas	
<i>The Diversity of Dyes in History and Archaeology</i> Ángela Arteaga y Marisa Gómez	78
<i>Guía de prevención de incendios para edificios de interés patrimonial en Castilla y León y Desafíos na Gestão de Riscos em Património Cultural</i> Cristina Escudero Remirez	80
<i>Engaging conservation. Collaboration across disciplines</i> Emma García Alonso	82
<i>The Conservation of Sculpture Parks</i> Emilio Cano	84

Artículos

Multi-band technical imaging in the research of the execution of paintings. The case study of the portrait of Carlos IV, by Francisco de Goya

Miquel Angel Herrero-Cortell, Marta Raïch, Paola Artoni, Isidro Puig

Abstract Multi-band technical imaging (MBTI) is widely used as an established method for art examination. Although the diverse techniques that are employed have their own specific importance, if the many results in experimental hybrid images are confronted with one another they provide much more information. The main objective of this paper is to show the usefulness of the technique for a holistic understanding of a portrait of the King Carlos IV. More specifically, MBTI is intended to help in the reconstruction of the artist's painting process, by revealing physical traces of the creation and execution of the portrait (ductus and brushstrokes, alterations, underdrawing and staining, pictorial composition process, changes and Pentimenti, inpaintings, pigment identification, etc.). For this case study, such information is necessary to delve into the painter's work process, revealing some characteristics that make it unique, finally allowing the proper identification and attribution of the portrait.

Palabras clave: multi-band imaging, technical photography, IR imaging, UV imaging, X-Ray imaging, reconstruction, Goya, painting

Imagen técnica multi-banda en la investigación del proceso de ejecución de las pinturas. El caso del retrato de Carlos IV, de Francisco de Goya

Resumen: La imagen técnica multi-banda (MBTI) es ampliamente utilizada como un método eficaz para el examen de obras de arte. Aunque las diversas técnicas que lo conforman tienen una entidad propia, cuando se usan juntas proporcionan mucha más información al confrontar los diversos resultados. El objetivo principal de este trabajo es mostrar su uso en comprensión material, procedimental y creativa de un retrato del Rey Carlos IV. Más específicamente, la imagen técnica multi-banda se ha utilizado aquí para ayudar en la reconstrucción del proceso pictórico, al revelar datos relacionados con la creación y ejecución del cuadro (ductus y pinceladas, alteraciones, dibujo subyacente y primer manchado, composición pictórica, cambios y arrepentimientos, repintes, identificación de pigmentos, etc.). En este caso de estudio, dicha información sirve para profundizar en el proceso de trabajo del pintor, revelando algunas características que lo hacen único, y permitiendo finalmente la correcta identificación y atribución del retrato.

Keyword: multi-banda, fotografía técnica, imagen infrarroja, fotografía ultravioleta, radiografía, reconstrucción, Goya, pintura

Imagem técnica multi-banda na investigação do processo de execução das pinturas. O caso do retrato de Carlos IV, de Francisco de Goya

Resumo: A imagem técnica multi-banda (MBTI) é amplamente utilizada como um método eficaz para examinar obras de arte. Embora as várias técnicas que o compõem tenham a sua própria entidade, quando usadas em conjunto, fornecem muito mais informações ao confrontar os vários resultados. O principal objetivo deste trabalho é mostrar o seu uso na compreensão material, processual e criativa de um retrato do Rei Carlos IV. Mais especificamente, a imagem técnica multi-banda tem sido usada aqui para ajudar na reconstrução do processo pictórico, ao revelar dados relacionados com a criação e execução da pintura (ductus e pinceladas, alterações, desenho subjacente e arrependimentos, repintes, identificação de pigmentos, etc.). Neste estudo de caso, esta informação serve para aprofundar o processo de trabalho do pintor, revelando algumas características que o tornam único, e, permitindo, finalmente, a correta identificação e atribuição do retrato.

Palavras-chave: Multi-banda, fotografia técnica, imagem infravermelha, fotografia ultravioleta, radiografia, reconstrução, Goya, pintura

Introduction

Between 2013 and 2016 the CAEM of the University of Lleida¹ studied a painting of Carlos IV that had been historically considered by some authors a probable copy by Agustín Esteve or another of Goya's pupils following a model executed by the master). The portrait is 111'5 cm x 76'5 cm, painted in oil on canvas, it depicts the king dressed for his coronation ceremony, and is now convincingly attributed to Goya [figure 1]. The CAEM team began multidisciplinary research that included diverse approaches: a documentary-historical study aimed at delving into the past of the work, its provenance; iconographical and formal analyses, which intended to understand uninvestigated aspects like the strange sash worn by the king or the lack of the Golden Fleece; a scientific study, which implied several physical and chemical analyses, as well as a procedural and technical one, focusing on understanding the materiality and the keys of production of such portrait (Puig *et al.* 2016). It was a long interdisciplinary research project that involved several teams of professionals (art historians, historians, restorers, curators, *connoisseurs*, and other professionals) from many national and international universities, museums, and research centres; it was funded by an anonymous donor. Among the many technical examinations which were carried out on the painting², a multi-band technical imaging analysis in several spectral bands was commissioned to us, and performed to understand the materiality of the painting and the way in which it was executed.

The main objective of this article is to show how several technical images shot in different wavelengths of the electromagnetic spectrum are useful for a holistic understanding of the aforementioned painting and, more specifically, for the reconstruction of the painting process and its evolution. With that aim, multi-band technical imaging analysis (MBTI) reveals facts related to the creation and execution of the painting (*ductus*

and brushstrokes, alterations in the support and the colour layers, underdrawing and first staining, pictorial composition process, changes and *pentimenti*, inpainting, pigments identification, etc.). For this specific study case, such information is necessary to delve into the painter's work process, revealing some characteristics that make it unique.

Materials and methods

Multi-band technical imaging (sometimes mistakenly called 'multispectral' or 'hyperspectral') is widely used as an established method for art examination (Pelagotti *et al.* 2008:27-36); (Cosentino 2013); (Cosentino *et al.* 2014: 7); (Pamart *et al.* 2017: 559)³. It is an extension of technical photography (TP) in different bands of the spectra. Although the diverse techniques which MBTI comprises have their own independent value, when they are used together they provide much more information, by comparing the many results [figure 2]. In brief, in addition to the visible images (visible VIS, racking light RL and Transmitted Light TL, common in TP), IR, UV, and XR bands are also considered. Ultraviolet fluorescence (UVF) is used to map the retouches that appear dark under UV light. It allows the observation of additions and inpainting as well as the layers of varnish, and it finally serves to register the fluorescence of matters (Rorimer 1931); (Warda *et al.* 2011); (Cosentino 2015 e: 58), while ultraviolet reflected (UVR) is recognized only as a useful tool to identify white pigments (Cosentino 2015 e: 21). Infrared imaging (IR), and reflectography (IRR) aim at the visualization of the underdrawings and *pentimenti* (Van Asperen 1969); (Poldi; Villa 2006:37-126); (Bonano *et al.* 2017), (Marilena [ed.] 2017). Infrared transmitted (IRT) reveals also the construction process, showing also underdrawing, underpainting and *pentimenti* (Motsatsou *et al.* 2011), while infrared fluorescence (IRF) is used to detect certain pigments (mainly those that are cadmium based). Finally, all the methods together can be used for the tentative identification of pigments (Cosentino 2014 b; 2015 d), being the infrared of false colour (IRFC, a postproduced image by blending VIS and IR) the most useful technique for the same purpose (Poldi; Villa 2006: 127-137). To complete the spectrum, X-Ray imaging (XR) becomes the main tool, specifically to confront the results of the aforementioned techniques (Gabaldón 1999: 27); (Poldi; Villa 2006: 173-196).

VIS, IR, and IRT were carried out twice, using two different devices: first with a Sinarback® *eVolution 75h*, (Infrared-Head) HD camera (33 MP, Dalsa FTF 5066 C, CCD sensor RGB Mosaic Filter), and then with a Nikon® *D7200 DSLR* (24 MP, CMOS sensor) digital camera modified "full spectrum" (sensitivity between about 360 and 1100nm), provided by CHSOS⁴. The filter used in the Sinarback Camera was Hoya RM100 Infrared Filter 49 mm, while for the Nikon filters were: a) For Reflected Ultraviolet (UVR) photography, B + W 403 filter plus X-Nite CC1; b) For Visible (VIS), racking light (RL) and Transmitted Light (TL) photography, X-Nite



Figure 1- (a) Francisco de Goya. *Portrait of Carlos IV* 1789. Oil on canvas, 111,5 x 76,5 cm, private collection. Since 2017 temporarily ceded to the Museo Goya - Fundación Ibercaja, Zaragoza, where it is currently displayed. (b) VIS detail of the face.

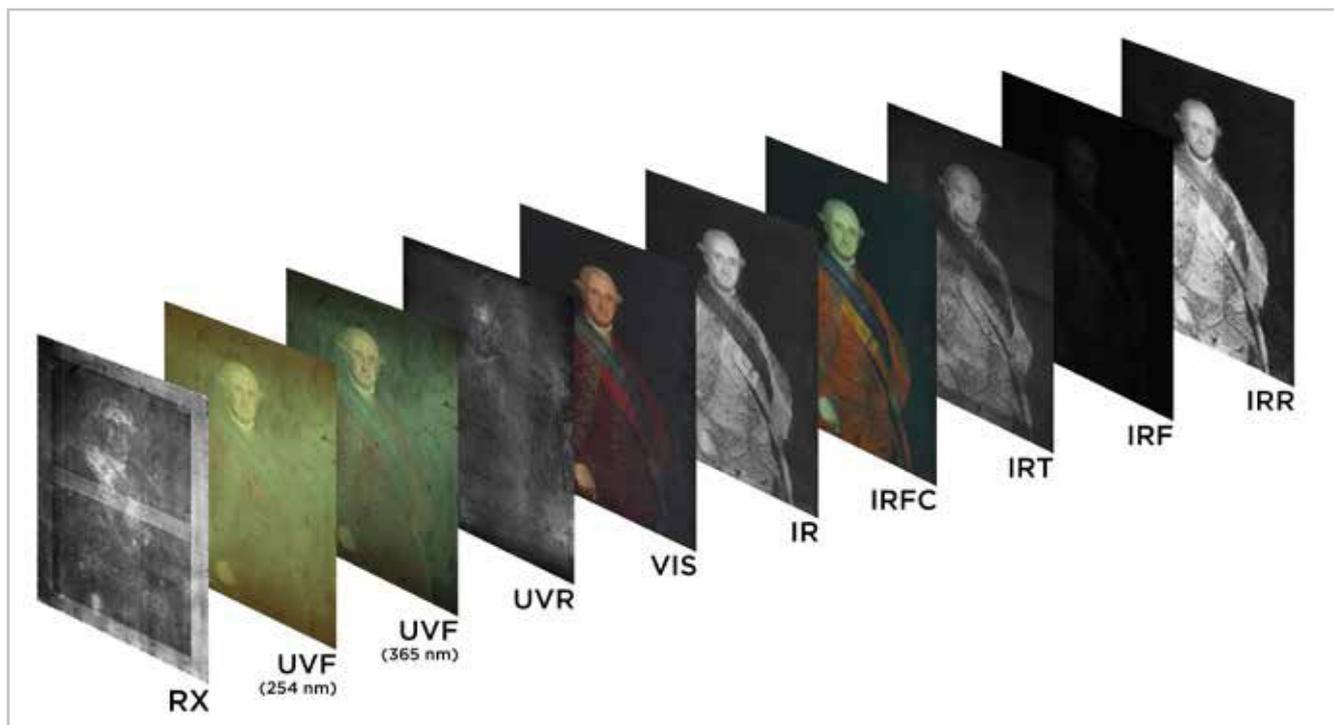


Figure 2- Series of technical images at different wavelength points on the electromagnetic spectrum, making up the present multi-band analysis carried out over the Carlos IV portrait by Francisco de Goya

CC1; c) For UV Fluorescence (UVF365 nm and UVF254 nm) photography, B + W 420 plus X-Nite CC1; d) For Infrared (IR), Infrared Fluorescence (IRF), and Infrared Reflectography, Heliopan RG1000, like the one described in other papers (Cosentino, 2015 a, 2014 b, 2015 d). Two halogen lamps (1250W) were used for VIS, IRR, and IR imaging while UV high-Flux 365nm LED (filtered with UV-pass glass) provided by CHSOS was used for UVF and UVR photography. UVF254 was performed with a 254nm UV lamp, Spectroline MiniMAX UV-5F (5W lamp complete with UV-pass glass). A CHSOS white light LED lamp filtered with the X-Nite CC1 was used for IRF imaging. The American Institute of Conservation Photo Documentation (AIC Phd) target was used for calibration of the technical photos. The images were shot in RAW mode and then color corrected, balancing white by using the N8 neutral grey patch in the AIC target⁵. They were also exposure corrected: N8 patch 150 +/- 5 for VIS. The same patch was also used for correcting the other images: 100 +/- 5 for IR and IRR, and 50 for UVR. The AIC Phd target was modified by CHSOS coupling 3 UV activated emitters: a section of a card for forensic UV photography (orange fluorescence), a swatch of zinc white (yellow fluorescence), and a fluorescent paint (green fluorescence). These 3 UV emitters together with the red fluorescence emission of the red square of the AIC Phd target itself are used for color balancing of UVF and UVF254 photos, (Cosentino 2015 d: 290) an OSIRIS® (*Opus Instruments*, 16 MP, InGaAs line sensor) camera featuring an internal mechanical scanning system to create high-quality images using a leading InGaAs line sensor was used to perform infrared reflectography IRR (Bonano *et al.* 2017:32). The X-Ray imaging was carried out at the CRBMC in Valldoreix (Barcelona), using a Yxlon powered by

Comet 320kV tube. The film used was *Kodak® Industrex MX 125* with Pb screen. The XR image was digitalized with an Array Corporation Scanner, at a resolution of 50 microns. Exposure parameters were the following: Power=40 kV; Intensity=2,5 mA; Focus 3,6; Time 2' 30"; distance 1,5 m.

In order to compare with other cases, some other copies of the same model (also attributed to Goya or to Esteve) have been studied with HD IR imaging with the Sinarback camera; these works are: the portrait preserved in the Fundación Lázaro Galdiano, attributed to Augustine Esteve; the royal couple owned by the Fundación Altadis of Sevilla; the portrait of the Monarch owned by the Diputación de A Coruña, currently deposited in the Palacio de Rajoy of Santiago de Compostela (City Hall); another pair formed by the portrait of Carlos IV in the Museo de Bellas Artes of Asturias (Oviedo); and the one of the Queen preserved in the Museo Ibercaja Camón Aznar, in Zaragoza; as well as several copies kept in private collections all over Spain (Puig *et al.* 2016).

Results and discussion

—Multi-band results

Visible imaging, raking light, and transmitted light (VIS, RL, TL) were carried out as part of the common TP, used mainly to document the painting condition. In addition, a PCE-200 electronic USB endoscope (60-200X) was also used to examine the surface, helping in the organoleptic characterization. While VIS imaging documents the visible and lets us compare several details between different

Table 1- The table compiles the different technical images of the MBTI carried out on this painting, as well as several aims of study with the results obtained for each one of them. Green cells correspond to an excellent result was achieved for that purpose, while yellow cells correspond to a partial result. When all the techniques are applied and compared, there can be a more precise interpretation of the procedural, technical and material facts.

Technique	Ductus/Brush-strokes	Pentimenti	Underdrawing	Pigments visual identification	Inner condition	Superficial condition	Inpainting
VIS		-	-	-	-		
RL			-	-			-
TL			-	-			
UVF 355	-	-	-		-		
UVF 254	-	-	-		-		
UVR	-	-	-		-		
IR	-					-	
IRFC	-					-	
IRF	-	-	-		-	-	-
IRR	-					-	
IRT	-					-	
XR			-			-	-

copies, it serves also in the production of IRFC images, but no major contribution to the MBTI may be highlighted for the rest of the visible techniques [table 1].

Starting with the evidence shown by the MBTI, it must be highlighted that UVF (254 and 365 nm) was especially necessary for the observation of the condition of the painting: minor retouches here and there, and a thick layer of old greenish fluorescent varnish were found. The fluorescence of the white pigment made the use of lead white easily identifiable. A certain orange fluorescence was found over the red jacket, being clearly more visible at 254 nm rather than 365nm; this suggested the presence of a madder lake used in glazes for achieving red shade tones (Cosentino, 2014 b: 10), (Pinna, *et al.* 2009: 96) and was also confirmed later by IRFC. UVR was done in order to try to map possible titanium or zinc white inpainting (Cosentino 2014: 7; 2015 e: 58), although no significant results were obtained for both pigments, and only a few tiny spots indicated the potential presence of one of these pigments. Even with the aim of mapping eventual retouches of cadmium red over the jacket, an IRF was carried out, with a negative result, obtaining a completely black picture, in which only the cadmium square of the CHSOS modified AIC target emitted fluorescence, evidencing that although some minor restoration had been performed on the canvas, none of the cadmium pigments had been used (Cosentino, 2014: 9; 2016: 5).

Among all the technical images, those on the IR side have been the richest in terms of useful information. Infrared imaging family (IR, IRR, IRT, IRF, IRFC), by being the wider one, helps us to understand the painting technique and the creative processes from many approaches by revealing the hidden sketching or brushstrokes that at first sight are

not visible (Cosentino 2016). They complement perfectly and match VIS, UVF, UVR, and especially XR. The IR family showed important modifications or *pentimenti*, which could be the key to fully understanding and interpreting this artwork; amendments that, in our opinion, are highly significant due to the unique and singular value of this painting.

Ordinarily it is well understood that a copy or replica of the king's portrait should be as accurate and as close as possible to the original prototype previously chosen and established, which is not a difficult or an overly complicated exercise. By the use of a simple grid the accuracy and plausibility regarding a previous model can be fully secured. This means that the kind of drawing lines that can be found when we are dealing with a copy (either the tracing or grid-drawing) replicates the configuration of a previous work. However, it is illogical to find substantial *in itinere* modifications or positional changes. *A priori*, therefore, any modification should be ascribed to the original prototype, that is, the first version of a three-quarter-length portrait of King Carlos IV performed by Goya. This original version would display various logical variations in order to find the position and desired composition both by the artist and the patron. MBTI techniques of imaging reveal unique facts: the repositioning of many elements in the picture and clear *pentimenti* can be observed, unsuitable aspects for a copy. If we also take into account that the final configuration chosen for the canvas is exactly the same that is repeated in other portraits of the same series, one might ponder over the purpose of the changes of the underlying layers.

A simple glance at IR and IRR [figure 3] evidences some *pentimenti* or modifications, which are especially

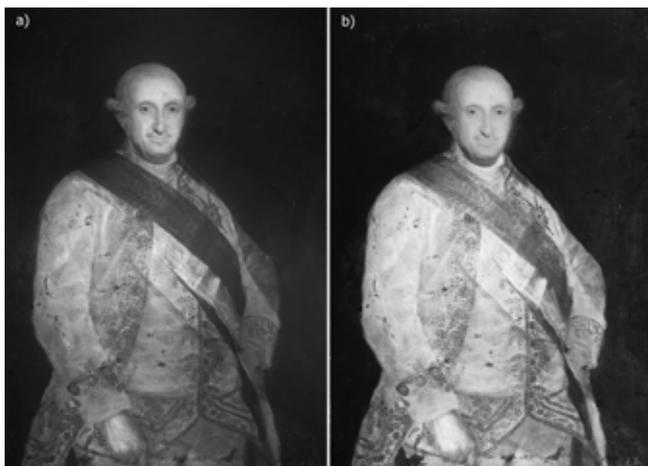


Figure 3- (a) IR at 1.050 nm and (b) IRR (1.100-2000 nm). Some *pentimenti* are noticeable in both images. The repainting of the Sash of the Order of Carlos III can be observed together with the changes of position of the other two sashes and the posture of the Monarch's arms. The variations in the grey of the blue sash is due to its' content of Prussian blue, much clearer in IRR.

noticeable on the left arm of the King, his elbow, and his shoulder. The position of the sashes seems to have been modified and an almost imperceptible hidden hand emerges very tenuously over the waist.

Thanks to the IRT a subtle composition drawing can be observed, probably made by a graphite or lead tip. It is not a continuous and ubiquitous drawing (actually it can only be appreciated in a few areas of the canvas), but rather a trace of small lines that the painter used for an accurate positioning of the main features of the monarch. Consequently, we can clearly visualize the outline of the eye sockets, the head, and the right shoulder. In addition, IRT shows the way the physiognomic composition was performed with dissolved oil painting (commonly known as a wash composition sketch). It can be appreciated, in the rendering of the mouth, nose, eyes, and in the monarch's outline [figure 4]. Actually, this preparatory sketch turns out to be the main composition of the work, whilst the line drawing is relegated to a mere initial spatial location. This fact confirms that the painting technique was a quite direct one. This reveals great skills, thus addressing a portrait with practically no prior composition is not a procedure every painter is capable of. However, large directional brushstrokes in the figure's profile and within the disposition of some of its elements can be observed. Infrared images (IR, IRR, IRT) also show the first position of the ruff: the rim of the neck, which was covered with long brushstrokes, allowing us to observe the addition of a light gauze bow tie, seen only in part, because it has been covered by the sash. IRT allows a certain brushstroke analysis technique, which permits one to appreciate the aforementioned construction of the bow tie, but it enhances how the drawing of the coat's decoration also changes its position and inclination. In addition to the repositioning of the left side of the garment's embroidery borders, IR techniques

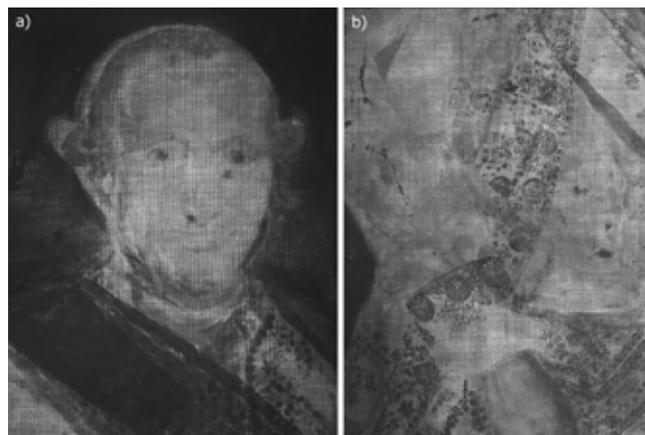


Figure 4- IRT (1.050 nm) allows us to appreciate in a clear way the weave of the canvas, some of the traces of the underlying preparatory drawing, the wash-sketch composition of the figure. (a) The head shows some *pentimenti*. It can be appreciated how nose and eyes were almost in a frontal view, and how the head's profile was modified. However, neither IR nor IRR allow us to appreciate the aforementioned technical procedures. (b) Detail of the area of the monarch's waist, where we can appreciate the right hand, as well as the previous outline sketch located above it, displaying the cuff and the three circular motifs of its edge. The original angle of the arm was obviously modified, like the dark triangle on the upper left corner suggests.

point to the repositioning of the sashes; some corrections or small *pentimenti* over the neck, left arm, shoulder, and finally over the right arm sleeve, which caused, in turn, the shifting of the circular stud patterns, creating therefore a new design [figures 3-4].

XR shows repeated modifications and alterations to the initial composition, allowing us to monitor the compositional evolution of the picture and to establish how the initial idea of the painter was transformed towards achieving a model scheme that satisfied him, in order to make the best of it [figure 5]. Sometimes the *pentimenti* would be significant, with great changes, while others are minor corrections, barely noticeable, in order to balance the compositional dynamics of the portrait or to improve, according to the painter's judgement, weights and rhythms of the chromatic fields which, ultimately, would represent a qualitative increase.

On the right shoulder of the figure, we can observe some white dots (small touches of white lead) which correspond to the buttons that held the sash of the Order of Carlos III as found in other portraits of the King that are preserved. This element, however, disappeared in the early nineteenth century due to a subsequent repainting of the sash.

A striking visible feature of the picture is the absence of the insignia of the Order of the Golden Fleece, that can be found in all other portraits of the King. A barely visible stain under the sashes in IRR suggested the existence of this insignia, and the radiographic image not only



Figure 5- XR image reveals a complex picture, with light and dark densities, as well what appear to be watermarks in the outline of the figure, caused by the way the canvas is prepared, an unequal primer layer, and the content of white lead (radiopaque material) Due to this radiopacity, the various *pentimenti* and changes hidden by the uppermost visible paint layer can be seen. By radiographic imaging the various paint layers applied on the canvas can be observed. Notice the modifications in head and shoulders, the sashes, the buttons, and embroideries and specially the hands

confirms this hypothesis, it shows that it was originally painted twice. The first is located at a lower level, and was the one initially planned by the painter, together with the sash of the Order of Carlos III and that of St. Januarius of Naples. Subsequently, the artist decided to depict them higher up, along with the Fleece, in a remarkable compositional modification. Therefore, the X-ray shows a second insignia, located higher, which was also hidden by the aforementioned repainting of the sash of Carlos III. It must be noted, however, that the second location of the insignia, in a higher position, is not exactly the one reproduced in subsequent copies. In these replicas, the Fleece is slightly shifted to the left shoulder of the sovereign. We should, therefore suggest, that in the subsequent copies of the original portrait, the artist made some minor adjustments or changes, such as the one described, relocating the insignia due to compositional and aesthetic interests.

The gap left by the artist to paint the head was larger in his first approach, readjusting the trace of the outline by a dark black brushstroke, which implies heavy edges over the lighter fields of the head. Within the creative process of the work we can appreciate how the painter caused a slight movement of the king's head, by using a subtle shift to the left. Whilst on a first sketch his face was probably performed almost entirely frontally, like XR and IRT suggest. Subsequently the painter changed his point of view deciding to slightly swing his head to the left, something which is also visible with IRT and partially suggested by RL. In turn, this repositioning of the head forces him to reformulate the angle of the face features and the hair silhouette, newly modifying his profile by adding a trace on his right side and eliminating another on his left, while he subtly moves his right eye closer to the nose.

Perhaps the parts with greater noticeable changes are those concerning the garments. The biggest issues concern the creation and elaboration of the clothing, the borders of the coat, the sashes, and insignias, and the ornamental elements (modifications that were also visible in IR, IRR, and IRT). In a first draft, the sashes were more distant from the face, conferring the painter space to elaborate an elegant tie, as shown by the XR. The radiograph reveals the existence of very pasted touches of radiopaque material, of high contrast (corresponding to a lead oxide), which leads us to assume that there once was a further elaborated neck. It can also be observed by the remains of the *impasto* that created folds beneath the painted sashes with a different brushstroke direction, partially noticeable with RL.

As we can more clearly appreciate by the X-ray, at first, both the blue sash of Carlos III and the red one of St. Januarius of Naples were located at a lower height, with a further pronounced diagonal angle. Such changes evidence the search for a greater compositional balance. With each alteration of the height of the sashes, in parallel, the position of the Fleece was changed, moving vertically by a few centimeters. With the sashes located in their definitive position, the artist proceeded to decorate the jacket with silver embroidery, yet this was also modified with the general rethinking of most of the garment. Thus, IR, IRR, IRT, and XR images allow us to appreciate a higher initial opening of the jacket [figures 3–5].

Moreover, the right arm of the sovereign must have been of a greater flexure, because the bend of the elbow angle can be seen, creating a dark triangular surface, clearly visible in all the IR images. It is a position similar to the one of infant Don Antonio Pascual, another son of Carlos III, who was portrayed around 1765 by Antón Raphael Mengs in a portrait in the Museo del Prado. In this work, a further opening of the jacket and the right arm of the infant resting on his waist are displayed. This could have been the initial position projected by Goya for the portrait of Carlos IV. This statement can be corroborated by the

hand and sleeve of the right arm which are sensed by observing the XR, as they appear somewhat higher than in the visible composition, which would require, as stated above, a greater elbow flexion. In this initial project, both hands were located at the same level [figure 5]. The right hand appears composed by a semi-closed fist, as if holding an object (perhaps a baton), while the left hand is not well defined, displaced and half-hidden behind the hip for correcting the position. They perfectly match the almost erased stage of the previous composition, noticeable in IR, IRR, and IRT especially. In general, we should point out that this first position or arm composition seems to respond to a less elaborated stage, an idea that was soon abandoned, and it could even be the result of depicting the King while he was sitting down. The less radiopacity is due to a minor content of white lead, expected of a non-finished stage.

Perhaps the whole left area was the least changed. The first outline of the figure was wider and it had to be redone with a second repositioning, which led to a new transformation of the profile, especially the outline of the left side, pushing it to the background of the painting, the edge of which can be seen more clearly. Ultimately, the result is a figure with a

typical posture in the paintings of Goya, twisted sideways, with a certain dynamic grace and hidden hands (Puig *et al.* 2016). In general, all these changes (which can be compared with the last stage of the artwork seen in fig. 1) created an improvement in the rhythm of the figure, which slightly pivots over his trunk and head, generating a more natural movement with a communicative turn towards the viewer.

Finally, IRFC was also necessary for the initial identification of the pigments (Poldi; Villa, 2006: 127-137); (Cosentino 2014; 2016: 4-5), and even for mapping colors of hidden parts [figure 6]. That is the case of the Prussian blue of the original Carlos III sash, that after the reposition of the sashes remained under the red St. Januarius sash (the yellow one in IRFC, due to its composition of vermilion). Behind the yellowish glowing of vermilion, the Prussian Blue (which also remains blue in IRFC) can be identified. The orange color is due to the presence of the aforementioned lake, noticeable in UVF (Cosentino 2014: 9). All the pigments suggested by MBTI were confirmed by RAMAN. Among them there are vermilion, madder lake, lead white, ochre, and other earthen pigments, as well as Prussian blue and charcoal black., all of them common in the palette of Goya.



Figure 6- IRFC. The alteration of the colors can be useful for the primary identification of pigments. Under the red sash (yellow in IRFC by being depicted with vermilion) there is a blue one pushing behind.

Postproduction of images for a proper interpretation

To clearly appreciate all the changes and *pentimenti* already described, it has been necessary to superimpose several images with Adobe® Photoshop® by altering the opacity, not only to get IR and IRR luminosity blends (Cosentino; Stout 2014), but also to create a whole list of blended hybrid images (IR-XR; IRR-VIS; IRR-XR; IRT-IRR; IRT-XR; IRT-IR; VIS-XR), useful to understand the inner divergences [figure 7].

After that, a digital superimposition of various stages of the process of transformation of the portrait was carried out, using a virtual reconstruction based on the evidences of MBTI [figures 8–9]. Furthermore, a careful superimposition the image of the portrait has been done with the replicas or copies by Goya and his workshop, always preserving the original scales. Surprisingly all the figures of the aforementioned portraits coincide exactly with this study case (Puig *et al.* 2016: 88-90). Since all these portraits of Goya's circle show identical measurements and proportions, a tracing technique is very likely to have been used in order to copy the work, although the IR carried out on other portraits has not allowed us to confirm this technique for all the existing examples. Nevertheless, as they all have red primers, it could be done with a white colored tracing paper (invisible with IR techniques), although a common charcoal tracing has been detected on some portraits, like the one of Altadis (Puig *et al.* 2016: 95). Thus, these results prove that there was a single model of the Monarch, of a certain size, that would have been copied repeatedly, although the sizes of

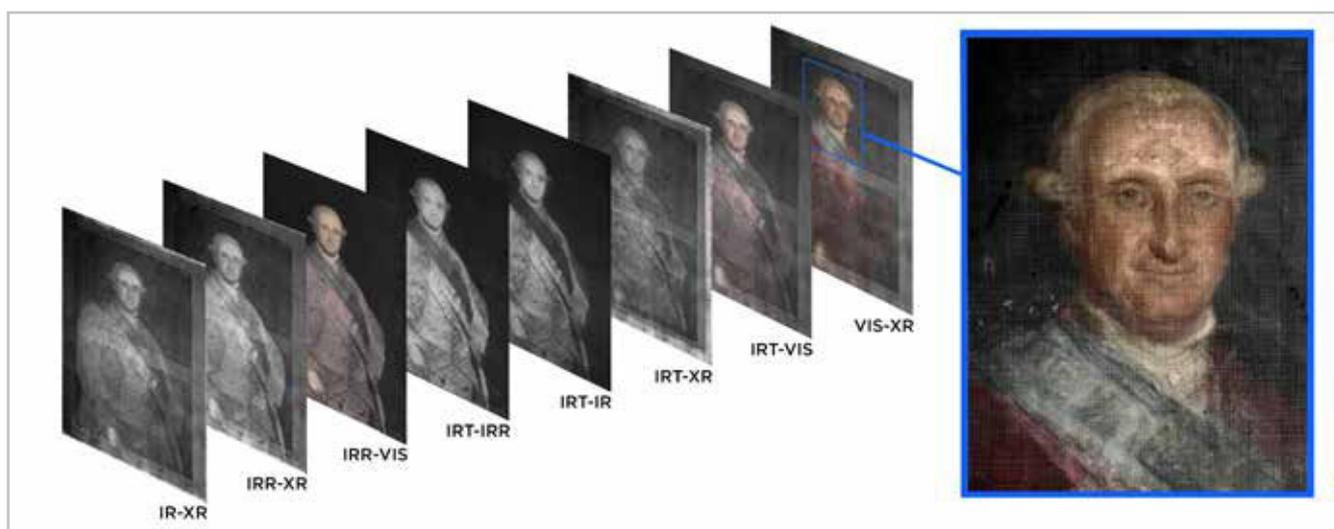


Figure 7- List of hybrid images developed by blending MBTI images. They allow a better confrontation of results, while they provide useful information that many times cannot be clearly observed with the naked eye.



Figure 8- Virtual reconstruction of the evolution of the painting, considering the *pentimenti* and underpainting changes noticeable in the MBTI (specially based on XR, IR, IRT, and IRR). (a) First stage and staining. The figure is almost in frontal position, which can be observed in RX and IRT. (b) The first steps and configuration of the model, with a totally different position (maybe the model was seated). (c) Overlapping of all the steps with the final visible image. (d) Final configuration.

the subsequent canvases vary both in height and width. When the Sovereign is represented full-length, only the legs are completed, yet following the dimensions of the body; therefore, the scaling superimposition performed of the three portraits mentioned above results in high accuracy.

Conclusions

With regard to the technical features of the artwork we must review some formal characteristics of the materials and techniques used. Although the work has experienced the addition of various paint layers as a result of successive restorations, the analysis of the original materials allows us to settle an overview of the painter's process, and also offers the possibility to compare it with other works executed by him, whose technical process have also been yet described.

MBTI has lead us to discover the trial-and-error method used by Goya who, reluctant to work in any other way than the one that involved the live model, adjusted every necessary detail until achieving the portrait. Therefore, the painting may be considered the original prototype of the portrait of King Carlos IV, the one created and patented by Goya between February and April 1789, which generated several replicas with the exact same dimensions. Such copies only modified the color of the jackets, the dimensions of the canvas, and the context decoration: curtains, tables and crown. However, all of them displayed identical measurements with respect to the upper and main parts of the Sovereign's portrayed body. Throughout the different images of the MBTI the way in which the portrait was executed has been shown, revealing hidden parts that help to order the steps and stages of the creative process for this particular painting. By carrying out these tests part of the inner history of the



Figure 9- Virtual reconstruction of the hidden layers of the portrait, superimposed to the VIS layer. This kind of interpretation cannot be carried out without the contribution all the information of MBTI.

painting has been recovered and revealed, discarding the theory that is a copy. Thus, MSI has contributed directly to a final recognition of the painting as the original model and has clarified its attribution to the hand of Francisco de Goya y Lucientes.

Acknowledgments

The authors wish to thank PhD Ximo Company (Chair of Modern Art History Director of CAEM of the Universitat de Lleida); PhD Carmen Garrido (former Director of the Technical Cabinet of the Museo del Prado); both coauthors for a deeper study of the portrait. We also wish to thank PhD Magdalena Gómez, who performed the XR. We finally wish to thank Marcelo Picollo from the IFAC-CNR for his advice.

Notas

[1] Centre d'Art d'Època Moderna: <http://www.caem.udl.cat/home/>

[2] In October 2007 the laboratory Arte-Lab of Madrid conducted a study of the materials from the canvas by analyzing 3 samples. The

techniques used were optical fluorescence microscopy, infrared Fourier transform spectroscopy (FTIR), gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS) and finally microanalysis performed in the scanning electron microscopy with energy-dispersive X-ray spectrometry (SEM -EDX) Later on, in 2014 a RAMAN spectroscopy analysis was conducted over the whole of the pigments. It was carried out by the RMN service of the University of Lleida. In addition, in 2016 gas chromatographies were carried out to determine the specific binder of the whites as well as the composition of the varnish (Puig *et al.* 2016: 144-145).

[3] Multispectral should be better referred to the imaging systems that use different shots taken at a constant range of 20 or 40 nm, by using special cutting-wavelength filter, and always by using the same device. (Poldi; Villa 2006:237-238); (Cosentino 2015 a; 2015 b; 2015 c; 2015 f). Hyperspectral is commonly used to refer diffuse reflectance hyperspectral imaging, (or reflectance imaging spectroscopy) which is a sophisticated technique that enables the capture of hundreds of images in contiguous narrow spectral bands (bandwidth < 10 nm), typically in the visible (Vis, 400–750 nm) and the near-infrared (NIR, 750– 2500 nm) regions. (Cucci, *et al.* 2016, 2070); (Cucci *et al.* 2018, 45-57); (Vitorino *et al.* 891 901).

[4] <https://chsopensource.org/>

[5] The grey patches are identified by the following designations (white to black): white; N8; N6.5; N5; N3.5]

References

- BONANNO A., BOZZO G., STRANGES F. E SAPIA P., (2017) "La riflettografia infrarossa tra fisica, arte e tecnologia", *Il Giornale di Fisica*, (1), 27-51.
- COSENTINO, A. (2013) "A practical guide to Panoramic Multispectral Imaging", *e-Conservation Magazine*, 25, 64–73.
- COSENTINO, A. (2014) "Identification of pigments by multispectral imaging a flowchart method", *Heritage Science*, 2:8. <http://www.heritagesciencejournal.com/content/pdf/2050-7445-2-8.pdf>
- COSENTINO, A; CAGGIANI, M.C.; RUGGIERO, G.; SALVEMINI, F. (2014) "Panoramic Multispectral Imaging: Training and Case studies", *Belgian Association of Conservators Bulletin*, 2nd Trimester, 7–11.
- COSENTINO, A; STOUT S. (2014) "Photoshop and Multispectral Imaging for Art Documentation", *e-Preservation Science*, 11, 91–98. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKFwjyqQ31OvaAhWL16QKHAR6C8UQFggsMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.morana-rtd.com%2Fepreservationscience%2F2014%2Feps_2014_a11_Cosentino.pdf&usq=AOvVaw3CRyiTOwtseYGTA-2Av55c
- COSENTINO, A. (2015 a) "Imaging Multispettrale low-cost con filtri interferenziali", *Archeomatica*, 2, 12-17.
- COSENTINO, A. (2015 b) "Multispectral Imaging of Pigments with a digital camera and 12 interferential filters", *e-Preservation Science*, 12, 1-7.

COSENTINO, A. (2015 c) "Multispectral imaging system using 12 interference filters for mapping pigments", *Conservar Património* 21, 25-38.

COSENTINO, A. (2015 d) "Effects of Different Binders on Technical Photography and Infrared Reflectography of 54 Historical Pigments", *International Journal of Conservation Science*, 6 (3), 287-298. <https://chsopensource.org/2015/09/11/effects-of-different-binders-on-technical-photography-and-infrared-reflectography-of-54-historical-pigments/>

COSENTINO, A. (2015 e) "Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination", *Conservar Património* 21, 53-62.

COSENTINO, A. (2015 f) "Multispectral imaging and the art expert", *Spectroscopy Europe*, 27 (2) 6-9.

COSENTINO, A. (2016) "Infrared Technical Photography for Art Examination", *e-Preservation Science*, 13, 1-6.

CUCCI ,C; DELANEY, J. K, PICOLLO, M. (2016) "Reflectance Hyperspectral Imaging for Investigation of Works of Art: Old Master Paintings and Illuminated Manuscripts". *Accouns of Chemical Research*, vol. 49, 2070-2079.

CUCCI, C., BRACCI, S., CASINI, A., INNOCENTI, S., PICOLLO, M., STEFANI, L. & SCUDIERI, M. (2018). The illuminated manuscript Corale 43 and its attribution to Beato Angelico: Non-invasive analysis by FORS, XRF and hyperspectral imaging techniques. *Microchemical Journal*, 138, 45-57.

GABALDÓN, A. (1999) Técnicas de Análisis Físico: Radiografía y Reflectografía de Infrarrojo, aplicadas al estudio de los bienes muebles. *Arbor*, 1999, vol. 164, no 645, p. 27. <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/1595/1672>

GARRIDO, C. Aplicación de la metodología científica al estudio de la pintura. En *Arte: materiales y conservación*. Fundación Argentaria, 1998. p. 41-65. http://mail.foronuclear.org/images/stories/recursos/zona-descarga/periodistas/2013/Aplicacion_metodologia_cientifica_estudio_pintura_Carmen_Garrido_Museo_Prado.pdf

MARILENA, T. (ed.) (2017). *Salve Mater. L'Annunciazione di Beato Angelico a San Marco. The Annunciation by Fra Angelico at San Marco*. Quanderni del Museo di San Marco. Firenze: Sillabe.

MATTEINI, M.; MOLES, A. (2001) *Ciencia y Restauración. Método de investigación*. Sevilla: Editorial Nerea, S.A.

MOUSATSOU A., SKAPOULA D., DOULGERIDIS M., (2011) "The Contribution of Transmitted Infrared Imaging to Non-Invasive Study of Canvas Paintings at the National Gallery – Alexandros Soutzos Museum, Greece", in e-conservation magazine, 22, pp. 53-61. <http://www.e-conservationline.com/content/view/1038>

PAMART, A., GUILLON, O., FARACI, S., GATTET, E., GENEVOIS, M., VALLET, J. M.; DE LUCA, L. (2017). Multispectral Photogrammetric Data Acquisition and Processing Forwall Paintings Studies. *The*

International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42, 559.

PELAGOTTI, A., DEL MASTIO, A., DE ROSA, A., & PIVA, A. (2008). Multispectral imaging of paintings. *IEEE Signal Processing Magazine*, 25(4), 27-36.

PINNA, Daniela; GALEOTTI, Monica; MAZZEO, Rocco. Scientific Examination for the Investigation of Paintings. A Handbook for Conservator-restorers. Firenze: Centro Di, 2009.

POLDI, G.; VILLA G. C. (2006). *Dalla conservazione alla storia dell'arte. Riflettografia e analisi non invasive per lo studio dei dipinti*. Pisa: Edizioni della Normale.

PUIG, I; COMPANY, X; GARRIDO, C.; HERRERO-CORTELL, M. (2016) Francisco de Goya Carlos IV. Protrait of King Carlos IV. CAEM-Universitat de Lleida: Lleida.

RORIMER J. J. (1931) "Ultraviolet rays and their use in the examination of works of art "in Metropolitan Museum of Art Publications, New York; 1st Ed. 1931 https://www.metmuseum.org/art/metpublications/Ultra_Violet_Rays

VAN ASPEREN DE BOER, J. (1969) "Reflectography of paintitngs using an Infrared Vidicon Television System". En: *Studies in Conservation*, Vol. 14., 96-118.

VITORINO, T., CASINI, A., CUCCI, C., MELO, M. J., PICOLLO, M., & STEFANI, L. (2015). Non-invasive identification of traditional red lake pigments in fourteenth to sixteenth centuries paintings through the use of hyperspectral imaging technique. *Applied Physics A*, 121(3), 891-901.

WARDA J. (ed.), FREY F., HELLER D., KUSHEL D., VITALE T., WEAVER G, "AIC Guide to Digital Photography and Conservation Documentation", 2nd Edition, in American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 2011.4.

Autor/es



Miguel Ángel Herrero-Cortell

miquelangel.herrero@hahs.udl.cat

Departament d'Història de l'Art i Història Social / Centre d'Art d'Època Moderna (CAEM), Universitat de Lleida

He has a degree in Fine Arts from the Polytechnic University of Valencia (UPV) and a degree in Art History from the University of Valencia(UV). He holds a Master's Degree in Conservation and Restoration of Cultural Heritage and a Master's Degree in Artistic Production. He is currently finishing a PhD in History of Art at the University of Lleida. He has developed his work as a researcher focusing on the field of materials and painting techniques, on painting diagnosis and in heritage reproductions and copies. He is

currently a researcher at the Center d'Art d'Època Moderna (CAEM) of the UdL, university where he teaches in the Art History Degree and in the Master in Expertise, Evaluation and Analysis of Artworks..

2018 he has been teacher and researcher at the University of Lleida, teaching Artistic Techniques, Renaissance and Baroque Art, and History of Conservation and Restoration. He has developed several researches on paintings between the 15th and the 18th centuries, specially focussing on arts diagnosis with infrared imaging.



Marta Raich Creus

marta.raich@udl.cat

Centre d'Art d'Època Moderna (CAEM)

She has a degree in Audiovisual Communication by the University of Lleida (Spain). She is Expert Technician in Image Production. She is specialized in scientific photography applied to works of art, as well as artistic diagnosis. She is currently developing her research and work as technician at the Centre d'Art d'Època Moderna (CAEM) of the UdL where she carries out technical and scientific imaging, while she also develops design and layout tasks.

Artículo enviado el 22/05/2018

Artículo aceptado el 12/11/2018



Paola Artoni

paola.artoni27@gmail.com

Dipartimento di Culture e Civiltà. University of Verona.

She holds a PhD in Beni Culturali. From 1999 to 2009 she worked for Ministero per i Beni e le Attività Culturali in the Museum of the Ducal Palace in Mantua. Since 2010 she's Functionary technical responsible of the Centre Laniac (Laboratorio di Analisi Non Invasive per l'Arte Antica, Moderna e Contemporanea), in Dipartimento di Culture e Civiltà, (University of Verona) and she is also member of the Laniac's executive committee. She held courses for introducing non-invasive diagnostics applied to cultural heritage in the same university, from 2011 up to now. She is also a cultor of matter and assistant for the "History of Artistic Techniques" and "History of Restoration" courses.



Isidro Puig

isidro.puig@uv.es

Departament d'Història de l' Art.
Universitat de València

Isidro Puig holds a PhD in Art History from the Universitat de Barcelona. Since 1998 until 2007 he has been Curator of the Museu de Lleida, and then Coordinator Chief of the Centre d'Art d'Època Moderna, Universitat de Lleida. From 2007 to

Intervenção de Conservação e Restauo na Gravura de George Braun e Frans Hogenberg, representando a Vila de Cascais

Luis Filipe Pereira y Luís Marques

Resumo: Em 2017 o Arquivo Histórico e Municipal de Cascais decidiu restaurar a mais antiga imagem da Vila de Cascais, correspondente a uma gravura do século XVI e que pertencia à obra *Civitates Orbis Terrarum*, um dos mais importantes livros sobre a vida nas cidades da Idade Média. Com o trabalho a ser adjudicado à Cooperativa Água de Cal Conservação e Restauo, apresentam-se as várias soluções técnicas definidas no decurso do processo bem como a respectiva fundamentação teórica das mesmas. O presente artigo resulta de uma existência diminuta de publicações que ilustrem intervenções de conservação e restauo em obras com problemas semelhantes aos verificados, assumindo-se como uma partilha com os profissionais da área.

Palavras-chave: Civitates Orbis Terrarum, Cascais, gravura, acidificação do papel, restauo

Intervención de Conservación y Restauración en el Grabado de George Braun y Frans Hogenberg, representando la Ciudad de Cascais

Resumen: En 2017 el Archivo Histórico y Municipal de Cascais decidió restaurar la más antigua imagen de la ciudad de Cascais, que corresponde a un grabado del siglo XVI y que pertenecía a la obra de *Civitates Orbis Terrarum*, uno de los más importantes libros sobre la vida en las ciudades de la Edad Media. La restauración de la obra fue llevada a cabo por la Cooperativa Agua de Cal Conservación y Restauración y en este trabajo se muestra las soluciones técnicas desarrolladas en la intervención de la obra. El presente artículo resulta de una existencia diminuta de publicaciones que ilustren intervenciones de conservación y restauración en obras con problemas semejantes a los verificados, por lo que se pretende compartir la intervención desarrollada con los profesionales del área.

Palabras clave: Civitates Orbis Terrarum, Cascais; grabado, acidificación del papel, restauración

Intervention of conservation and restoration of the print of George Braun and Frans Hogenberg, depicting the village of Cascais

Abstract: In 2017 the Municipal and Historical Archive of Cascais decided to restore the oldest image depicting the village – a print from the XVI century taken from the book *Civitates Orbis Terrarum*, one of the most important documents about the cities in the medieval age. The work was performed by the Company: Água de Cal Conservação e Restauo, and this article presents the technical options assumed during the process. It's also a sharing with all the professionals of the area, which is justified by the few publications related with cases similar to the described.

Keywords: Civitates Orbis Terrarum, Cascais, print, paper acidification, restoration

Enquadramento

A gravura intervencionada, com a representação da Vila de Cascais (Figura 1), foi adquirida pela Câmara Municipal de Cascais ao colecionador privado José Maria Costa e Silva, no ano de 2005, e integrava uma colecção onde pontificavam vários elementos sobre a zona de Carcavelos. Ainda que surgisse como uma peça única e isolada, é parte integrante da obra *Civitates Orbis Terrarum*, editada em 1572, da autoria de George Braun e Frans Hogenberg.

Com George Braun a assumir a responsabilidade pelos textos e Frans Hogenberg pelas gravuras (Krogt 2008: 2) a obra, de acordo com Tooley (Krogt 2008:2), é um dos grandes livros do mundo, que assume um papel fundamental na compreensão da vida na Europa medieval.

Contemporânea de uma obra igualmente marcante, *Theatrum Orbis Terrarum*, da autoria de Abraham Ortelius, editada em 1570 (sobre países e territórios do mundo inteiro), representa um testemunho do fascínio que as cidades assumiam então e do que simbolizavam.

Ao longo da idade média, as cidades foram-se afirmando como espaços de liberdade, estabelecendo um contraponto ao mundo rural, que se caracterizava pela existência de uma estrutura feudal assente em relações de poder fortemente hierarquizadas e assimétricas. A vassalagem, um dos principais atributos desse sistema,

caracterizava-se por uma relação de dependência onde um homem, o vassalo, se tornava propriedade de outro, o senhor (Ganshof 1976: 131). Rapidamente se tornou hereditária, passando essa condição de pais para filhos (Ganshof 1976: 136) com a liberdade a tornar-se apenas uma prerrogativa dos nobres (Pirenne 1977:149).

De acordo com Pirenne (Pirenne 1977: 160), com o ressurgimento do comércio, responsável pela revitalização das cidades, liberdade passa a assumir-se como elemento definidor das mesmas e da condição dos habitantes do burgo (burgueses) – comerciantes na sua maioria. Segundo o autor, “ela é um atributo necessário e universal da burguesia. (...) Todos os vestígios da servidão rural desaparecem dentro dos seus muros, (...) onde todo o servo que tivesse vivido durante um ano e um dia no recinto urbano passava a possuí-la a título definitivo, quebrando quaisquer laços de vassalagem prévios existentes” (Pirenne 1977: 160).

Em resumo, no final da idade média as cidades, símbolos de organização da vida social e principais pontos de comércio (Krogt 2008:1) eram “comunas vivendo do comércio e da indústria, ao abrigo de um recinto fortificado, gozando de um direito, de uma administração e de uma jurisprudência de excepção, que fizeram delas uma personalidade colectiva privilegiada” (Pirenne 1977: 161). Todos estes aspectos são a razão do fascínio e importância que lhes foram atribuídas nos séculos vindouros.



Figura 1.- Gravura da Vila de Cascais, pertencente ao Arquivo Histórico e Municipal de Cascais – frente.



Figura 2.- Gravura da Vila de Cascais, pertencente ao Arquivo Histórico e Municipal de Cascais – verso.

O *Civitates Orbis Terrarum* é constituído por seis volumes, editados entre 1572-1617. Somando um total de 361 páginas continha 543 imagens, correspondentes a 475 cidades – 95% cidades europeias e 5% cidades não europeias (Krogt 2008: 4). A representação da vila de Cascais surge no Livro I. Encontramos ainda no mesmo a representação da cidade de Lisboa. No livro 5, publicado em 1598, surgem as representações de Braga e Coimbra, somando assim cinco o número de cidades portuguesas contidas na obra.

A gravura que representa a vila de Cascais (com a faixa costeira que vai até Belém) é a mais antiga representação da vila existente no Arquivo Histórico e Municipal de Cascais. Realizada segundo a técnica de água-forte sobre placa de cobre (Gascoigne 2014: 10d) possui 52,5 cm de comprimento por 13,9 de largura. A obra apresenta-se colorida, predominando como tons: castanho, verde-escuro, ocre e vermelho, não sendo contudo possível concluir se a cor é original ou se representa já um momento posterior à edição da obra – comparando a obra com as edições do *Civitates Orbis Terrarum* presentes na Biblioteca Nacional de Portugal, na Biblioteca da Universidade de Jerusalém, Biblioteca do Congresso (Estados-Unidos da América) e na Bayerische Staats Bibliothek (Alemanha), verificamos diferenças entre todas elas. No caso da edição existente na Biblioteca Nacional de Portugal, a obra não apresenta quaisquer vestígios de cor (à excepção do preto) com todas as outras a mostrarem colorações diferentes entre si.

O presente artigo, mais do que trazer propostas metodológicas inovadoras pretende ser um espaço de partilha, devido à inexistência de bibliografia em português que retrate casos semelhantes ao descrito e pela escassa bibliografia em outros idiomas (Carlson (1997)). As publicações científicas portuguesas reflectem maioritariamente artigos centrados em dissertações de mestrado e teses de doutoramento (Cruz *et al.* 2017:9), com as intervenções de conservação e restauro a assumirem uma representatividade diminuta (para uma melhor compreensão do fenómeno recomenda-se Lourenço 2017: 103-106). Este aspecto dificulta a recolha de informação por parte dos conservadores-restauradores que intervêm directamente nos bens culturais, com consequências na definição das metodologias e da própria execução dos trabalhos.

Parte ainda de um contexto de trabalho muito específico, prestação de serviços, sendo que qualquer leitura dos pontos que se apresentam a seguir (mais concretamente «Estado de Conservação» e «Intervenção de Conservação e Restauro») deve ser feita à luz das especificidades do mesmo, muito distintas da actividade profissional desenvolvida em contexto institucional. Os prestadores de serviços enfrentam desafios acrescidos relacionados com adjudicações assentes numa lógica de preços baixos (Pereira *et al.* 2017), exigências associadas ao cumprimento de prazos, e impossibilidade de recurso a métodos de

exame e análise nas várias fases do processo (por razões orçamentais). Estes aspectos traduzem-se numa menor disponibilidade de informação e dados aquando da definição das metodologias de intervenção, e um menor espaço de problematização e reflexão no âmbito da intervenção, devido à pressão decorrente da existência de penalizações contratuais por incumprimento dos prazos.

Estado de Conservação da Obra

A gravura apresentava-se em mau estado de conservação. As principais marcas e processos de deterioração surgiam associadas ao suporte, com algumas delas a assumirem impacto na leitura estética da obra.

—Acidificação do suporte

O processo de acidificação do papel traduz-se em alterações nas suas propriedades químicas e físicas. Os compostos ácidos reagem com a humidade presente no papel ou proveniente da atmosfera, produzindo a decomposição das moléculas de celulose (Strlic y Kolar 2002: 80). Segundo Browning (Browning 1970: 249) a existência desses compostos ácidos pode estar relacionada com os seguintes factores: i) presença de compostos ácidos introduzidos durante o processo de manufactura; ii) formação de compostos ácidos resultantes do processo de oxidação do papel; iii) constituintes da madeira utilizada como matéria-prima, mais concretamente a existência de ácidos ou compostos contendo o grupo carboxilo; iv) poluentes provenientes de fontes externas. A acidificação do papel traduz-se na diminuição da resistência e flexibilidade das fibras, tornando-se quebradiças ou mesmo pulverulentas.

A gravura da Vila de Cascais, registava um pH 6 (valor apurado com fitas de medição de pH) e apresentava-se com várias partes quebradiças, fendilhadas ou com lacunas (Figura 3.-a). Não sendo possível aferir o impacto dos pontos i)- iii) listados anteriormente, assumiu-se, contudo, a prevalência do ponto iv), associando ao mesmo dois factores possíveis.

O primeiro, directamente relacionado com a existência de poluentes associados aos materiais de montagem e emolduramento da obra. A par da poluição atmosférica, segundo Tétrault (2007) os poluentes podem ser transmitidos por contacto. A gravura da vila de Cascais encontrava-se inserida num passepartout em cartão, e colocada numa moldura que tinha como material no verso uma placa de platex (aglomerado de madeira), – a caracterização dos processos de alteração surge no ponto «Emolduramento com materiais sem especificação de conservação».

O segundo, e ainda que não tenham sido realizadas análises que o permitam sustentar, relacionado com uma

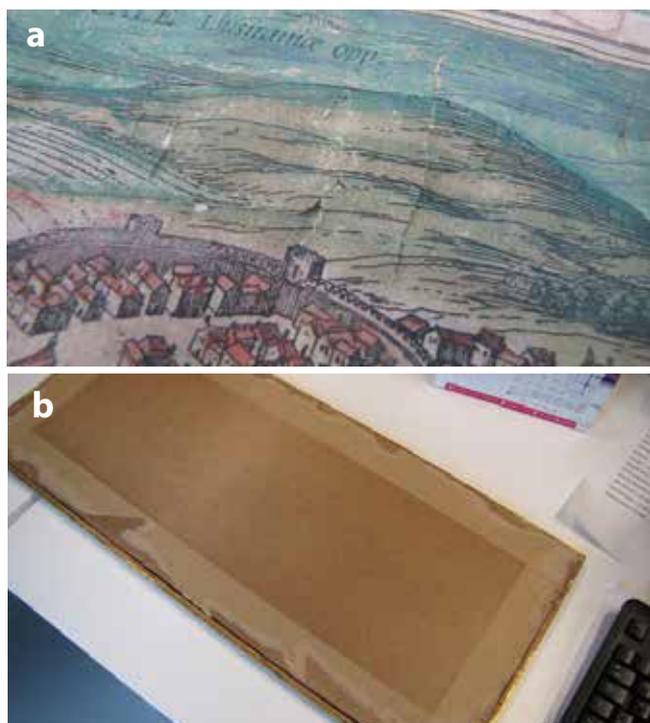


Figura 3.- a: Ao longo do suporte existiam várias zonas quebradiças e com lacunas, resultantes da acidificação do papel. b: Aspecto do verso da moldura que apresentava placa de plexatex.

possível utilização de verdigris na coloração da imagem. De acordo com Kuhn (1970:12) verdigris designa um conjunto de acetatos de cobre, com colorações que variam entre o azul, azul-esverdeado, verde-azul, e verde cobre. Obtêm-se pela exposição do cobre aos vapores do ácido acético e a sua utilização remonta à antiguidade clássica. De acordo com Carlson (1997) o verdigris foi amplamente utilizado entre os séculos xvi e xviii na coloração de imagens devido à sua abundância e preço reduzido (a título de exemplo refira-se os estudos realizados por Castro et al. (2008)). Ainda segundo o mesmo autor a degradação causada pelo verdigris caracteriza-se, entre outros, por: 1) acidificação do papel, tornando-se o mesmo castanho e extremamente frágil em termos de manuseamento – para uma melhor compreensão deste processo ver Castro *et al.* (2008:439); 2) as manchas resultantes da degradação do verdigris migram da superfície para o verso do papel.

A gravura da vila de Cascais apresenta um tom azul-esverdeado em várias zonas correspondentes à faixa de costa. Esta coloração coincidia com as áreas com maior incidência de fissuras e lacunas, sendo ainda visível no verso da obra várias manchas que pareciam corresponder à alteração da cor descrita anteriormente por Carlson (1997).

—Manchas presentes ao longo da superfície da obra

Existiam vários tipos de manchas relacionadas com sujidade e humidade. Surgiam disseminadas por toda a

superfície da obra (em profundidade) assumindo impacto na leitura estética da mesma.

—Reforços em papel presentes no verso da obra, correspondentes a restauro anterior

Era possível identificar no verso da obra vários reforços de papel relacionados com um restauro anterior (Figura 4.-a e Figura 4.-b). Os reforços coincidiam com as zonas mais fragilizadas pelo processo de acidificação, situando-se na metade superior da mesma. Traduziam um conjunto de vários fragmentos colados ao papel com adesivos que apresentavam ainda uma robustez considerável.

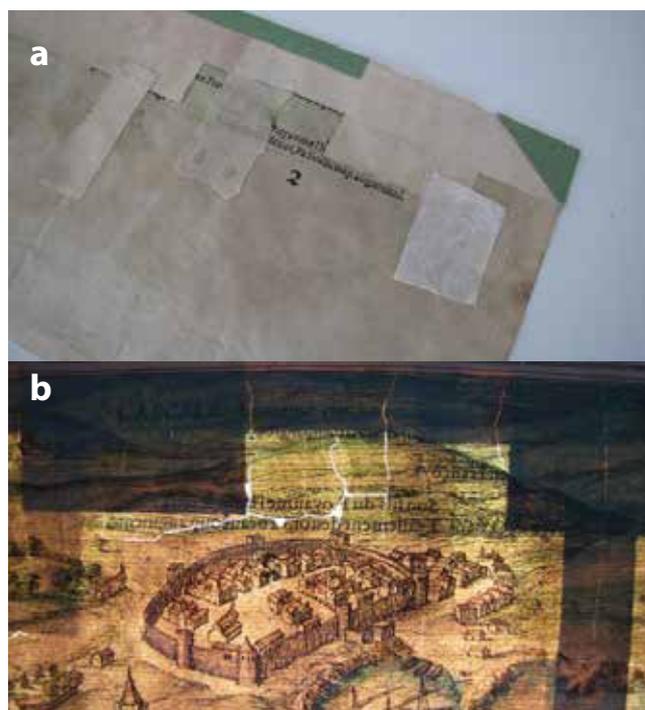


Figura 4.- a: Pormenor do verso da obra onde são visíveis os reforços, correspondentes a vários fragmentos de papel. b: Imagem captada com a obra colocada sobre mesa de luz, sendo visíveis os preenchimentos ao longo da margem superior da gravura.

—Vincos

Presentes em vários pontos da superfície da gravura, com a zona central da mesma a apresentar o mais expressivo – remetendo para uma possível dobragem da gravura no passado. Os vincos tornam-se zonas de fragilidade das obras, para além do impacto visual que assumem nas mesmas.

—Rasgões e lacunas

Grande parte dos rasgões e lacunas presentes na gravura encontravam-se relacionadas com a fragilidade do suporte decorrente da acidificação do mesmo. Em menor número, existiam rasgões relacionados com

possível manuseamento incorrecto da gravura e lacunas produzidas por arrastamento de fibras (fricção). Estes elementos acentuavam a fragilidade do suporte e os riscos associados ao respectivo manuseamento da obra.

—Emolduramento (acondicionamento e montagem da obra) com materiais sem especificação de conservação.

Dos materiais presentes no sistema de montagem da obra, o latex, usado como traseira da moldura, assumia-se como o mais nocivo para a conservação da gravura. Na composição do latex intervêm vários elementos químicos, entre os quais os formaldeídos, responsáveis pela união das partículas de madeira (Santos 2014: 5). O processo de produção dessas resinas determina um produto final com um ph ácido (Santos 2014: 14) com implicações na estabilidade química das placas de latex. Os formaldeídos são ainda libertados na forma de vapor ao longo do período de vida útil dos aglomerados de madeira (Santos 2014: 64). A par disso, a madeira utilizada apresenta muitas impurezas, resultando numa matéria-prima de pouca qualidade – são utilizados nesse contexto, resíduos florestais, madeira residual (serrim, aparas) e materiais reciclados que contenham madeira na sua constituição (Santos 2014: 12).

Estes aspectos determinam um material sem especificações de conservação, com um ph ácido e onde se verifica uma emissão continuada de poluentes, que se exponencia com a temperatura e humidade (Santos 2014: 33). Para além do latex a obra encontrava-se fixa a um passe-partout composto por um cartão extremamente acidificado (perceptível pela coloração castanha que apresentava).

Objectivos da Intervenção

O Arquivo Histórico e Municipal de Cascais definiu como objectivo da intervenção, em termos arquivísticos, a estabilização da gravura, com vista à sua correcta preservação. A gravura passaria para uma condição de reserva permanente e as necessidades de exposição ou comunicação da mesma passariam a ser asseguradas via reprodução, uma vez que a peça se encontra já digitalizada.

Esta pretensão determinou os pressupostos associados à intervenção de conservação e restauro, mais concretamente os referenciais de intervenção associados ao suporte da gravura e à dimensão estética da obra.

Assumiu-se a fragilidade do suporte como principal âmbito da intervenção, pretendendo-se através da estabilização da peça incrementar a sua longevidade bem como as condições de preservação da mesma.

Dado o estado de conservação da obra, o valor histórico associado e o carácter único da mesma, optou-se por privilegiar uma intervenção assente no princípio da «intervenção mínima».

Em termos estruturais, definiu-se como principal objectivo a estabilização física e química da obra. Neste contexto, pretendeu-se restituir coesão ao suporte através do seu reforço, uma vez que a acidificação do mesmo comprometia o manuseamento e integridade da obra, e remover todos os elementos estranhos à peça associados a restauros anteriores.

Em termos estéticos, a intervenção centrou-se apenas na reintegração pictórica das lacunas existentes – ainda que se verificasse a existência de marcas de deterioração com impacto na leitura da gravura (manchas várias), dada a fragilidade do suporte e os possíveis riscos associados aos procedimentos relacionados com os processos de limpeza (tratamentos por via aquosa) descartou-se esta possibilidade.

Relativamente às opções descritas a seguir importa sublinhar, mais uma vez, que a descrição material e técnica da obra e identificação do estado de conservação da mesma, presentes nos pontos anteriores, foram efectuadas sem recurso a quaisquer métodos de exame e análise devido às características do processo de contratação para a execução do trabalho (consulta pública para efeitos de prestação de serviços), assentando apenas em fontes bibliográficas e numa avaliação directa da gravura. Tal como referem Appelbaum (2007: xxiv) e Caple (2000: 8) as variáveis que caracterizam o processo de reflexão e consequente execução das intervenções determinam o caminho seguido bem como os resultados obtidos – não excluindo os mesmos a possibilidade de existência de outras respostas. Assim sendo, os procedimentos descritos a seguir, que reproduzem a metodologia desenvolvida ao longo da intervenção, resultam das condicionantes inerentes à execução deste trabalho (referidas atrás) e à avaliação técnica realizada pelos autores deste artigo – existindo espaço para outras abordagens que assumam um sentido complementar ou mesmo diferenciado, e que possam não surgir contempladas à frente.

Intervenção de Conservação e Restauro

—*Reforço das zonas fragilizadas*

A fragilidade do suporte, devido à acidificação do papel, tornava todos os procedimentos definidos potencialmente lesivos para a obra, não só pela necessidade de manuseamento mas também pelas especificidades técnicas dos mesmos. A título de exemplo, no âmbito dos reforços em papel presentes no verso, a remoção dos mesmos significava reduzir ainda mais as possibilidades de manuseamento da obra uma vez que coincidiam com as zonas mais fragilizadas; a esse aspecto juntava-se a presença de humidade (comum ao procedimento de lavagem por capilaridade) factor de instabilidade para os componentes do papel e que em suportes fragilizados pode provocar danos como rasgões ou a diminuição das propriedades físicas do papel (CONSERVAPLAN 1994: 19).

O primeiro momento da intervenção traduziu-se assim no reforço das zonas com fissuras e craquelet (Figura 5.-a e Figura 5.-b). Utilizou-se para o efeito papel japonês (Spider Tissue©) e Klucel G© (diluído em álcool numa concentração de 2%), reproduzindo-se o sistema de facing utilizado na área de conservação e restauro de pintura sobre tela e madeira (Gregório *et al.* 2010:28). O facing, para além de reforçar as zonas em questão devido ao papel japonês, pela migração do adesivo para o suporte permite consolidar materiais com problemas de coesão ou integridade (Villarquide 2005:157). Foram aplicadas várias tiras na superfície, com o facing a conferir uma maior protecção ao suporte no âmbito dos procedimentos de conservação e restauro levados a cabo.

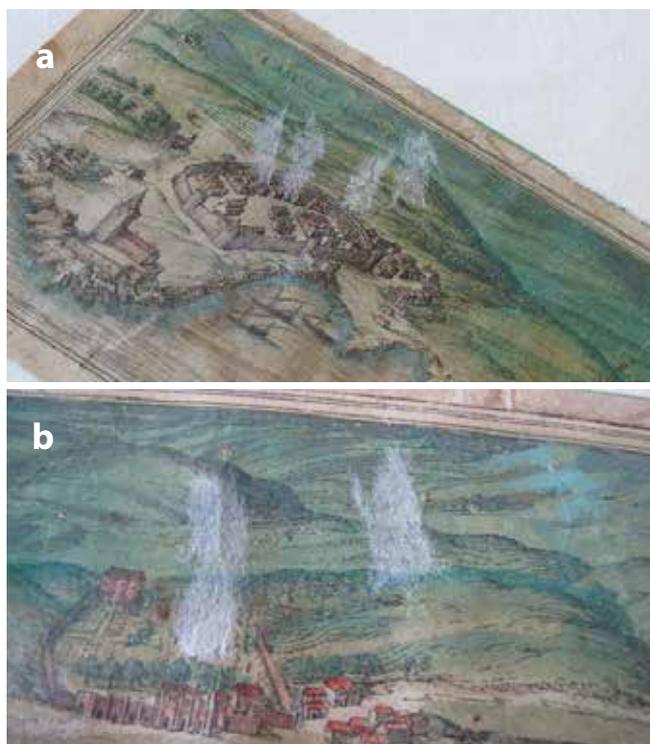


Figura 5- . a: As tiras de Spider Tissue© foram aplicadas nas zonas mais fragilizadas da gravura. b: Pormenor do facing aplicado.

—Remoção dos restauros presentes no verso da obra

Uma vez concluído o reforço das zonas fragilizadas, procedeu-se à remoção do restauro presente no verso da obra. Com os vários papéis fixos com adesivo, a remoção dos mesmos determinava a solubilização destes últimos. O procedimento utilizado consistiu na aplicação de pequenas tiras de papel japonês (com cerca de 3 cm de largura por 3 cm de comprimento) sobre os vários reforços e aplicação faseada sobre as mesmas de Tylose MHP 300©, numa concentração de 4% (Figura 6.-a). A utilização de éteres de celulose surge como um procedimento referido em bibliografia na área da conservação e restauro de documentos gráficos (CONSERVAPLAN 1998: 41) e no âmbito da gravura da vila de Cascais resultou numa

operação sem danos para o suporte e extremamente eficaz. Após a aplicação da Tylose MHP 300© e após um período de actuação próximo dos 5 minutos, os vários reforços de papel foram removidos mecanicamente com a ajuda de espátulas e bisturis (Figura 6.-b). Por último, uma vez secas as zonas em questão, procedeu-se a uma limpeza de resíduos de adesivo presente na superfície do papel, com cotonete humedecido com água desionizada.

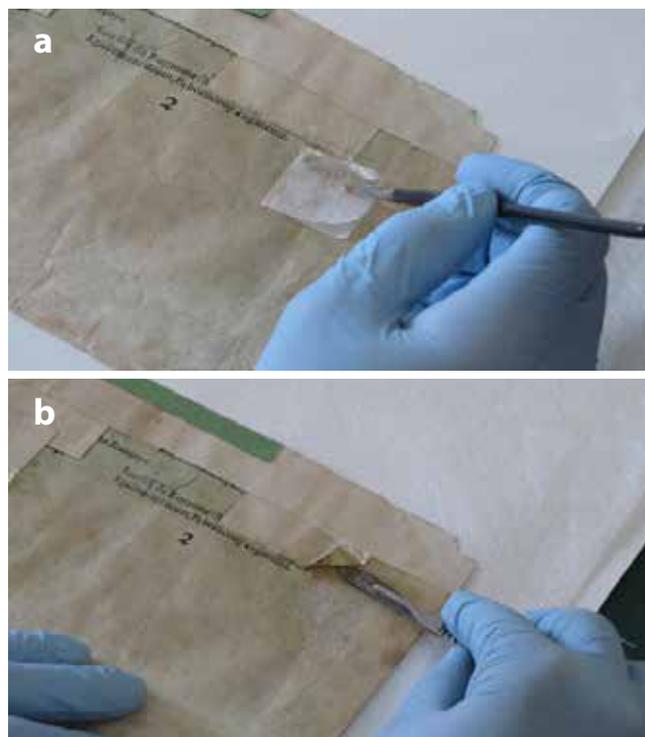


Figura 6- . a: Aplicação de Tylose MHP 300© sobre a tira de papel japonês. b: Remoção mecânica de restauro presente no verso da obra com bisturi.

Ainda no âmbito deste procedimento impõem-se uma nota relacionada com uma opção tomada aquando da remoção dos restauros presentes no verso. Durante o processo tornou-se perceptível a existência de uma tira de papel ao longo da margem superior da gravura, que visava compensar o facto de ter sido aparada (Figura 7.-a). Assumindo este impacto na leitura estética da obra, uma vez que conferia simetria ao conjunto, implicou decidir pela sua remoção ou manutenção. Optou-se pela remoção da mesma, com a decisão a ser partilhada com o director do Arquivo Histórico e Municipal de Cascais (historiador e arquivista). Considerou-se que: 1) a manutenção da tira de papel comprometia a preservação da obra uma vez que implicava manter uma parte dos restauros, responsáveis pela sua fixação ao suporte; 2) o papel utilizado aparentava ser diferente daquele que constituía o suporte da gravura, pelo que a sua remoção não representava a subtração de um elemento original. 3) o valor histórico da obra não ficaria comprometido, com a remoção a permitir reforçá-lo e não diminuí-lo (pelo reconhecimento das vicissitudes histórica da gravura que a tornaram autónoma e dissociada do *Civitates Orbis Terrarum*).

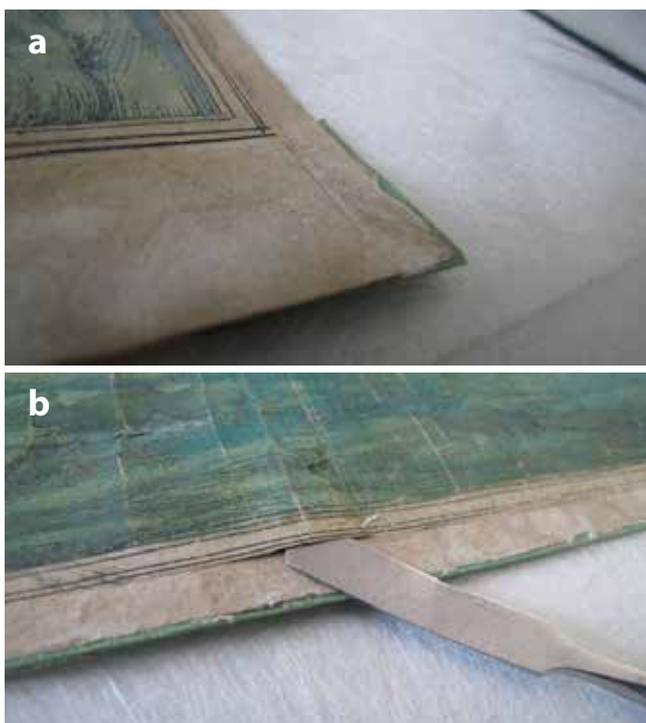


Figura 7- a: Pormenor da tira de papel presente na margem superior da gravura. b: Após a remoção dos restauros presentes no verso produziu-se o destacamento da mesma.

—Lavagem por capilaridade

O processo de lavagem por capilaridade procurou atenuar as manchas relacionadas com sujidade e humidade. A definição do método resultou determinado pela fragilidade da obra, indo de encontro às recomendações produzidas por bibliografia especializada (CONSERVAPLAN 1994: 12; Bruckle 2011:411). A lavagem por capilaridade surge definida para situações onde devido à fragilidade e/ou vulnerabilidade, o contacto ou imersão das obras em meio aquoso se considera desaconselhado. Permite também conferir um suporte firme às mesmas, evitando assim a possibilidade de rupturas ou fragmentação durante o processo (CONSERVAPLAN 1994: 34).

O procedimento consiste na humidificação de um papel mata-borrão com nebulizador, devendo o papel apresentar medidas superiores às verificadas pela obra. No caso da gravura de Cascais preparou-se uma solução saturada de água com hidróxido de cálcio (pH 12) – correspondendo a 450 ml de água desionizada e 40 gramas de hidróxido de cálcio –, atribuindo-se à mesma uma dupla função: por um lado humidificar o papel mata-borrão, por outro introduzir um elemento alcalino no suporte da gravura com vista a minorar o efeito da acidificação associado ao mesmo. A gravura (verso) foi aplicada directamente sobre duas folhas de papel mata-borrão (folha de papel humedecida e uma outra seca) tendo-se colocado sobre a superfície da mesma (frente) duas folhas de papel mata-borrão seco

e uma tábua de MDF (Medium Density Fiberboard). A lavagem decorreu por um período de 30-40 minutos e após concluído o ciclo de secagem subsequente (entre papéis mata-borrão secos) repetiu-se o processo mais três vezes, tendo-se dado por concluído quando a passagem de sujidade para o mata-borrão se verificou residual. Relativamente à alcalinização do suporte, no final do processo foi efectuada uma nova medição do pH do mesmo com fitas, tendo passado dos 6 registados inicialmente para 8.

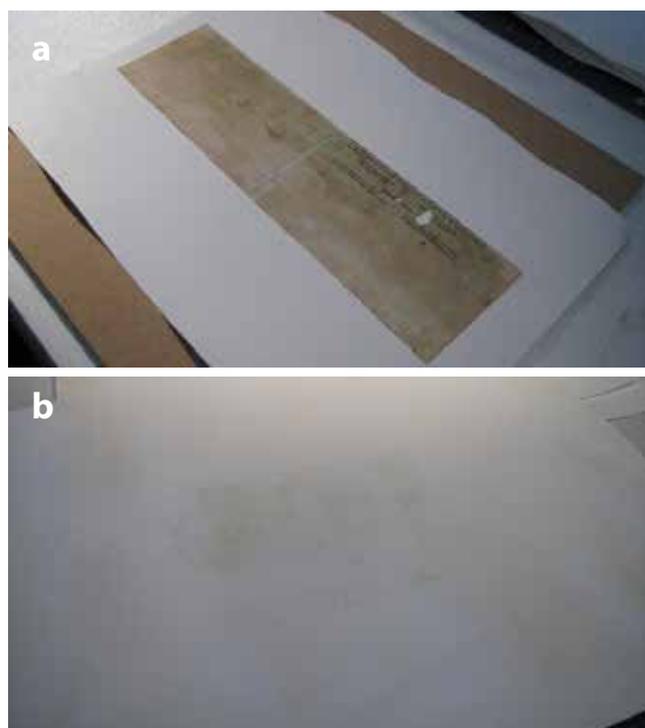


Figura 8- a: Gravura antes de aplicação sobre mata-borrão humedecido. b: Aspecto do mata-borrão após lavagem onde é visível a sujidade transferida da gravura.

—Reforço do Suporte

O procedimento em questão consistiu na aplicação de uma folha de papel japonês 12 gr/m² no verso da gravura tendo-se utilizado como adesivo Klucel G® (em solução alcoólica e numa concentração de 4%). O processo passou por várias fases e implicou vários procedimentos preparatórios.

O primeiro momento consistiu na aplicação de uma tira de papel japonês 9gr/m² com Klucel G® (Figura 9.-a), correspondente a uma concentração de 2%, na frente da obra e ao longo da margem superior da mesma (Figura 9.-b) – uma vez que a zona em questão seria alvo de manuseamento e se encontrava bastante fragilizada devido à remoção dos restauros antigos.

Entrando no reforço do suporte da obra, definiu-se como solução técnica para o efeito a aplicação da gravura sobre uma folha de papel japonês previamente encolada. Por

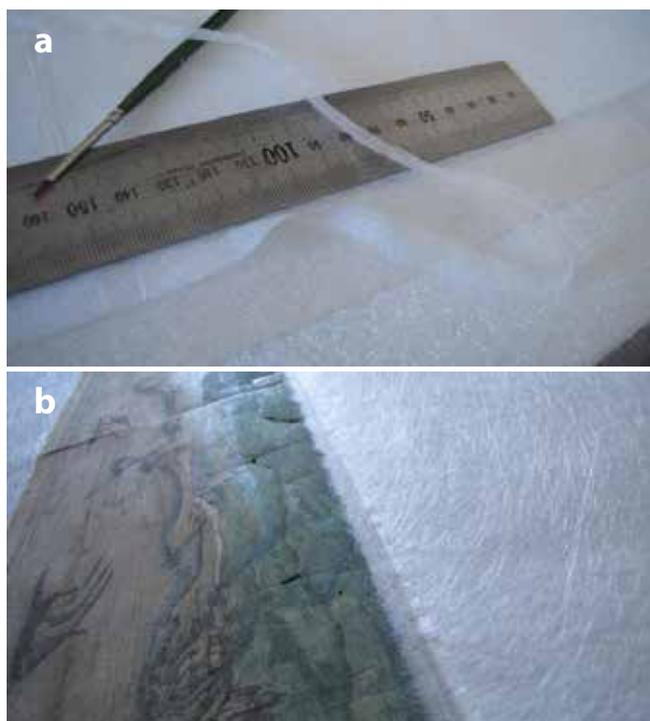


Figura 9- a: Tira de papel japonês 12gr/m² utilizada como reforço da margem superior da gravura. b: Aspecto da mesma depois de aplicada na superfície da obra com Klucel G®.

norma, o reforço de obras de arte sobre papel costuma implicar a aplicação do papel japonês sobre a superfície fragilizada e só então a aplicação do adesivo, uma vez verificada a justaposição do material de reforço. A opção definida para gravura de Cascais resultou das seguintes considerações:

1. A lavagem por capilaridade resultante da impossibilidade de aplicação de procedimentos por via aquosa, não permitia assegurar uma eficácia plena em termos de remoção de sujidades presentes no papel e produtos de alteração do mesmo e/ou poluentes.
2. Aplicar o reforço pelo verso, com a aplicação do adesivo no papel japonês a ser feita directamente sobre a obra, poderia provocar a remobilização de sujidade ainda presente no verso e/ou no interior das fibras do papel para a superfície da gravura (traduzindo-se na formação de manchas ou auréolas).

Colocou-se a obra numa câmara de humificação durante um período de 20 minutos, de forma a assegurar uma melhor penetração do adesivo durante o processo (Figura 10.-a). No decorrer desse procedimento, dispôs-se uma folha de papel japonês 12gr/m² sobre uma folha de poliéster, e aplicou-se sobre o papel japonês Klucel G® (em solução alcoólica e numa concentração de 4%). Retirada a obra da câmara de humificação foi colocada (pelo verso) com extremo cuidado sobre o papel japonês. Sobre a face da gravura sobrepôs-se uma folha de Reemay © e com a ajuda de uma dobradeira pressionou-se toda a superfície da obra (Figura 10.-b).

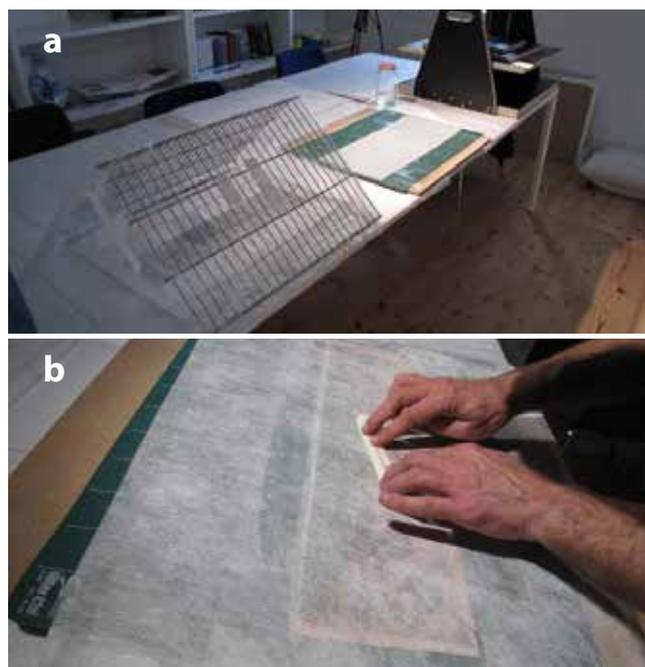


Figura 10- a: É possível ver na imagem a câmara de humificação com a obra no seu interior, a folha de poliéster com o papel japonês sobre a mesma e a prensa onde foi colocada a obra. b: Após a colocação da gravura sobre a folha de papel japonês previamente encolada, pressionou-se a superfície com uma dobradeira de osso (com uma folha de reemay como interface) de modo a promover uma melhor adesão entre o conjunto.

Virou-se a gravura, ficando a folha de poliéster para cima e procedeu-se à remoção desta última (Figura 11.-a). Já com o papel japonês aplicado, pressionou-se o verso da gravura com a dobradeira de osso. Por fim, colocou-se uma folha de reemay sobre a gravura, uma tábua sobre o conjunto e levou-se à prensa (Figura 11.-b).

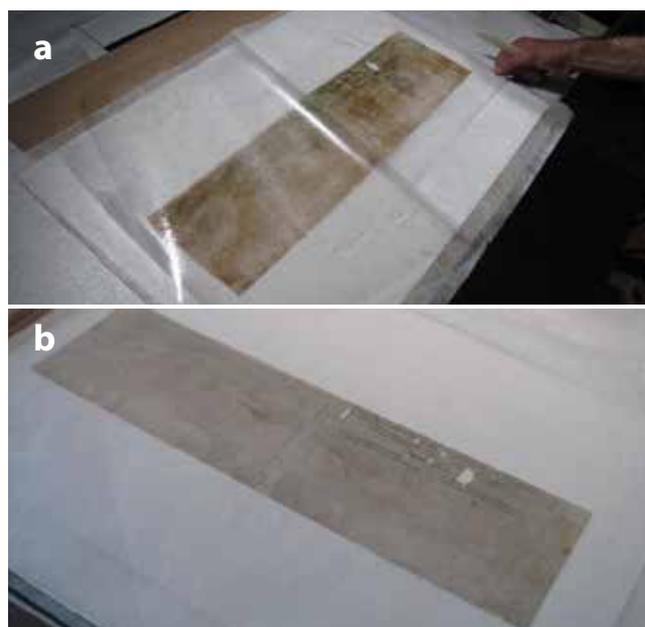


Figura 11- a: Momento aquando da remoção da folha de poliéster e já com o papel japonês aplicado sobre o verso da gravura. b: Aspecto da obra depois de retirada da prensa.



Figura 12- Frente da obra após preenchimento de lacunas e reintegração pictórica

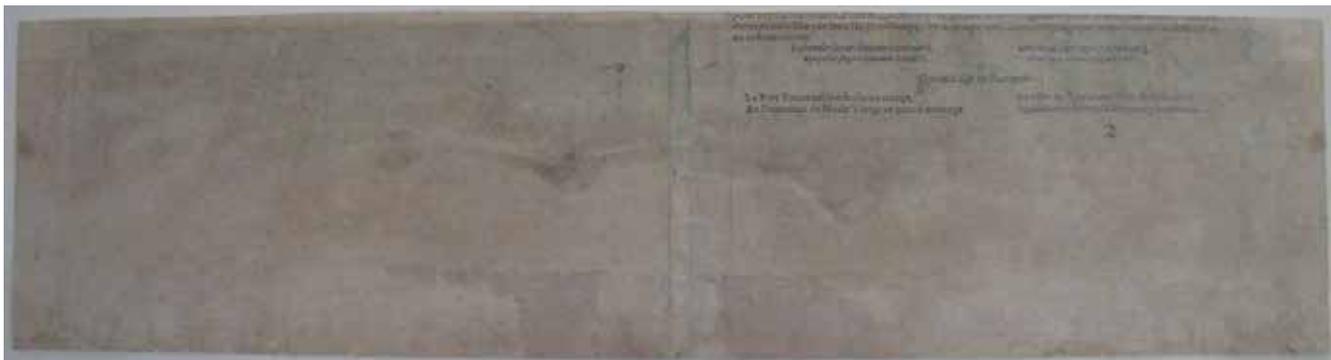


Figura 13- Verso da obra após conclusão da intervenção

—Preenchimento de lacunas e reintegração pictórica

A par das lacunas identificadas inicialmente, ao longo do processo surgiram novas resultantes dos vários procedimentos descritos anteriormente – para elas contribuiu a fragilidade do papel, com perda de material nalguns casos e destacamentos de partes do suporte noutros (o facing acabaria por assumir um papel determinante no âmbito destas últimas). As partes destacadas foram fixas com Klucel G (4%) e as zonas de lacuna com perda de suporte foram alvo de um preenchimento com papel japonês 6gr/m² – tendo-se utilizado o mesmo adesivo bem como papel mata-borrão e pesos (Figura 12.). Após os preenchimentos realizou-se a reintegração pictórica com aguarelas segundo a técnica de reintegração mimética. A opção por esta abordagem residiu no facto de todas as zonas a reintegrar corresponderem a áreas de mancha, sem qualquer registo figurativo, e por ser a solução técnica que permitia uma melhor leitura estética da obra.

—Acondicionamento

O acondicionamento correspondeu ao último momento da intervenção. Consistiu na realização de um passe-partout em cartão acid-free, com uma aba de protecção, permitindo esta solução cumprir pressupostos expositivos e simultaneamente de protecção e armazenamento. Utilizou-se um sistema de fixação da obra ao passe-partout desenvolvido pelo British Museum (Kosec 2004:96), sem aplicação directa de quaisquer adesivos na gravura –

caracterizando-se o mesmo pela utilização de um sistema de calhas em poliéster, com adesivos na extremidade das mesmas (Figura 14).



Figura 14- Gravura inserida no passe-partout sendo visível na imagem o sistema de fixação com poliéster



Figura 15- Aspecto final da obra, inserida no passepartout

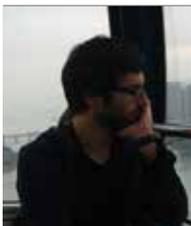
Conclusões

Os vários procedimentos técnicos descritos anteriormente permitiram alcançar os objectivos definidos para a intervenção: libertar a obra de restauros anteriores e reforçar o suporte da mesma, conferindo-lhe estabilidade física e química com vista à sua correcta preservação por parte do arquivo. De acordo com Appelbaum (2007: xxvii) o objectivo de qualquer intervenção passa por recuperar/ incrementar os diferentes valores associados ao objecto (estético, históricos, artísticos...), uso e significado do mesmo para o proprietário e outros agentes relacionados. A intervenção realizada preencheu todos esses requisitos, revelando hoje a mais antiga imagem da vila de Cascais um sentido de integridade há muito perdido.

Bibliografia

- APPELBAUM, B. (2007). *Conservation Treatment Methodology*. Burlington-USA: Butterworth-Heinemann.
- BAYERISCHE STAATS BIBLIOTHEK, *Civitates orbis Terrarum*. <http://daten.digitale-sammlungen.de/~db/0009/bsb00093639/images/>. [consulta: 09/01/2018].
- BIBLIOTECA NACIONAL DE PORTUGAL, *Civitates orbis Terrarum*. <http://purl.pt/12394/4/> [consulta: 09/01/2018].
- BROWNING, B.L. (1970). "The Nature of Paper", in HOLBEN ELLIS (eds), *Historical Perspectives in the Conservation of Works of Art on Paper*. Los Angeles, The Getty Conservation Institute. pp.247-254
- BRUCKLE, I. (2011). "Aqueous Treatment in Context", in HOLBEN ELLIS (eds), *Historical Perspectives in the Conservation of Works of Art on Paper*. Los Angeles, The Getty Conservation Institute. pp.410-421
- CARLSON, L. (1997). "An Interim Treatment for Paper Degraded by Verdigris", *The Book and Paper Group*, 16: 1-18
- CASTRO, K., PROIETTI, N., PRINCI, E., PESSANHA, S., CARVALHO, M., VICINI, S., CAPITANI, D., MADARIAGA, J. (2008). "Analysis of a coloured Dutch map from the eighteenth century: The need for a multi-analytical spectroscopic approach using portable instrumentation". *Analytica Chimica Acta*, 63: 187-194
- CASTRO, K., PROIETTI, N., PRINCI, E., PESSANHA, S., CARVALHO, M., VICINI, S., CAPITANI, D., MADARIAGA, J. (2008). "Noninvasive and nondestructive NMR, Raman and XRF analysis of a Bleau coloured map from the seventeenth century". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 391(1): 433-441
- CHAPLE, C. (2000). *Conservation Skills – Judgement, Method and Decision Making*. London: Routledge
- CONSERVAPLAN. (1994). *Lavado*. Caracas: Biblioteca Nacional de Venezuela.
- CONSERVAPLAN. (1998). *Remoción de bisagras, cinta adhesiva y outros adhesivos*. Caracas: Biblioteca Nacional de Venezuela.
- CRUZ, A., REVEZ, M., FIGUEIRA, F. (2017). "Sobre a importância das publicações para a conservação do Património". *Conservar Património*, 25: 7-10
- GANSHOF, F.L. (1976). *O que é o feudalismo?* Mira-Sintra: Coleção Saber.
- GASCOIGNE, B. (2014). *How to identify prints: a complete guide to manual and mechanical processes from woodcut to inkjet*. London: Thames&Hudson.
- GREGÓRIO, R., NEVES, A., ROMÃO, P. (2010). "Conservação e restauro do painel "São Sebastião exortando a fé dos irmãos cativos cristãos Marco e Marceliano" do Museu de Angra do Heroísmo, ilha Terceira, Açores", *Conservar Património*, 12: 17-36.
- HISTORIC CITIES CENTER, *Civitates orbis Terrarum*. http://historic-cities.huji.ac.il/mapmakers/braun_hogenberg.html [consulta: 09/01/2018].
- KOSEC, J. (2004). *Conservation Mounting for Prints and Drawings – A Manual Based on Current Practice at the British Museum*. London: Archetype Publications.
- KROGT, P. (2008). "Mapping the towns of Europe: The European towns in Braun&Hogenberg's Town Atlas, 1572-1617", *Belgeo*, 3-4:371-398.
- KUHN, H. (1970). "Verdigris and cooper resinate", *Studies in Conservation*, 15:12-36.
- LIBRARY OF CONGRESS, *Civitates orbis Terrarum*. <https://www.loc.gov/resource/g3200m.gct00128a> [consulta: 09/01/2018].
- LOURENÇO, M. (2017). "Comentário sobre o editorial "Sobre a importância das publicações para a conservação do Património". *Conservar Património*, 26:103-106.
- PEREIRA, L., MARÇAL, E., BORGES, R. "Os procedimentos concursos de Conservação e Restauro em Portugal: principais aspectos associados e aplicação da legislação", em Associação Profissional de Conservadores-restauradores de Portugal. www.arp.org.pt/publicacoes/documentos-arp/index.php [consulta: 27/03/2018].
- PIRENNE, H. (1977). *As Cidades da Idade Média*. Mira-Sintra: Coleção Saber.
- SANTOS, L.M. (2014). *Análise da problemática das emissões de formaldeído a partir do aglomerado de partículas de madeira*. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- STRLIC, M., KOLAR, J. (2002). *Evaluating and enhancing paper stability – needs and recent trends in Protection and treatment of paper, leather and parchment*. Krakow, Cyfronet, pp. 79-86.
- TÉTREAU, J. (2007). *Agent of Deterioration: Pollutants*. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/pollutants.html> [consulta: 05/02/2018].
- VILLARQUIDE, A. (2005) - *Pintura sobre tela I*. San Sebastián: Nerea.

Autor/es



Luis Filipe Pereira

luispereir@gmail.com

Água de Cal Conservação e Restauro

Licenciado em Conservação e Restauro na Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Tomar; mestre em Museologia pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa; doutorado em Documentação e Informação na Universidade de Alcalá de Henares, Madrid. Desde 2005 que desenvolve a sua actividade profissional e reflexão científica nas áreas da conservação preventiva, conservação e restauro e divulgação do património cultural. Com larga experiência em projectos em contexto de Museu, Arquivo e Bibliotecas, e artigos em publicações científicas, é sócio fundador da Água de Cal, assumindo na mesma a responsabilidade pelas intervenções em documentos gráficos.



Luís Marques

luis.alvesmarques@gmail.com

Conservação e Restauro da Fundação Ricardo Espírito Santo e Silva.

Licenciou-se em Conservação e Restauro, na área de documentos gráficos, no Instituto Politécnico de Tomar no ano de 2005. Trabalhou como técnico superior de conservação e restauro na Biblioteca da Ajuda, Palácio Nacional da Ajuda, entre os anos 2005 e 2009, desempenhando as mesmas funções desde o ano de 2010 (e até à actualidade), no departamento de Conservação e Restauro da Fundação Ricardo Espírito Santo e Silva. Paralelamente, entre os anos de 2010 e 2013, deu formação na área da encadernação, no Instituto de Artes e Ofícios (FRESS), e leccionou na Licenciatura em Conservação e Restauro da Escola Superior de Artes Decorativas (FRESS).

Artículo enviado el 09/04/2018

Artículo aceptado el 26/10/2018

Caracterización geoquímica de las sales procedentes de deyecciones de palomas en patrimonio monumental. Iglesia de El Salvador (Úbeda, Jaén)

Pedro Luis López Julián, Josep Gisbert Aguilar, José Ángel Pérez Benedicto, Ángel Salesa Bordonaba, Manuel Delgado del Valle y Juan Carlos Sánchez Catalán

Resumen El deterioro ocasionado en el patrimonio histórico a consecuencia de las sales procedentes de deyecciones de palomas debe ser adecuadamente identificado y localizado. La realización de mapas de conductividad superficial en los paramentos, la extracción de sales mediante apósitos de celulosa y su análisis químico, y la posterior evaluación geoquímica constituyen la mejor combinación metodológica disponible para identificar la procedencia de este tipo de sales. A partir de un caso práctico se ha podido concluir que, en las zonas donde son patentes estas concentraciones salinas y sus consecuencias, predominan las sales de KNO_3 , pero donde los precipitados están en una fase incipiente de acumulación, es posible identificar dicho proceso activo por el predominio de Na^+ , K^+ , NO_3^- y Cl^- en las extracciones salinas obtenidas mediante apósitos de celulosa. La correcta identificación del origen de las sales en los paramentos permite diseñar de forma eficiente las actuaciones de limpieza y mantenimiento.

Palabras clave: deyecciones, sales, apósitos de celulosa, geoquímica, proporciones iónicas, restauración

Geochemical characterization of salts generated from bird droppings on historic heritage. The church of El Salvador (Úbeda, Jaén)

Abstract: Damage on historic heritage caused by salts related to bird droppings should be properly identified and located. The best combination of methodologies in order to identify the source of such type of salts consist of: mapping surface conductivity of walls, extracting salts using cellulose poultices and evaluating solutions geochemistry. In this case study, we concluded that KNO_3 was the predominant salt in those areas where salt efflorescence caused larger damage. Conversely, Na^+ , K^+ , NO_3^- and Cl^- were predominant in areas where salts were at an early stage of crystallization. The correct identification of the origin of salts in walls enables efficient planning for intervention for cleaning and maintenance of heritage.

Keyword: droppings, salts, paper pulp poultices, geochemistry, ionic ratios, restoration

Identificação geoquímica de sais gerados por excrementos de pássaros em património monumental. A Igreja de El Salvador (Úbeda, Jaén)

Resumo: Os danos causados ao património histórico como resultado de sais com origem em excrementos de aves devem ser adequadamente identificados e localizados. A realização de mapas de condutividade de superfície nas paredes, a extração de sais através de pachos de celulose e a sua análise química, e a posterior avaliação geoquímica, constituem a melhor combinação metodológica disponível para identificar a origem deste tipo de sais. A partir de um caso prático concluiu-se que, nas zonas em que estas concentrações salinas e as suas consequências são visíveis, predominam os sais KNO_3 , mas onde os sais estão numa fase incipiente de acumulação é possível identificar o referido processo ativo pela predominância de Na^+ , K^+ , NO_3^- e Cl^- nas extrações salinas obtidas por meio de pachos de celulose. A identificação correta da origem dos sais nas paredes permite planejar com eficiência as ações de limpeza e manutenção.

Palavras-chave: Dejetos, sais, pachos de celulose, geoquímica, proporções iónicas, restauro

Introducción

Los problemas asociados a la acumulación de sales en el patrimonio monumental son muy frecuentes, constituyen una de las principales causas de deterioro de fábricas pétreas en edificación histórica y han sido estudiados desde hace ya varias décadas (Schaffer, 1932; Winkler, 1973). Las sales aparecen como consecuencia de los procesos de disolución, transporte y precipitación que tienen lugar sobre y a través de los distintos elementos constructivos de los edificios, y tienden a acumularse en aquellas zonas donde el agua se evapora, dejando su carga química precipitada.

El agua que circula sobre y a través de los elementos constructivos de un monumento puede proceder de tres orígenes bien diferenciados:

- Del exterior, procedente de precipitaciones que inciden directamente sobre los paramentos o que no son adecuadamente canalizadas por los elementos de desagüe.
- Del subsuelo, por ascenso capilar a través de los elementos basales en contacto con el terreno.
- Finalmente, por condensación de humedad ambiental, tanto exterior como interior.

Este volumen de agua, variable en el tiempo y en el espacio, se desplazará en función de la gravedad, de las fuerzas de succión capilar y, también, por la desigual distribución de humedad en las distintas zonas de los monumentos. La entrada de agua procedente de precipitaciones tiene una componente principal vertical descendente a causa de la gravedad, y otra componente desde el exterior del edificio hacia el interior. Por su parte, la entrada de agua por capilaridad tiene una componente vertical ascendente que progresa hasta que la fuerza de succión capilar se equilibra con la gravedad. En cada momento, el agua que empapa los elementos constructivos tiende a equilibrarse además con la humedad ambiental existente en cada zona (cediendo o absorbiendo vapor de agua), definiéndose de este modo unas pautas de flujo que se dirigen hacia las áreas de menor humedad ambiental y satisfaciendo en cada caso tanto el efecto de la gravedad como la succión capilar.

La cristalización de sales en monumentos se puede producir sobre la superficie de los paramentos en forma de eflorescencias, o bien como subeflorescencias cuando dicha precipitación salina se produce en el interior de rocas y morteros (López-Acevedo et al. 2007). Los mecanismos de deterioro se relacionan con las condiciones de precipitación de las sales en el medio poroso constituido por los materiales constructivos (Flatt, 2002), y existe un claro control de la distribución de tamaños de la red de poros sobre la ubicación de las sales precipitadas (Blanco et al. 2010). En cualquier caso, el proceso repetitivo de transporte de sales en disolución y su precipitación por evaporación lleva a un deterioro progresivo de los materiales constructivos, llegando incluso a su fragmentación física, con los consiguientes problemas tanto de pérdida de elementos

de valor artístico como de seguridad en el servicio público de la instalación. Las intervenciones en patrimonio suelen acometerse cuando esta fase avanzada de deterioro ya se ha manifestado a través de fenómenos tales como desplazado, disgregación o arenización, y entonces la solución pasa ineludiblemente por un saneamiento del material afectado, operación que puede abarcar desde una limpieza superficial hasta incluso la sustitución de los volúmenes más dañados, con la consiguiente pérdida de patrimonio con valor histórico-artístico. De todo ello se deduce la importancia de una detección temprana de las zonas de acumulación salina que puedan llegar a producir un deterioro importante del patrimonio.

Una fuente importante de las sales puede proceder del lavado de acumulaciones de deyecciones de aves en zonas de cubiertas o salientes elevados (Grossi y Esbert 1994; Garabito et al. 2013), habiéndose puesto de manifiesto su potencial importancia desde el punto de vista experimental (Gómez-Heras et al. 2004). Algunos trabajos más recientes abordan los mecanismos asociados a los procesos de deterioro provocados por dichas acumulaciones (Dyer, 2017; Spennemann et al., 2017), y en otros se tienen en consideración, pero superpuestos a otros mecanismos adicionales causantes de patologías (Giustetto et al., 2017).

El presente trabajo desarrolla este aspecto desde una perspectiva eminentemente aplicada y con un interés evidente para los estudios previos a las actuaciones de restauración. Se presentan aquí los resultados obtenidos en la investigación desarrollada sobre un monumento afectado por precipitación de sales, la iglesia de El Salvador (Úbeda), a fin de determinar los efectos de las aguas que lavan acumulaciones de deyecciones de aves y que acaban movilizándolo su carga salina y contribuyendo así al deterioro del patrimonio. También se valora la importancia de esta información a la hora de realizar las recomendaciones más adecuadas para la restauración y mantenimiento de los monumentos.

— Caso de estudio

El monumento que sirve de base para este estudio es la iglesia de El Salvador de Úbeda (Jaén), iglesia panteón del palacio de D. Francisco de Cobos, diseñada por Diego de Siloé en la década de 1530 y construida por Andrés de Vandelvira. Se trata de un monumento funerario con una portada plateresca monumental, con representaciones de la Transfiguración y de escenas de la mitología aplicadas a la simbología cristiana [figura 1]. La cabecera, con planta centralizada cubierta por cúpula, sigue el modelo clásico del Panteón de Roma, mientras que la nave longitudinal con capillas en nicho, el de basílica al modo romano. La iglesia fue declarada monumento histórico-artístico en 1931, y forma parte del conjunto monumental renacentista de la ciudad de Úbeda que, junto con el de su vecina Baeza, fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la Unesco en 2003.

La fachada oeste de El Salvador presenta una imponente portada renacentista que sigue una estructura de gran arco de triunfo, con diferentes niveles decorativos y de calidad escultórica. Por otra parte, las portadas laterales presentan arcos de triunfo de un plateresco avanzado y culto, profusamente decoradas escultóricamente con toda probabilidad por Esteban Jamete.



Figura 1.- Fachada oeste de la iglesia de El Salvador (Úbeda, Jaén)

Los principales materiales constructivos empleados en la fachada son sillares de roca arenisca (arenita híbrida según la clasificación de Zuffa 1980), constituida por clastos carbonatados y cuarzosos y con una porosidad variable (entre 3 y 20%), habiéndose empleado tanto morteros de cal como de yeso.

Parte de la información manejada en este artículo procede del informe realizado a petición de la Diputación Provincial de Jaén para estudiar tanto los materiales pétreos empleados en su construcción como las patologías existentes (Equipo Arbotante 2009). El presente artículo incluye parte de la amplia información obtenida durante la realización de dicho estudio, aunque el objetivo específico aquí buscado es el de desarrollar un método para determinar la contribución de las afecciones provocadas por las deyecciones de palomas en el patrimonio monumental, dentro del conjunto de patologías debidas a procesos de salinización.

Metodología

La obtención de la información de partida necesaria para este estudio ha implicado la adquisición directa de datos sobre los paramentos, el muestreo de aguas y precipitados salinos y su posterior análisis en laboratorio. Dichas metodologías se describen en el presente apartado.

— Elaboración de mapas de sales

La obtención de información sobre superficies extensas necesita la definición previa de una malla de puntos sobre los cuales se realizarán mediciones de los parámetros de interés. La metodología aquí aplicada se basa en la medición de la conductividad sobre apósitos impregnados de gel celulósico (hidroxipropilcelulosa), que fueron colocados sobre cada uno de los puntos de la red de adquisición de datos, midiéndose sobre ellos mediante un conductímetro marca Crison, que incorpora una sonda especialmente adaptada para mediciones directas sobre paramentos (Gisbert et al. 2008).

Esta metodología permite obtener el valor de conductividad eléctrica obtenido tras la interacción entre el gel celulósico y las sales presentes en la superficie estudiada. La medida de la conductividad se ha comprobado como una aproximación suficientemente precisa para la determinación de las áreas de concentración salina en paramentos (Egartner y Sass 2016), además de ser sencilla, barata, rápida y de carácter no destructivo. Los resultados permiten conocer la distribución relativa de la acumulación de sales de forma cuantificada y, lo más importante para nuestro interés, la localización de los máximos salinos y su relación con patologías observables.

— Toma de muestras

Para conseguir conocer la naturaleza química y mineralógica del problema, se ha procedido a la toma de muestras según tres criterios principales:

- Puntos donde se observaron acumulaciones superficiales de sales, normalmente con aspecto pulverulento y de color blanquecino, que permitieron recoger material sólido.
- Zonas donde se localizaron los máximos en la cartografía de sales, permitieron obtener lixiviados puntuales mediante la aplicación de apósitos de celulosa (discos de 9x9 cm de lado, y 3 mm de espesor, de Arbocel BC 1000 impregnado en agua destilada), que se mantuvieron en contacto con el paramento durante 8 minutos y, tras su retirada, se diluyeron en 100 ml de agua destilada para recuperar las sales así extraídas de la zona superficial. Esta metodología permite identificar problemas de acumulación de sales ya en sus fases tempranas, dado que la aplicación de los apósitos húmedos provoca un flujo de agua que va hacia el interior del paramento y retorna al apósito, movilizándolo las sales existentes tanto en la superficie como en la zona subsuperficial y ayudando así a la detección del problema antes de comenzar sus manifestaciones superficiales (Egartner y Sass 2016).
- Se recogió una muestra de agua superficial acumulada en un área de la cubierta que estaba en contacto con acumulaciones sólidas de deyecciones de palomas, de las cuales se recogió también una muestra sólida con

el objetivo de realizar sobre ella un lixiviado con agua en laboratorio y analizar, de este modo, la contribución química de estos materiales al proceso estudiado.

— Análisis de las muestras

Las muestras recogidas se analizaron para conocer su composición desde distintas aproximaciones experimentales. Así, la muestra sólida salina se sometió a análisis mineralógico mediante difracción de rayos X, obteniéndose una determinación semicuantitativa de la presencia y abundancia relativa de los principales minerales. Se empleó un difractómetro de rayos X de polvo de ánodo rotatorio de 18 kW (60 kV, 300 mA), modelo RIGAKU D/max 2500, perteneciente al Servicio de Difracción de Rayos X y Análisis por Fluorescencia de la Universidad de Zaragoza, y la identificación de las fases minerales se ha realizado mediante la base de datos ICDD-Powder Diffraction File-2000.

Sobre las muestras líquidas obtenidas (el agua recogida en la zona de cubiertas, los lixiviados de los apósitos de celulosa aplicados sobre los paramentos y el lixiviado en laboratorio de las deyecciones sólidas de aves recogidas en la cubierta) se analizó la concentración de los principales aniones y cationes disueltos. Dichas muestras, una vez recogidas y adecuadamente estabilizadas, se enviaron al Centro de Análisis de Aguas, S.A. (CAASA) de Murcia, laboratorio acreditado por ENAC, donde se realizaron las determinaciones de conductividad y pH (ambos por electrometría) y del contenido en sulfato, cloruro, nitrato, nitrito (todos ellos por cromatografía iónica), bicarbonato (por acidimetría), amonio (por espectrometría de absorción molecular), sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro y manganeso (mediante espectrometría de absorción atómica), empleando los métodos correspondientes según la normativa vigente en España.

En cuanto a los lixiviados de los apósitos de celulosa, se tuvo en cuenta el posible aporte químico procedente de los propios apósitos, analizando uno de dichos discos en condiciones de "blanco" experimental, es decir, sometiendo a análisis químico el lixiviado de un apósito que no había estado en contacto con el paramento. De este modo, los valores obtenidos en el análisis del "blanco" se han descontado de los correspondientes a los apósitos aplicados al monumento, para así obtener los valores relativos exclusivamente a la carga salina extraída de los paramentos.

Resultados

El análisis del presente estudio se centra en la investigación aplicada sobre la portada de la fachada oeste del monumento [figura 1]. Los procesos de deterioro identificados en su zona inferior corresponden, principalmente, a una arenización del material constructivo, intensa y ampliamente desarrollada, que da lugar incluso



Figura 2.- Ejemplo del deterioro por acumulación de sales, con pérdida de volumen de la zona de labra. El detalle corresponde a la localización de la muestra UNSM-1 en la figura 3.

a pérdida de volúmenes de roca en zonas de labra del cuerpo inferior del muro por la precipitación de sales en forma de subeflorescencias [figura 2]. También se observan acumulaciones puntuales dispersas de eflorescencias salinas a distintas alturas en dicho muro.

El mapa de sales realizado a partir de las medidas de conductividad eléctrica sobre los paramentos de la fachada permite apreciar la irregular distribución de concentraciones salinas [figura 3], y se obtuvo mediante la integración superficial de los datos obtenidos según una malla de 100 puntos distribuidos al tresbolillo, indicados en la figura como puntos de color rojo y con un espaciado que osciló entre 25 cm y 1 m, según zonas. La interpolación se realizó mediante krigeaje.

El máximo salino detectado en esta fachada se localiza a nivel del suelo, con valores entre 1000 y 3000 $\mu\text{Siemens/cm}$ (en adelante, $\mu\text{S/cm}$). Se identifican además otras áreas donde la concentración salina es alta (valores de 500 a 1000 $\mu\text{S/cm}$) tanto en zonas bajas cercanas al suelo como en otras localizaciones a mayor altura, aproximadamente a unos 6 metros desde el suelo. Se han localizado así cuatro grandes áreas de acumulación de cantidades apreciables de sales en los paramentos: El dintel de la puerta principal de la fachada, las zonas adyacentes a ambas jambas y, finalmente, la base de la torre norte. En todas ellas se han localizado amplias zonas con valores medidos de conductividad por encima de 500 $\mu\text{S/cm}$, superándose en puntos concretos los 1000 $\mu\text{S/cm}$. Estas áreas de concentración salina están relacionadas con la zona donde se observan las principales acumulaciones de deyecciones de palomas (dintel y torre N) y su lavado en la vertical hacia la parte baja del monumento. Destaca además la ausencia de un nivel más o menos continuo de acumulación de sales en la franja de ascenso capilar.

Se tomó una muestra de material sólido salino acumulado en forma de eflorescencia superficial (UNSM-1), y también

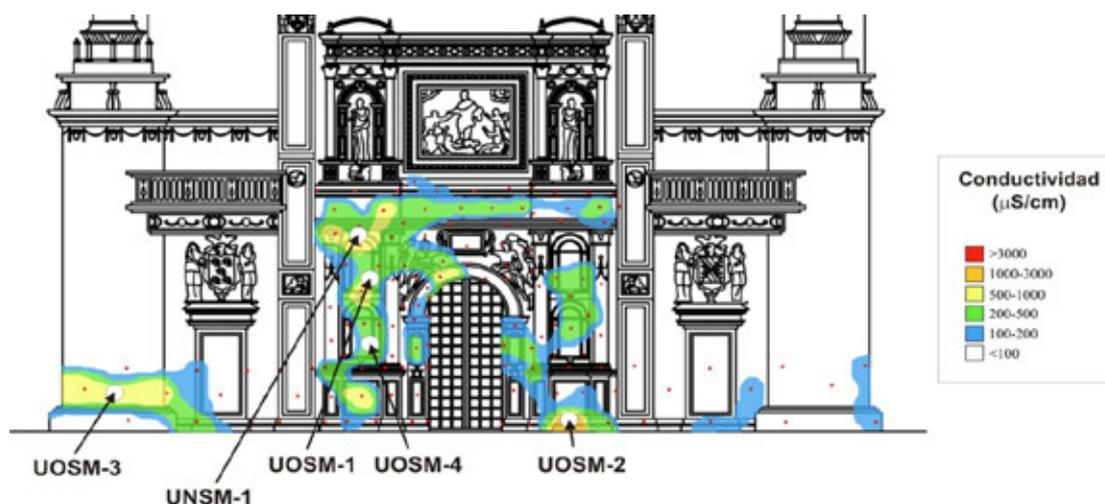


Figura 3.- Mapa elaborado a partir de los valores de conductividad obtenidos del análisis superficial de la zona inferior de la portada de la fachada oeste de El Salvador. Se indican además los puntos donde se recogieron muestras para su análisis, tanto de sales precipitadas (UNSM-1) como de apósitos de extracción de sales (UOSM-1 a UOSM-4).

Muestra	Lixiviado deyecciones	Agua de cubiertas	Lixiviados de apósitos de extracción de sales				
	KK	UAIE	UOSM-1	UOSM-2	UOSM-3	UOSM4	Blanco
pH	6,05	7,06	-	-	-	-	-
C.E. (µS/cm)	1803	399	1295	1304	287	807	140
Ca (mg/l)	25,7	67,13	86,41	82,41	27,6	50,81	15,84
Mg (mg/l)	13,34	4,29	20,38	14,56	5,09	31,3	1,76
Na (mg/l)	12,61	5,17	94,03	124,32	21,05	58,79	12,45
K (mg/l)	469,13	15,62	79,94	66,9	5,93	21,54	1,24
HCO ₃ (mg/l)	861,26	107,06	84,46	28,55	35,69	32,12	42,03
SO ₄ (mg/l)	51,64	53,51	12,52	21,22	27,16	48,16	8,39
Cl (mg/l)	53,98	12,22	101,81	168,36	25,41	37,71	13,59
NO ₃ (mg/l)	<1	61,08	395,83	391,13	54,53	304,34	0,58
NO ₂ (mg/l)	<0,1	0,51	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NH ₄ (mg/l)	77,53	0,74	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Fe (mg/l)	1,12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mn (mg/l)	0,04	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

Tabla 1.- Resultados del análisis químico de los lixiviados de los apósitos aplicados, del agua de cubiertas recogida y del lixiviado de deyecciones realizado en laboratorio. En los valores correspondientes a los lixiviados de los apósitos ya se ha descontado el correspondiente al blanco (explicación en el apartado de Metodología).

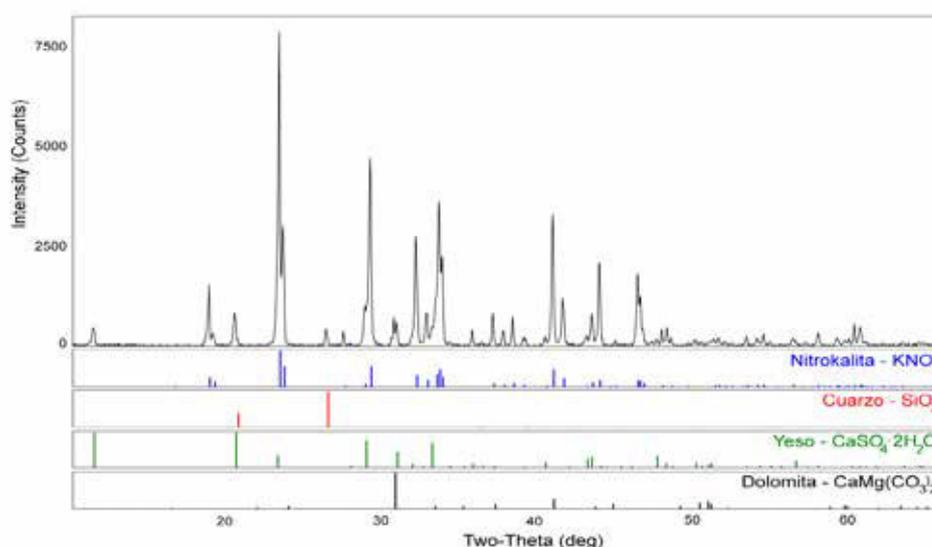


Figura 4.- Difractograma de la muestra de sales precipitadas UNSM-1 (se puede observar su aspecto superficial en la figura 2 y su localización en la figura 3)

se realizaron cuatro aplicaciones de apósitos de celulosa (UOSM-1 a UOSM-4), coincidiendo con las áreas de máximos medidos de conductividad en esta fachada [figura 3].

Los resultados del análisis químico de los lixiviados de los apósitos de celulosa se presentan en la tabla 1, junto con los de una muestra de agua recogida directamente en la zona de cubiertas del monumento, con ocasión de un periodo de lluvias. Igualmente, la tabla recoge los valores obtenidos en el análisis del lixiviado en laboratorio de las deyecciones de aves recogidas en la zona de cubiertas. Para dicho lixiviado se tomaron 5,2 gr de deyecciones sólidas y se pusieron en contacto con 100 ml de agua destilada, en condiciones de laboratorio (25 °C) y bajo agitación continua. Pasadas 2 horas, se dejó decantar y se filtró, procediéndose al análisis del lixiviado. Teniendo en cuenta la cantidad de material sólido de partida, la concentración del lixiviado obtenido y su volumen, se ha calculado que la fracción salina solubilizada corresponde al 3,4% del peso total de la muestra sólida sometida a ensayo.

El análisis mineralógico realizado sobre la muestra de sales precipitadas UNSM-1 ha permitido obtener el difractograma de la figura 4. Dicha determinación, de carácter semicuantitativo, permitió comprobar que la muestra estaba constituida mayoritariamente por KNO_3 (nitrato potásico, bajo la forma mineral denominada nitrokalita o nitro), con contenidos significativamente menores en $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (yeso), SiO_2 (cuarzo) y $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (dolomita).

Los resultados del análisis químico indican que las muestras USOM-1 y UOSM-2 presentan el mayor contenido salino total, tal y como reflejan tanto el valor de conductividad eléctrica medido en la disolución como los valores de concentración de los diferentes iones analizados.

La muestra UOSM-1 procede del análisis de un apósito aplicado en una zona próxima a una de las más afectadas visualmente [figura 2], donde además había una concentración salina visible y que, tras su recogida y análisis mediante difracción de rayos X, permitió conocer que dichas sales eran principalmente nitrato potásico (nitrokalita) y yeso, acompañadas por cantidades muy bajas pero detectables de cuarzo y dolomita, seguramente procedentes del paramento rocoso. Por su parte, el análisis químico del lixiviado del apósito refleja altos contenidos en NO_3^- , Cl^- , Na^+ y K^+ , además de proporciones relativamente altas de Ca^{2+} y HCO_3^- . Dicho lixiviado es compatible con la presencia de nitrokalita y halita como minerales salinos principales, acompañados por yeso y calcita.

Los resultados analíticos de los otros apósitos muestran similitudes composicionales con la muestra UOSM-1 aunque en concentraciones totales proporcionales a su contenido salino total.

Discusión

Las patologías observadas en la fachada de la iglesia de El Salvador guardan una clara relación con la acumulación de sales procedentes de las deyecciones de palomas que frecuentemente ocupan tanto la zona de cubiertas como los relieves que sobresalen de dicha fachada. La intensidad del deterioro es máxima en las zonas donde la acumulación de sales y humedades es más evidente, dando lugar a patologías que incluyen descamación, arenización, pérdida de material y desarrollo de pátinas y costras. Las humedades proceden mayoritariamente del salpiqueo del agua de cubiertas y del impacto directo del agua de lluvia sobre los muros, así como del ascenso capilar del agua de escorrentía en los episodios de lluvia o en las operaciones de limpieza urbana. El posible aporte por ascenso capilar desde el nivel freático no se considera importante, ya que éste se localiza a una profundidad media de 4 m en la zona del monumento (Equipo Arbotante 2009).

La identificación de las patologías más graves resulta evidente, ya que conllevan procesos de deterioro claramente visibles y acompañados por la acumulación de sales (que con su color blanco destaca cromáticamente), pero el mapa de conductividad superficial ha permitido comprobar que las acumulaciones salinas se extienden cubriendo superficies mucho más amplias que las zonas afectadas visualmente identificables [figura 3]. Estas áreas ampliadas corresponden a zonas donde se están acumulando las sales y que, tarde o temprano, provocarán patologías graves como las ya identificadas, por lo que resulta importante su localización y tratamiento antes de alcanzarse dicha fase avanzada de deterioro.

Los valores analíticos obtenidos ofrecen información valiosa, pero a la hora de analizar de forma comparativa los resultados de los lixiviados de los apósitos es más adecuado emplear diagramas que muestren las relaciones iónicas entre los principales elementos de interés, tal y como es habitual en disciplinas geoquímicas, ya que permiten apreciar similitudes composicionales en condiciones de concentración total muy diferentes. En la figura 5 se han

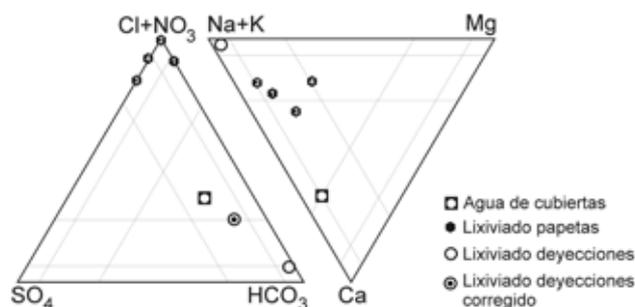


Figura 5.- Proyección de los resultados del análisis químico realizado en laboratorio sobre muestras de apósitos, aguas de cubierta y lixiviado de deyecciones. Los puntos representan las proporciones iónicas en miliequivalentes/l. El lixiviado corregido se ha calculado suponiendo todo el NH_4^+ bajo la forma NO_3^- .

proyectado los puntos correspondientes a los apósitos, según las proporciones iónicas de los principales cationes y aniones, expresados en miliequivalentes por litro (meq/l), y una vez descontados los valores del blanco.

Este diagrama se ha modificado a partir de los diagramas triangulares de Eugster y Hardie (1978), con el objetivo de incluir el ion NO_3^- , cuya presencia es muy reducida en la naturaleza pero que aquí se erige en el constituyente disuelto más abundante; dicho ion se ha colocado en el vértice superior del triángulo aniónico, por afinidad con el Cl^- en los procesos de concentración por lavado de sales y evaporación. Se observa que las cuatro muestras de apósitos aparecen agrupadas en ambos diagramas; en el aniónico, en torno al vértice correspondiente a ($\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$), y en el catiónico, en un área interna del triángulo pero claramente más cerca del vértice ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$). Estas agrupaciones geoquímicas reflejan que, a pesar de que los apósitos proceden de diferentes zonas de la fachada del monumento y reflejan concentraciones totales variables, los procesos involucrados en la acumulación de sales son comunes en todas ellas, por lo que pueden ser explicados por un mecanismo común, independientemente de la concentración salina total que muestre cada zona.

El empleo de las unidades de concentración en meq/l y su proyección sobre diagramas de proporciones iónicas nos permite valorar de forma conjunta los resultados de los apósitos y los procedentes del análisis del agua recogida en el monumento en la zona de cubiertas. Esta muestra líquida se tomó en ocasión de un periodo de lluvia, y su carga química disuelta es representativa de la interacción entre el agua de lluvia y los materiales sólidos existentes en la zona de cubiertas (rocas, morteros, deyecciones de aves y partículas atmosféricas allí depositadas, principalmente). Su concentración total es relativamente baja, como indica el valor de conductividad eléctrica medido (aproximadamente 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$). La composición química del agua de cubiertas está dominada por los aniones HCO_3^- y NO_3^- y por el catión Ca^{2+} , en menor medida, K^+ , y su posición en el diagrama de proporciones iónicas indica que se trata de una solución principalmente bicarbonatada-cálcica, claramente alejada de los puntos correspondientes a los apósitos, sobre todo en el caso de los aniones. El Ca^{2+} disuelto en el agua de cubiertas procede principalmente de la disolución que tiene lugar en su interacción con la fracción carbonatada del sustrato rocoso, debido a su carácter marcadamente ácido por efecto del lixiviado in situ de las deyecciones de palomas, mientras que el K^+ proviene casi en exclusiva de dicho lixiviado.

También se ha representado en la figura 5 la muestra relativa al lixiviado con agua destilada de las deyecciones sólidas, el cual presenta un pH ligeramente ácido (pH=6,05), un valor de conductividad eléctrica muy elevado (C.E.=1803 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y una composición química dominada por la presencia en solución de K^+ y HCO_3^- , resultando llamativo el valor de concentración relativamente elevado de NH_4^+ , así como una ausencia de NO_3^- prácticamente total. La representación

de los resultados de esta muestra sobre los diagramas de proporciones iónicas de la figura 5 permite apreciar que se trata de una solución bicarbonatada potásica, con una proporción en solución muy inferior para el resto de iones analizados. El bicarbonato procede sin duda de los derivados del ácido úrico presentes en las deyecciones de las palomas, y es el anión disuelto proporcionalmente más importante en el lixiviado.

—Origen y evolución de las especies de nitrógeno

La relación entre las acumulaciones de deyecciones de aves y las áreas afectadas por acumulación de sales en la fachada estudiada parece evidente a partir de la figura 3, pero la composición química del lixiviado realizado en laboratorio y de las aguas de cubiertas ofrece, al menos a priori, algunas diferencias que es necesario explicar. En primer lugar, el lixiviado prácticamente no presenta iones NO_3^- en disolución, encontrándose todo el nitrógeno disuelto en la forma NH_4^+ . Por otra parte, el agua de cubiertas presenta abundante NO_3^- en disolución, pero el nitrógeno también aparece formando parte de las especies químicas NH_4^+ y NO_2^- . Finalmente, los apósitos contienen abundante NO_3^- y no presentan concentraciones medibles apreciables ni de NH_4^+ ni de NO_2^- , mientras que la muestra de sal precipitada y analizada por DRX posee abundante KNO_3 , es decir, el nitrógeno ha precipitado bajo la forma aniónica NO_3^- .

Este hecho es fácilmente interpretable a la luz de las características propias del ciclo del nitrógeno, cuyo punto de partida lo constituye su acumulación en las deyecciones de las aves. El metabolismo de estos organismos superiores genera unos desechos ricos en N en forma amoniacal (NH_4^+), que mediante procesos estrictamente bacterianos pasan primero a formas nitrosas (nitrosación, pasando el N a la especie NO_2^-) y luego a formas nítricas (nitratación, pasando a la especie NO_3^-). Este proceso avanza desde formas amoniacales hacia formas con un grado de oxidación progresivamente mayor, en función de la energía que obtienen las bacterias en el proceso de oxidación de las diferentes formas del nitrógeno. Así, por ejemplo, la proporción de nitratos presenta una tendencia estacional debido a las condiciones que regulan la actividad microbiana, siendo estas especies oxidadas más abundantes cuando la temperatura ambiental aumenta (Johnson et al. 1986).

Un aspecto importante en relación con los procesos de nitrosación y nitratación es que la energía que obtienen las bacterias en el primero de ellos (paso de formas amoniacales a nitrosas) es muy baja, por lo que su transición es muy rápida y así las formas NO_2^- desaparecen muy rápidamente del medio, siendo usual encontrar proporciones cuantitativamente dominantes de NH_4^+ (aún no oxidado) y de NO_3^- (producto oxidado final), lo que explica que en el lixiviado de las deyecciones sólo se encontrara N en forma amoniacal (NH_4^+). También explica que la muestra de agua de cubiertas presentase un contenido predominante de

formas nítricas (NO_3^-), pero con presencia detectable de NH_4^+ y de NO_2^- , ya que el lixiviado natural que provoca el agua de lluvia moviliza el contenido soluble de las deyecciones acumuladas y la actividad bacteriana tiende a hacer predominantes las formas nítricas. El nitrógeno presente en las sales precipitadas en los paramentos aparece exclusivamente bajo formas nítricas, ya que se trata del punto final del trayecto que experimentan estos solutos.

En el triángulo aniónico de la figura 5 se ha proyectado el punto teórico calculado para el lixiviado de las deyecciones, suponiendo que todo el N determinado químicamente se hubiese encontrado en forma nítrica, y no en forma amoniacal como realmente indicó el análisis realizado. El punto teórico así calculado se desplaza desde su ubicación original, prácticamente en el vértice correspondiente al HCO_3^- , hasta situarse muy próximo al que corresponde al agua de cubiertas, lo que permite concluir que la carga química aniónica del agua de cubiertas en este monumento procede del lixiviado natural a partir de las deyecciones de aves acumuladas, con la única particularidad de que la especie química bajo la cual se presenta el N dependerá de la intensidad de la actividad bacteriana y del mayor o menor grado de limpieza y mantenimiento del monumento, ya que las deyecciones recientes presentan una proporción mayoritaria de NH_4^+ , que va disminuyendo con el tiempo en favor del NO_3^- .

En relación con la evolución de las especies químicas del nitrógeno en este tipo de procesos, cabe referir aquí los resultados presentados en el interesante artículo de Gómez-Heras et al. (2004), donde procedieron a realizar un lixiviado a partir de deyecciones de palomas que sometieron después a evaporación en laboratorio para determinar la mineralogía de las sales precipitadas, donde encontraron elevadas concentraciones de K^+ , Na^+ , Cl^- , HCO_3^- y SO_4^{2-} , pero una proporción más baja de NO_3^- respecto del que esperaban obtener, teniendo en cuenta la abundancia de nitratos entre las sales participantes en este tipo de deterioros. A la vista de los resultados analíticos que presentan, no se puede saber si determinaron el contenido en NH_4^+ , que seguramente debió ser la especie química bajo la cual se encontraba el N movilizado al realizar la extracción mediante agua destilada.

—Interpretación geoquímica

La interpretación química de la proyección de los resultados relativos a los cationes (figura 5, triángulo derecho) no permite una definición simple del proceso. Así, mientras que el lixiviado de laboratorio presenta una composición dominada por los elementos alcalinos (sobre todo K^+) respecto del resto de cationes presentes, en el agua de cubiertas predomina claramente el Ca^{2+} . El lixiviado en laboratorio indica que las deyecciones son la fuente principal del K^+ movilizado. Por otra parte, el análisis del agua de cubiertas indica que, cuando tienen lugar

los episodios de lluvia, el agua no sólo moviliza la carga química presente en las deyecciones, sino que también es capaz de solubilizar otros elementos susceptibles de reaccionar rápidamente y que están presentes en los materiales constructivos del monumento: rocas de tipo arenisca calcárea y morteros de cal y de yeso. De todos ellos, los constituyentes más susceptibles de reaccionar rápidamente al contacto con el agua de lluvia son el yeso y la calcita presentes en rocas y morteros, por lo que por este proceso se solubilizarán preferentemente Ca^{2+} , HCO_3^- y SO_4^{2-} , lo que provoca que las aguas de cubiertas incorporen elevadas concentraciones de Ca^{2+} en disolución.

La solubilización de cationes mediante lixiviado con agua destilada a partir de rocas como las aquí empleadas como materiales constructivos ha sido estudiada, por ejemplo, por Buj Fandos *et al.* (2010). En dicho trabajo se comprueba que, para el caso de una litoarenita similar mineralógicamente a las de la fachada de Iglesia de San Salvador de Úbeda, el principal catión solubilizado era el Ca^{2+} (aproximadamente el 50% del total de cationes disueltos), seguido por Na^+ (en torno al 30%) y K^+ (alrededor del 18%), y finalmente Mg^{2+} (5%).

De todo ello se deduce que el agua de lluvia entra en contacto con las deyecciones acumuladas, solubiliza los elementos movilizables descendiendo su pH y, simultáneamente, provoca el lixiviado parcial de los cationes y aniones más solubles de rocas y morteros. Ello explica que las aguas de cubiertas lleguen a enriquecerse en Ca^{2+} por encima de lo que sería esperable únicamente a partir de la aportación química de las deyecciones, y de ahí la diferencia observada al proyectar los puntos sobre los diagramas de proporciones catiónicas de la figura 5.

—Recomendaciones de actuación

El interés de este tipo de investigaciones es servir como guía de las actuaciones de mantenimiento y/o restauración a llevar a cabo en un monumento o edificio civil afectados por deterioros de esta naturaleza.

En el caso de la iglesia de San Salvador de Úbeda, las recomendaciones emanadas de este estudio se dirigieron hacia tres tipos de actuaciones para minimizar los efectos de la acumulación de sales, independientemente de las actuaciones necesarias propias para la recuperación de los elementos artísticos afectados por patologías observables.

En primer lugar, la eliminación de la mayor cantidad posible de acumulaciones salinas en los paramentos, mediante metodologías de desalación superficial. El mapa de sales indicó las zonas donde aplicar la desalación y con qué intensidad, en función de los rangos de acumulación observados.

En segundo lugar, la ubicación de elementos de evacuación de aguas pluviales, ya que se ha comprobado que la

redistribución de material salino se produce en disolución, en sentido descendente desde los puntos de acumulación de deyecciones (área de cubiertas y relieves salientes de la fachada y la torre).

En tercer lugar, la limpieza periódica de las acumulaciones de deyecciones de aves, incluyendo dispositivos de control de las palomas (por ejemplo, mediante mecanismos ahuyentadores de aves) en las zonas más sensibles por su valor artístico, y el mantenimiento de los elementos de evacuación de aguas pluviales, que garantice su correcta funcionalidad.

Conclusiones

En el desarrollo de patologías por acumulación de sales en el patrimonio construido participan los elementos químicos solubles y movilizados por el agua que circula sobre y a través de los paramentos. Uno de las fuentes más importantes de solutos es la acumulación de deyecciones de aves, identificada como tal en diferentes estudios e informes técnicos, pero que necesitaba estudios metodológicos que informasen acerca de cómo se produce dicho aporte químico. En el presente trabajo se seleccionó un caso donde el deterioro debía su origen mayoritariamente a los solutos aportados por el lavado de deyecciones de aves por el agua de lluvia, en concreto la fachada de la iglesia de San Salvador de Úbeda.

Los resultados obtenidos han permitido comprobar que las deyecciones de aves (en este caso concreto, palomas) contienen una elevada carga movilizable por contacto con aguas de lluvia, destacándose la abundancia de potasio y de nitrógeno, elementos que normalmente se deberían presentar en bajas concentraciones en disolución. La especie química bajo la que se presenta el nitrógeno en estas aguas puede variar en función de la estación del año, de la cantidad de deyecciones y del tiempo que lleven acumuladas, de manera que las de deposición reciente tienden a liberar el nitrógeno en forma amoniacal (NH_4^+), mientras que las más antiguas o las lixiviadas en periodos cálidos lo hacen en forma nítrica (NO_3^-), debido a las diferencias en la intensidad de la actividad bacteriana previa.

La inspección visual posibilita localizar acumulaciones superficiales de sales, debido a su coloración blanquecina, pero los mapas de conductividad han permitido delimitar las zonas donde se estaban acumulando dichas sales pero aún no se visualizaban los deterioros. La extracción mediante apósitos de las sales presentes en los puntos con valores máximos de conductividad ha permitido relacionar el origen de estos solutos con el lixiviado por el agua de lluvia de las deyecciones acumuladas en cubiertas y salientes de la fachada. El razonamiento geoquímico que ha permitido llegar a esta conclusión se ha basado fundamentalmente en el análisis de la cantidad y proporción relativa de aniones, ya que los cationes se muestran más susceptibles a incorporar la participación

de otras fuentes potenciales de solutos (como, en este caso, los propios materiales constructivos como rocas y morteros de cal y de yeso).

Las áreas afectadas con mayor intensidad presentan eflorescencias superficiales de sales precipitadas, mayoritariamente constituidas por KNO_3 . Las zonas que los mapas de conductividad delimitan como afectadas por acumulación de sales en una fase incipiente presentan un contenido en sales donde predominan los cationes alcalinos Na^+ y K^+ y los aniones monovalentes Cl^- y NO_3^- . En esta fase incipiente, las sales se acumulan mayoritariamente como subeflorescencias, pero la aplicación de apósitos de celulosa y su posterior análisis químico permite identificar la composición química de dichas sales, posibilitando así detectar el problema en una fase precoz, anterior a que se manifiesten patologías que puedan afectar al material constructivo.

Como conclusión metodológica de este trabajo, se considera que la combinación de la realización de los mapas de conductividad junto con la extracción de apósitos en los puntos de valores máximos, además del muestreo de aguas que pueden afectar al edificio (aguas de cubiertas o subterráneas, por ejemplo) y su análisis e interpretación geoquímica, constituyen la mejor y más completa aproximación para identificar la procedencia de los solutos que se movilizan y acumulan en un caso concreto. De ello se podrán derivar las recomendaciones de actuación para llevar a cabo la limpieza y el plan de mantenimiento adecuado, evitando la progresión del proceso por repetición del mecanismo de acumulación de sales.

Agradecimientos

Agradecemos a la Diputación de Jaén y al Instituto Geológico y Minero de España por su autorización para usar los datos de los informes realizados sobre el edificio. También queremos expresar nuestro agradecimiento a D. Enrique F. Oliver Pina, Técnico del Laboratorio de Geoquímica del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza, por su apoyo a la hora de diseñar y ejecutar la metodología química del presente trabajo. Igualmente queremos expresar nuestro agradecimiento a las recomendaciones de dos revisores anónimos, que han contribuido a mejorar la calidad del presente trabajo

Bibliografía

- BLANCO, M., BUJ, O., COLUCCI, F. et al. (2010): "Estudio y cartografía de sales en paramentos pétreos: innovaciones tecnológicas con este propósito". *La Ciencia y El Arte*, 2: 162-170.
- BUJ FANDOS, O., LÓPEZ JULIÁN, P. L., GISBERT AGUILAR, J. (2010): "Caracterización petrofísica y geoquímica de varias rocas turolenses de usos constructivos para la obtención de índices de calidad". *Teruel*, 93: 153-180.

DYER, T. (2017): "Deterioration of stone and concrete exposed to bird excreta – Examination of the role of glyoxylic acid". *International Biodeterioration & Biodegradation*, 125: 125:141.

EGARTNER, I. & SASS, O. (2016): "Using paper pulp poultices in the field and laboratory to analyse salt distribution in building limestones". *Heritage Science*, 4:41.

EQUIPO ARBOTANTE (2009): "Estudio del material pétreo y sus productos de alteración de la iglesia de El Salvador de Úbeda (Jaén)". Informe y Anexos (inédito). Diputación Provincial de Jaén.

EUGSTER, H. & HARDIE, L. (1978): "Saline Lakes". En: Lerman, A. (Ed.): *Lakes: Chemistry, Geology, Physics*. New York. Springer Verlag.

FLATT, R.J. (2002): "Salt damage in porous materials: how high supersaturations are generated". *Journal of Crystal Growth*, 242: 435-454.

GARABITO, J., MANSO, J.M., RODRÍGUEZ, A. et al. (2013): "Métodos para la limpieza física, química y biológica de las fábricas de piedra de monumentos históricas. El caso de San Lorenzo del Real de Burgos". *Informes de la Construcción*, 65: 367-380.

GISBERT, J., NAVARRO, P., FRANCO, B. et al. (2008): "Patologías en paramentos pétreos: Metodologías de estudio, diagnóstico, previsión en la evolución y desalación". En *IX Congreso Internacional (CICOP) de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación*. Sevilla (España).

GIUSTETTO, R., MOSCHELLA, E.M., CRISTELLOTTI, M. & COSTA, E. (2017) "Deterioration of building materials and artworks in the 'Santa Maria della Stella' church, Saluzzo (Italy): Causes of decay and possible remedies". *Studies in Conservation*, 62: 474-493.

GÓMEZ-HERAS, M., BENAVENTE, D., ÁLVAREZ DE BUERGO, M. & FORT, R. (2004): "Soluble salt minerals from pigeon droppings as potential contributors to the decay of stone based Cultural Heritage". *European Journal of Mineralogy*, 16: 505-509.

GROSSI, C.M. y ESBERT, R.M. (1994): "Las sales solubles en el deterioro de rocas monumentales. Revisión bibliográfica". *Materiales de Construcción*, 44: 15-30.

JOHNSON, D.W., COLE, D.W., VAN MIERGROET, H. & HORNG, F.W. (1986): "Factors affecting anion movement and retention in four forest soil". *Soil Science Society of America Journal*, 50: 776-783.

LÓPEZ-ACEVEDO, V., VIEDMA, C., GONZALEZ, V. & LA IGLESIA, A. (2007): "Salt crystallization in porous construction materials II. Mass transport and crystallization processes". *Journal of Crystal Growth*, 182: 103-110.

SCHAFFER, R.J. (1932): *The weathering of natural building stones*. John Wiley & Sons, Londres. 149 págs.

SPENNEMANN, D.H., PIKE, M. & WATSON, M.J. (2017): "Behaviour of Pigeon Excreta on Masonry Surfaces". *Restoration of Buildings and Monuments*, 23: 15-28.

WINKLER, E.M. (1973): *Stone: Properties, Durability in Man's Environment*. Springer Verlag, New York. 230 págs.

ZUFFA, G.G. (1980): "Hybrid arenites: their composition and classification". *Journal of Sedimentary Petrology*, 50: 21-29.

Autor/es



Pedro Luis López Julián

pllopez@unizar.es

Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia. Zaragoza

Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Zaragoza (2004), ha extendido su campo de especialización doctoral al ámbito aplicado de la geoquímica de los procesos de alteración de materiales constructivos. Fue profesor en el Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza (2001-2008), adscrito al Área de Petrología y Geoquímica, y actualmente es profesor en la Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia, responsable de asignaturas relacionadas con la Geología y la Ingeniería Civil (Geotecnia, Ingeniería Geológica e Hidrología Subterránea). Es miembro del Grupo de Investigación de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, reconocido por el Gobierno de Aragón, desde 2017, donde continúa su actividad investigadora previa como miembro del Grupo de Investigación Geotransfer, de la Universidad de Zaragoza (2005-2016). Desarrolla además actividad investigadora actual en líneas relacionadas con materiales constructivos y reciclaje de residuos de construcción y demolición, tanto en edificación como en geotecnia para obra civil.



Josep Gisbert Aguilar

gisbert@unizar.es

Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza

Doctor en Geología y profesor titular de Petrología en la Universidad de Zaragoza. Desde 1993 trabaja en caracterización, patologías y restauración de materiales pétreos (roca y morteros). Ha realizado más de 80 informes sobre restauraciones de edificios de patrimonio histórico artístico, trabajando con restauradores y otros profesionales de este campo. Ha asesorado restauraciones en edificios emblemáticos del patrimonio español como son el Pórtico de la Gloria de la Catedral de Santiago de Compostela, la Fachada de los Colegios Mayores de la Universidad de Salamanca o la Mezquita de Córdoba. Ha desarrollado varias aplicaciones prácticas en técnicas y métodos para la restauración de la piedra, destacando un sistema rápido y preciso para realizar mapas de sales superficiales en edificios y el sistema automático "Gunpoint mix" para producir papetas de celulosa.


José Ángel Pérez Benedicto
joanpebe@unizar.es

Escuela Universitaria Politécnica de la Almunia. Zaragoza

Doctor por la Universidad Politécnica de Madrid, con el tema de su Tesis Doctoral "Estudio experimental sobre propiedades mecánicas del hormigón reciclado con áridos procedentes de la no calidad en prefabricación", es Máster en Técnicas y Sistemas de Edificación, Estudios Superiores de la Edificación, Ingeniero Civil, Graduado en Ingeniería de Edificación y Arquitecto Técnico. Lleva trabajando desde 2008 con la revalorización de residuos de hormigón. Desde 1999 es profesor titular en la Escuela Universitaria Politécnica de la Almunia, desempeñando durante los años 2009 a 2015 la Coordinación de Estudios de Arquitectura Técnica y de 2012 a 2016 la Subdirección de Investigación. Desde 2016 es miembro de la Comisión 4 Uso y Mantenimiento en ACHE. Con publicaciones en diversas revistas científicas y Codirector de 2 tesis doctorales sobre hormigones reciclados. Con despacho profesional desde 1986 y administrador de Pérez Benedicto Ingeniería S.L.


Ángel Salesa Bordonaba
asaleb@unizar.es

Escuela Universitaria Politécnica de la Almunia. Zaragoza

Es Doctor en Ingeniería de la Construcción e Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Actualmente desarrolla su actividad docente e investigadora en el Área de Estructuras y Materiales de la Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia, centrada en el ámbito de la Resistencia de Materiales, Teoría de Estructuras e Ingeniería de los Materiales. Desarrolla trabajos de asistencia y asesoramiento técnico para consultoras de estructuras, principalmente en el ámbito de la rehabilitación estructural y en el cálculo de estructuras singulares. Cuenta con diversas publicaciones en revistas nacionales e internacionales relacionadas con el reciclado de materiales constructivos y sus aplicaciones estructurales.


Manuel Delgado del Valle
manuel.delgado.delvalle@gmail.com

Ciencias Químicas. Universidad de Sevilla

Licenciado en Química, Máster en Ciencia y Tecnología del Patrimonio Arquitectónico (UGR, 2012) y Máster en Formación del Profesorado de ESO, Bachillerato y FP (VIU, 2017). Actualmente desarrolla su actividad docente en el colegio

Arboleda (Sevilla). Como doctorando de la Universidad de Zaragoza ha desarrollado actividad investigadora en el ámbito de la aplicación de las técnicas químicas al estudio de los procesos de deterioro del patrimonio monumental, especialmente en relación a las patologías asociadas a la precipitación de sales, destacando los estudios realizados en el Anfiteatro de Itálica (Santiponce, Sevilla) y en los monasterios de Santa Paula y la Cartuja (Sevilla), así como las colaboraciones con el IAPH en estudios previos para la restauración de distintos monumentos.


Juan Carlos Sánchez Catalán
jucasan@unizar.es

Escuela Universitaria Politécnica de la Almunia. Zaragoza

Doctor en Ingeniería del Medio Ambiente por la Universidad Alfonso X el Sabio (2013), desarrolla actualmente su actividad docente como profesor de Ingeniería de Materiales en la Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia. Es miembro del Grupo de Investigación de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, reconocido por el Gobierno de Aragón, desde 2017, donde continúa su actividad investigadora previa como miembro del Grupo de Investigación en Instrumentación y Modelización Aplicada, perteneciente al I3A (Instituto de Investigación de la Universidad de Zaragoza, 2013-2016). Ha desarrollado una intensa actividad investigadora como responsable de proyectos aplicados, destacando su labor como Director de I+D del Desafío Español Iberdrola en la Amerca'2 Cup (2005-2007) o como Director de I+D del nodo Tecnalia Research & Innovation Aragón (2010-2011). En la actualidad es Director del Área de Negocio Tecnalia Research & Innovation. Autor de varios artículos de investigación y de 4 patentes relativas a instrumentación científica.

Artículo enviado el 05/02/2018
Artículo aceptado el 04/06/2018

El arrepentimiento de San Pedro de Francisco Collantes. Restauración y análisis de pigmentos

Oscar Lantes-Suárez, Laura Carrera Nogueiras, Filomena Dorrego Martínez, Joeri Kaal, Vanesa Mariño Calvo y María Antonia Domínguez Lago

Resumen: En este trabajo presentamos el proceso de restauración y de análisis de pigmentos del cuadro *El Arrepentimiento de San Pedro* de Francisco Collantes, un pintor barroco del s. XVII. El proceso de restauración ha permitido devolver su esplendor a la obra que será expuesta de modo permanente en el Museo de Belas Artes de A Coruña, depositaria de la misma. El análisis químico de los materiales presentes en las capas pictóricas, además de permitir la identificación de las mismos constatando que son característicos de la época de la obra, ha justificado la elección del criterio de restauración a seguir que consistirá en respetar la veladura original oscurecida.

Palabras clave: restauración, pigmentos, SEM, Py-GG-MS, THM-GG-MS

The repentance of San Pedro de Francisco Collantes. Restoration and analysis of pigments

Abstract: We present the process of restoration and analysis of pigments in the painting *El Arrepentimiento de San Pedro* by Francisco Collantes, a Baroque painter from the 17th century. The restoration process allowed the recovery of the splendor of this work, which will be exhibited permanently in the Museo de Belas Artes de A Coruña. The chemical analysis of the pictorial layers, in addition to allowing their identification, confirmed that the materials used are characteristic of the corresponding traditions, and has allowed selecting the most appropriate criterion to restore the original glaze of the painting.

Keyword: Restoration, Pigments, SEM, Py-GC-MS, THM-GC-MS

O arrependimento de São Pedro de Francisco Collantes. Restauro e análise de pigmentos

Resumo: Neste trabalho apresentamos o processo de restauro e análise de pigmentos da pintura *O arrependimento de São Pedro* de Francisco Collantes, um pintor barroco do século XVII. O processo de restauro permitiu devolver o seu esplendor ao trabalho que será exposto permanentemente no Museu de Belas-Artes de A Coruña, o depositário do mesmo. A análise química dos materiais presentes nas camadas pictóricas, além de permitir a identificação dos mesmos, confirmando que são característicos da época do trabalho, justificou a escolha do critério de restauro a ser seguido que consistirá em respeitar a velatura original escurecida.

Palavras-chave: ca Restauro, Pigmentos, SEM, Py-GG-MS, THM-GG-MS

Introducción

En el año 2016, el Museo de Belas Artes de A Coruña encarga a la Universidad de Santiago de Compostela (USC) un estudio de dos bienes culturales de sus fondos que se encontraban en proceso de restauración. El estudio concluyó con un informe emitido por la Unidade de Arqueometría (RIAIDT, USC) titulado "Estudio arqueométrico de dos bienes culturales del Museo de Belas Artes de A Coruña: óleo barroco sobre lienzo *El arrepentimiento de San Pedro* y escultura de madera dorada y policromada *San Benito*. 2016". En lo referente al cuadro, se analizaron el material pictórico y parte del marco del cuadro -estuco y pan de oro- así como varios materiales utilizados en la restauración, como barnices y estucos. También se hizo una radiografía completa. En la escultura policromada se analizó el pan de oro que la recubría y se hizo una tomografía. En este trabajo recogemos parte de los resultados de ese estudio, en concreto el análisis de los pigmentos de la obra *El arrepentimiento de San Pedro*.

El cuadro tuvo al menos un proceso de restauración anterior a su ingreso en el Museo en el año 1951. Posiblemente aquella intervención consistió en un forrado del soporte de tela para eliminar deformaciones, un refuerzo de bordes dañados (¿y recortados?), el clavado en bastidor, una limpieza con la eliminación parcial de barniz oxidado, el estucado de lagunas, un repintado de faltas con pintura al óleo y un barnizado final. En tiempos recientes se apreciaba en el cuadro la aparición de nuevas deformaciones en el soporte de tela, la pérdida de adhesión parcial de la tela de forrado, el oscurecimiento de los repintes al óleo –que afeaban enormemente el aspecto de la pintura- y el acusado contraste entre las zonas de luces y sombras de la obra, debido con toda seguridad a una antigua limpieza desequilibrada. Este deterioro hizo recomendable proceder a una nueva restauración para reestablecer el equilibrio cromático de la capa pictórica, llevada a cabo por parte de los restauradores del museo y cuya descripción se incorpora en este trabajo.

Destacamos la importancia de este estudio, no por el proceso de restauración y analítico en sí mismo, habitual en centros de cierta relevancia, sino porque es el primer estudio de estas características de una obra perteneciente a la colección del Museo de Belas Artes y que se consigue mediante la colaboración con la Universidad de Santiago de Compostela. Además, la identificación de algunos pigmentos, en especial la veladura verde era fundamental para justificar su no eliminación en la limpieza a pesar de su irreversible pardeamiento.

El autor

Las referencias que aportan Antonio Acisclo Palomino y Lázaro Díaz del Valle sitúan a Francisco Collantes (Cruz Valdovinos 1997), autor del cuadro, ejerciendo su actividad en Madrid y fijan las fechas de su nacimiento en 1599 y la de

su muerte en 1656. Como pintor de cuadros de contenido religioso, sus figuras de santos aislados y de gran tamaño, acusan directamente la influencia del tenebrismo de Ribera, en ellos la potente luz que los ilumina es el principal elemento modelador. El paisaje fue el género que practicó preferentemente y en el que destacó, en un momento en el que la pintura española era considerada como una disciplina menor. Cultivó paisajes puros, sin anécdota alguna, en ocasiones con pequeñas figuras y animales resueltos con acusado realismo y en mayor medida con escenas de carácter religioso entre las que destaca el lienzo titulado, *Visión de Ezequiel* del Museo del Prado, con evocaciones de arquitecturas clásicas y rasgos naturalistas en el tratamiento de las figuras humanas. Los paisajes en los que se insertan las figuras religiosas denotan la influencia del paisaje flamenco de fines del siglo XVI y la conexión con el estilo italiano de principios del siglo XVII. Son escenarios desarrollados en profundidad en los que se distribuyen pequeñas construcciones, puentes, ríos, troncos rotos y masas oscuras de árboles de follaje tupido que se recortan sobre lejanías luminosas. Francisco Collantes pintó algunos bodegones e incluso temas mitológicos como *El incendio de Troya* del Museo del Prado. Tanto sus pinturas religiosas como de paisaje fueron demandadas por particulares como se refleja en los inventarios de bienes del siglo XVII en los que se registran abundantes obras de su autoría; se citan, entre ellos, varios países, nombre con el que se conocía la pintura de paisajes, varias representaciones de San Jerónimo, Santiago, Oración en el Huerto y un Apostolado compuesto por 16 lienzos. Para la decoración del Palacio del Buen Retiro en Madrid, Eugenio Cajés tasó en 1634 un conjunto de paisajes de Collantes, en buena parte conservados actualmente en el Museo del Prado. Indicativo también de la alta estimación que tuvo su pintura, es que una de sus obras, *Moisés ante la zarza*, figurase en la colección de Luis XIV, que pasó después a la colección del Museo del Louvre.

Descripción del bien

El Arrepentimiento de San Pedro es un óleo sobre lienzo datado entre 1630 y 1656 [figura1]. Sus medidas son 107 x 170,5 cm sin marco y 188 x 130 x 10 cm con marco. La tela está montada en un bastidor móvil de madera con un travesaño central vertical. El lienzo, con número de inventario 1922, forma parte de la colección estable del Museo de Belas Artes de A Coruña. Fue donado a esta institución por el escritor y poeta Ramón Goy de Silva en el año 1951. Su anterior propietario, Francisco Pérez Asencio, lo prestó para que figurase en la Exposición Iberoamericana de 1929 celebrada en Sevilla y la autoría aportada por el propietario se asignaba entonces a Diego Velázquez (Catálogo del Palacio de Bellas Artes, p. 224), si bien años más tarde quedará argumentada la inconsistencia de esta particularidad. Alfonso Pérez Sánchez atribuye la obra a Francisco Collantes, en el estudio que realiza sobre la obra pictórica del pintor destacando los aspectos compositivos y estilísticos que son distintivos de su expresión artística,



Figura 1. - Fotografía del cuadro *El Arrepentimiento de San Pedro*.

en concreto el paisaje en el que se inserta la figura del santo (Pérez Sánchez 1962: 259). Igualmente, el lienzo se clasifica como de Collantes en una investigación posterior (Angulo Íñiguez y Pérez Sánchez 1983: 53).

Dicha obra es una muestra de las características principales de la pintura de Collantes, donde su formación tenebrista se manifiesta ampliamente. El cuadro presenta un acentuado claroscuro en primer plano que queda matizado con la apertura de un amplio paisaje, conformado por varios elementos arquitectónicos, peñascos y arboledas tupidas que se recortan sobre el cielo luminoso. El pintor inserta la figura del Apóstol en uno de sus característicos paisajes, jugando con el contraste entre las lejanías plateadas y la figura recortada a contraluz (Pérez Sánchez 2000: 24).

La concepción de la figura remite al modelo creado por José de Ribera en el siglo XVII para representar la aflicción del santo y su actitud penitencial, el rostro alzado y las manos entrelazadas. Con la cabeza calva y la barba corta que serán desde entonces rasgos habituales de su iconografía. La cabeza ligeramente alzada y girada hacia la derecha —posiblemente dirigiendo la mirada a la zona de altas luces— y las manos alzadas a la altura del pecho y cruzadas, son un indicativo de que la figura se muestra en un momento de recogimiento o en actitud contrita, suplicando perdón. Igualmente, a la izquierda del personaje y sobre lo que parece ser una roca, se vislumbra una gran llave— hace

referencia a las llaves del Reino de los cielos que Jesús le promete (Evangelio de Mateo 16:19). Ese elemento, unido al hecho de que el personaje se encuentre descalzo, orando y lleve barba, nos permiten identificarlo como San Pedro (la palabra Pedro quiere decir conocedor y descalzo; De la Vorágine 2011) y su arrepentimiento. Este episodio, narrado en los Evangelios, sucede después de que San Pedro negase en tres ocasiones conocer a Jesucristo en la noche de su prendimiento. Fue muy difundido en el arte de la Contrarreforma católica ya que su actitud penitencial se mostraba como un ejemplo a seguir por los fieles. Habitualmente, en las imágenes de San Pedro arrepentido, su aflicción se enfatiza mediante el lenguaje corporal: la cabeza está alzada, en el rostro vuelto hacia lo alto las cejas se arquean y los ojos aparecen llorosos, y las manos entrelazadas indican un gesto suplicante de perdón.

Proceso de restauración

El proceso de restauración que se va a describir en este trabajo se inició en septiembre de 2012 con el desmontaje del marco dorado, la realización de las primeras fotografías para documentar el estado de conservación [figura 2], y la aplicación de técnicas de análisis no destructivas tales como la observación con radiación Ultravioleta y Reflectografía IR. Con estas actuaciones iniciales se pudieron obtener los primeros datos acerca del estado de la capa de barniz

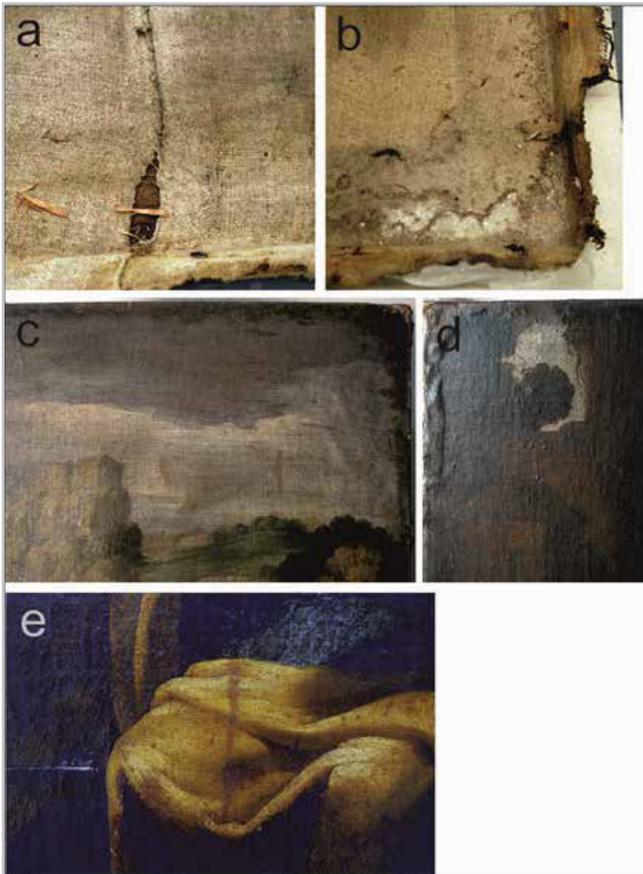


Figura 2.- Estado inicial de la obra; a: descolado en la tela, b: suciedad y alteraciones en el reverso; c: repintes en cielo y perímetro; d: deformaciones en la esquina superior izquierda; e: repintes sobre el manto.

y de la capa pictórica así como constatar la existencia de repintes invasivos oscurecidos que ocultaban la capa pictórica original.

Una vez documentado el estado de conservación se procedió a empapelar la superficie pictórica con papel japonés y *colletta* para desclavar el cuadro del antiguo bastidor que estaba levemente atacado por insectos xilófagos y presentaba astillado en la esquina inferior derecha [figura 3]. Retirado el bastidor se inició la limpieza del reverso mediante aspiración. Una vez realizada esta operación se evidenció el debilitamiento y mal estado de la tela de reentelado, que mostraba un descolado parcial, pérdidas y desgarros en los bordes y en la zona de la costura, muy marcada en el anverso de la tela original. La pérdida de propiedades físicas y mecánicas del adhesivo empleado para la adhesión de ambas telas —gacha— fue determinante para tomar la decisión de la eliminación mecánica de la tela de refuerzo, una vez comprobado el buen estado del soporte original.

La eliminación del antiguo reentelado ha permitido recuperar la visión del reverso original, constatando su excelente estado de conservación. El reentelado consiste en la adhesión de una tela nueva al reverso del cuadro con la finalidad de reforzar la tela original (Villarquide 2001:

145). Se ha utilizado como tratamiento en restauración desde el s. XVI pero, aunque en la actualidad se restringe su aplicación a graves daños que afecten al soporte, antiguamente se generalizó su uso como tratamiento también para consolidación de capa pictórica por lo que muchos cuadros han sido reentelados innecesariamente como parece haber sido también el caso de esta obra. A continuación se procedió a la colocación de bandas perimetrales de tensión de tela de lino sintético desflecado adheridos a los originales con adhesivo sintético para permitir el tensado y clavado del lienzo al nuevo bastidor.

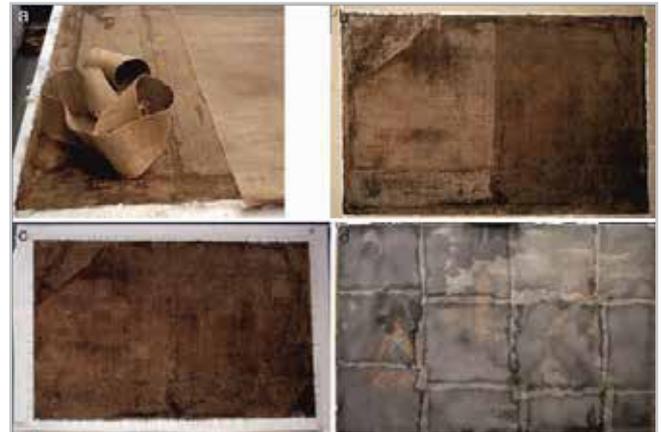


Figura 3.- Eliminación del reentelado, media limpieza y limpieza completa del reverso (a, b, c). Empapelado de la superficie pictórica (d).

Una vez finalizado el tratamiento del soporte, y tras la retirada del empapelado de la superficie se procedió a la limpieza químico-mecánica empleando mezclas de disolventes aplicados mediante hisopos de algodón [figura 4]. En el transcurso de la limpieza se observó cómo los colores verdes mostraban un pardeamiento que no es deseable adelgazar con el uso de los disolventes por tratarse de la capa oxidada de la veladura original y no de una capa de barniz externo deteriorado. Para estos colores se sospecha la utilización de veladuras de cobre, que bien hoy en día podrían estar transformadas en resinatos de cobre (desde Van den Berg *et al.*, 2000a, se interpretan los resinatos de cobre como una reacción por deterioro entre el cobre y las resinas más que como un material pictórico aplicado originalmente por el artista). Esta ha sido la hipótesis de partida que ha motivado la realización de una toma de muestras en estos materiales para proceder a su análisis químico, pues esta caracterización es fundamental para la posterior elección del criterio de restauración a seguir.

Paralelamente a la limpieza se procedió a la eliminación de repintes al óleo, realizados en antiguas restauraciones y fuertemente oscurecidos. Estos repintes cubrían áreas bastante más amplias que las lagunas que pretendían ocultar. Para ello, fue preciso combinar el rebajado de estucos antiguos en buen estado pero que excedían los contornos de las lagunas, con la aplicación de nuevo estuco tradicional -a base de yeso mate y cola de conejo



Figura 4.- Proceso de limpieza (a, b; detalles) y estucado (c).

aplicado en caliente a pincel- en lagunas de reciente aparición [figura 4]. Una vez todos los estucos estuvieron rebajados a nivel, se aplicó una mano de barniz de retoque previo al inicio de la reintegración cromática [figura 5]. Ésta fue realizada empleando acuarelas y pigmentos al barniz con técnica de *rigattino* (Villarquide 2001: 273) esto es, empleando pequeños trazos verticales de colores, aplicados con pinceles finos, que permiten, al acercarse, diferenciar la reintegración de la pintura original. Finalmente se aplicó a toda la superficie pictórica una mano de barniz de resina dammar en caliente con brocha suave a modo de protección final. La imagen final, tras la eliminación de los repintes, permite apreciar la obra con un colorido y luminosidad más parecido a lo que fue en origen [figura 6].



Figura 5.- Reintegración.



Figura 6.- Detalles de acabado: antes y después de la intervención.

Metodología de análisis

Muestras

El estudio que presentamos consistió en la toma de 5 muestras de material pictórico [tabla 1]: un microfragmento de pintura azul del cielo, otro de color marrón procedente de la zona de ramas de un árbol, otra procedente del ramaje (hojas superpuestas a un tejado), y otras dos procedentes directamente del ramaje (hojas). La elección de las zonas de muestreo se seleccionó en función de un examen visual y radiográfico previos. Se analizaron tanto los propios pigmentos como las preparaciones que los subyacen, un total de 95 análisis en SEM-EDX. La muestra SP08 se dedicó íntegramente para su caracterización orgánica por pirólisis analítica (Py-GC-MS).

Técnicas de análisis

Microscopía electrónica de barrido con espectroscopía de rayos x (SEM-EDX)

Es una técnica de imagen y de análisis espectroscópico a partir del bombardeo de la muestra con electrones. Los electrones retrodispersados por la muestra se recogen en un detector específico para producir una imagen muy aumentada cuyas tonalidades de grises están en función del número atómico de los elementos químicos presentes (más adelante, para describir diferentes áreas de las muestras analizadas en SEM, se hace referencia a estas gamas de grises que se corresponden con diferentes

Tabla 1.- Muestras de pigmentos analizados. ID. UAR: código Unidad de Arqueometría.

ID. UAR	CÓD. MUSEO	TIPO MUESTRA	COLOR	MOTIVO	ANALÍTICA 1	ANALÍTICA 2
SP01	A	Esquirla pintura	Azul	Cielo	LUPA	SEM-EDX
SP02	B	Esquirla pintura	Marrón	Arbol (ramas)	LUPA	SEM-EDX
SP03	C	Esquirla pintura	Marrón	Ramaje (hojas) / Tejado	LUPA	SEM-EDX
SP08	C	Esquirla pintura	Marrón	Ramaje (hojas)	Py-GC-MS	-
SP09	C	Esquirla pintura	Marrón	Ramaje (hojas)	LUPA	SEM-EDX

composiciones y no con colores visibles). En el proceso de choque de los electrones también se generan rayos X que son característicos de cada elemento químico, lo que permite su identificación y cuantificación. El equipo que se utilizó fue un EVO LS15 con microanálisis INCA incorporado. Las condiciones de medida fueron: 100 s para la adquisición de los espectros; 20,3 s para el escaneado de fotos; 1 probe de 1 a 1,8 nA, 20 kV de voltaje y una distancia de trabajo (WD) de 8,5 mm, presión variable y detección de electrones retrodispersados. Las muestras se depositaron sobre un porta, sin necesidad de aplicar tratamientos previos.

Pirolisis-Cromatografía de gases-Espectrometría de masas (Py-GC-MS y THM-GC-MS)

La Py-GC-MS, también conocido como pirolisis analítica convencional, produce la descomposición térmica, en ambiente inerte (gas helio), de sustancias macromoleculares (incluyendo polímeros) (Voorhees 2013). Los productos de pirolisis se separan mediante cromatografía de gases, y se identifican por sus espectros de masas. La Py-GC-MS es un método frecuentemente usado para el análisis de polímeros (naturales y sintéticos) de composición desconocida, donde se analiza la muestra en fase sólida sin tratamientos previos. El equipo está compuesto de tres componentes acoplados que consisten en un pirolizador CDS Pyroprobe 5000, un cromatógrafo de gases Agilent 6890N y un detector de masas Agilent 5975. La muestra se introdujo en un tubo de cuarzo con lana de vidrio, a continuación, se introdujo el tubo en el pirolizador. La pirolisis se mantuvo a 650 °C durante 10 segundos. El cromatógrafo operó en modo *split* (1:10). El programa de temperatura del horno tuvo una T^a inicial de 60 °C y una final de 325 °C, con rampa de calentamiento a 20 °C/min. La columna cromatográfica fue una HP-5MS. El espectrómetro cuadrupolo operó en modo de ionización por impacto de electrones (EI) a 70 eV, escaneando masas en el rango *m/z* de 50 a 500 (Kaal *et al.*, 2014). Se ha estimado las proporciones relativas de los productos de pirolisis principales, tomando las áreas de los fragmentos *m/z* característicos de cada compuesto y dividido por la suma de las áreas de todos los compuestos considerados. Se expresan las proporciones relativas como porcentaje del área total de los picos cuantificados (% TQPA). En un segundo análisis de la muestra se realizó

otra determinación, THM-GC-MS, también conocido como Py-TMAH-GC-MS (Van den Berg *et al.*, 2000b). Esta segunda analítica difiere con la primera en que se realiza una preparación previa de la muestra (con hidróxido de tetrametilamonio, TMAH) que asegura la identificación de los compuestos polares como los ácidos grasos (y otros componentes que contengan grupos carboxílicos, que se descarboxilan en Py-GC-MS si no son previamente derivatizados). Con este método, se produce una hidrólisis y derivatización (metilación) simultánea, reacción que tiene un estímulo en forma de un pulso térmico. En este segundo análisis, anteriormente a la introducción de los tubos de cuarzo con la muestra, se añadió una alícuota de TMAH (Sigma-Aldrich, 25% en agua) mediante una pipeta de vidrio. Se dejó la muestra en contacto con la disolución TMAH durante media hora para favorecer la derivación y se introdujo en el pirolizador para proceder a su análisis en las mismas condiciones que las aplicadas en la Py-GC-MS.

Los pigmentos se han caracterizado por medio del análisis elemental y los componentes orgánicos por técnicas cromatográficas. En ambos casos se ha utilizado la bibliografía especializada que se cita en el texto para la interpretación de los resultados.

Resultados y discusión

Análisis elemental del microfragmento de pintura azul del cielo SP01

Preparación. Las zonas homogéneas de la visualización de la imagen BSE (imagen SEM de electrones retrodispersados) tienen calcio, azufre y carbono, probablemente cristalizados como sulfatos y carbonatos de calcio, plomo, probablemente como carbonatos de plomo, y silicio, como silicatos [figura 7, tabla 2]. Las zonas granulosas tienen la misma composición pero con algo más de silicio y de hierro. Hay alguna zona oscura de similar composición pero enriquecida en carbono. Las otras zonas más claras de la preparación, son de la misma composición que las zonas homogéneas pero están más enriquecidas en plomo. En resumen, la preparación estaría formada por carbonatos de calcio (¿calcita?) y sulfatos de calcio (yeso) acompañados de tierras coloreadas formadas por silicatos y óxidos de hierro y sin descartar la inclusión de algún aglutinante orgánico.

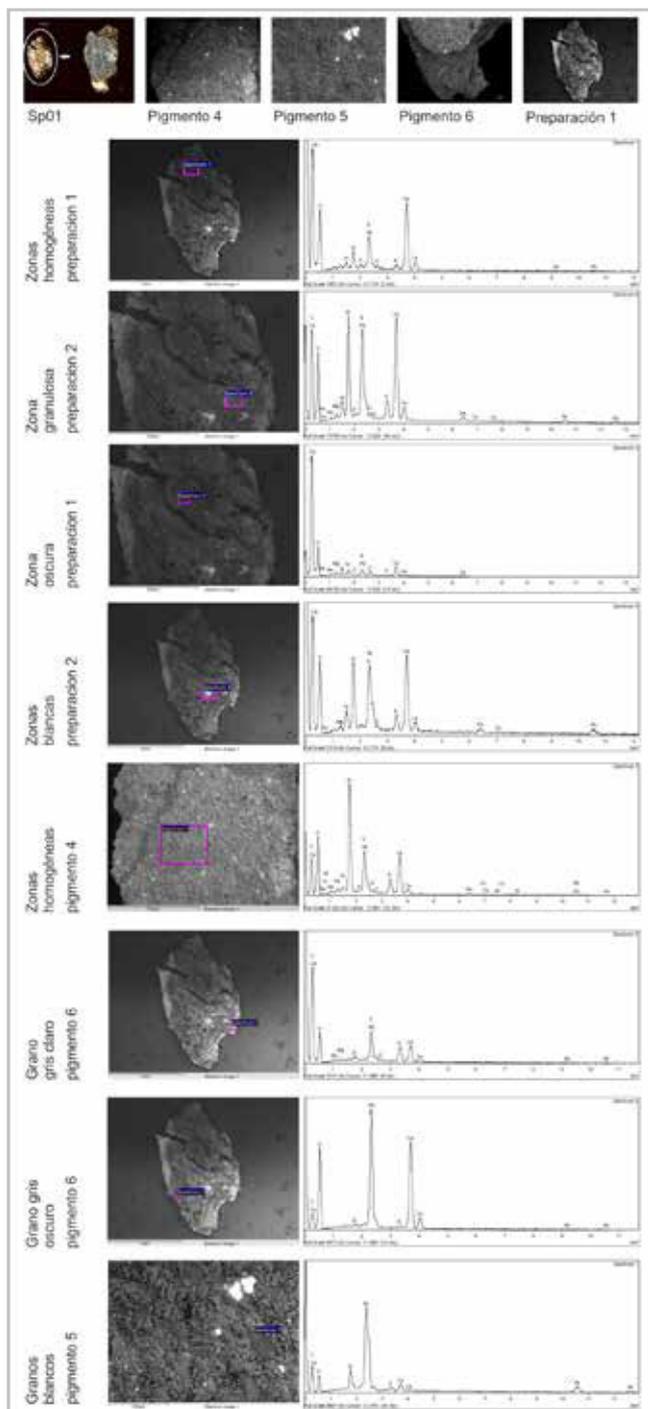


Figura 7.- Selección de imágenes SEM y espectros EDX del microfragmento azul del cielo SP01. En las imágenes SEM se indica el área analizada.

Pigmento. Las zonas homogéneas tienen calcio y azufre, probablemente como yeso, silicio abundante, potasio, cobalto, níquel y plomo (como carbonato de plomo). Los granos grises tienen la misma composición pero están más enriquecidos en silicio, potasio, cobalto y arsénico respecto al calcio y al plomo. El grano gris claro es similar a las zonas homogéneas descritas anteriormente pero con mucho más carbono y menos elementos químicos atribuibles al color. El grano gris oscuro es similar al grano gris claro pero más rico en yeso. Los granos blancos son básicamente carbonatos

de plomo. El pigmento identificado es *azul de esmalte*, también llamado *vidrio de cobalto*, un pigmento muy utilizado entre los siglos XVI y XVIII. Se caracteriza por ser un vidrio de potasa con cobalto como mineral colorante y que puede degradarse hacia colores grises o pardos por pérdida del potasio, provocando así un cambio de coordinación de tetraédrica a octaédrica en el cobalto. El potasio lixiviado reacciona con los ácidos grasos del aceite aglutinante formando jabones (Robinet *et al.*, 2011; Spring *et al.*, 2005). El mineral del cual se obtuvo el cobalto podría haber sido *erythrite/eritrina/flor de cobalto* ($\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$). El uso de este mineral justificaría la presencia de arsénico y además, al formar una serie continua con la *annabergite* ($\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), explicaría además la presencia del níquel, detectado en pequeñas cantidades. El azul de esmalte se usó históricamente mezclado con el blanco de plomo o incluso se ha citado como aplicado sobre capas blancas de plomo, con el objeto de que resalte y se aprecie bien el tono azul del pigmento (Doerner, 2011), de ahí que sea coherente la detección de plomo en el análisis.

Análisis elemental del microfragmento de pintura marrón del árbol (ramas) SP02

Preparación. El granulado gris claro está compuesto básicamente de calcio (carbonato de calcio), carbono y plomo (carbonatos de plomo, blanco de plomo) [figura 8, tabla 2]. También se detectaron pequeñas cantidades de manganeso y hierro. El granulado gris oscuro de la base tiene una composición similar al anterior pero con mayor concentración de carbono. Los granos grises tienen una composición similar, si bien con más silicio (silicatos) y calcio, probablemente como carbonato. Los granos blancos tienen menos carbono y más hierro y manganeso, aunque el elemento que más incrementa su concentración es el plomo, probablemente como hidroxicarbonato de plomo (blanco de plomo). Destaca, en una muestra, la identificación ocasional de mercurio en una concentración del 21,7%. Esta partícula, muy probablemente de bermellón (sulfuro de mercurio sintético, fabricado por los árabes desde el siglo VIII), debe de corresponderse con una contaminación de pigmento rojo de la paleta empleada que no debería de estar en la preparación. La convivencia de blanco de plomo con bermellón se desaconseja porque reaccionan en el caso de pinturas murales con alto grado de humedad (Doerner 2011; si bien, tomamos con cautela las aseveraciones de esta obra pues es un libro poco revisado). En la pintura al óleo esta mezcla es muy frecuente para conseguir rosados utilizando el blanco de plomo como diluyente del color. En todos los análisis de la submuestra *preparación 3*, se detecta cobre y arsénico (con silicio y potasio), correspondiéndose pues con pequeñas cantidades de azul de esmalte. Las fibras analizadas son básicamente orgánicas pero están relativamente impregnadas de material inorgánico, en especial plomo y calcio, tratándose seguramente de carbonatos de calcio y blanco de plomo. De modo general, podemos decir que predomina el carbonato de calcio en la preparación respecto al yeso.

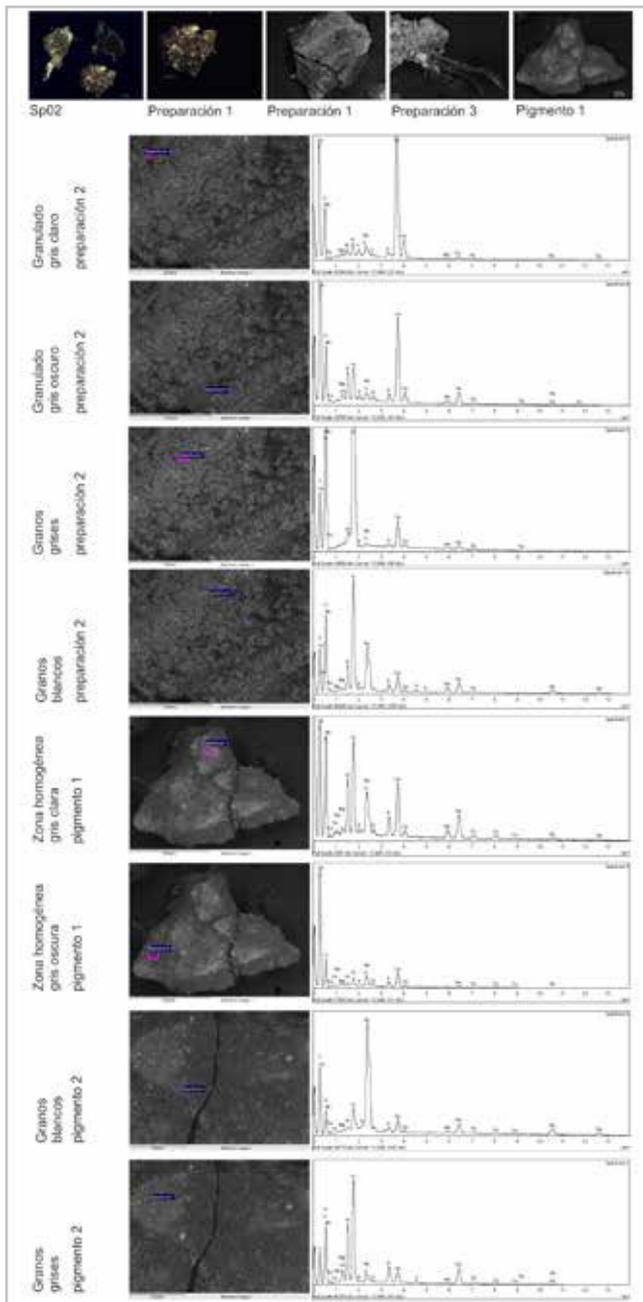


Figura 8.- Selección de imágenes SEM y espectros EDX del microfragmento pardo del árbol SP02. En las imágenes SEM se indica el área analizada.

Pigmento. Las zonas homogéneas gris claro tienen aluminio, silicio, azufre, calcio, hierro, manganeso, cobre y plomo. Estos elementos químicos podrían corresponderse con dos pigmentos, uno marrón a base de óxidos de manganeso y hierro -denominado *sombra*- y otro verde con base de cobre. El plomo podría tener su origen en el blanco de plomo. Las zonas homogéneas gris oscuro de la pintura tienen la misma composición que las anteriores pero son menos ricas en hierro y el manganeso a veces no se detecta; el nivel de plomo es algo menor y hay una mayor concentración de carbono. Los granos grises de la pintura tienen una composición parecida, pero con detección adicional de otros elementos químicos (silicio, cobalto, níquel y arsénico) que se pueden atribuir al pigmento azul

(azul de esmalte) descrito en SP01. Los granos blancos son una mezcla de calcio (carbonatos de calcio) hierro (óxidos de hierro), cobre (veladuras de cobre, hechas probablemente con verdigris), y plomo (probablemente como blanco de plomo). Destaca especialmente la presencia de bario en un análisis, que debe tener su origen como sulfato de bario (se detecta un 5,2% de azufre) procedente de algún repinte. En resumen, el pigmento de este microfragmento no sería un único pigmento si no una mezcla de 3-4 pigmentos: blanco de plomo, óxidos de hierro y manganeso marrones (*sombra*), un pigmento con base en cobre, y pequeñas cantidades de pigmento azul. El área de extracción del mismo sería pues una zona marrón original de la corteza del árbol muy próxima a una zona de hojas (y quizás de cielo).

Análisis elemental del microfragmento de pintura marrón del ramaje (hojas)/tejado SP03

Preparación. Las zonas homogéneas están compuestas básicamente por calcio, probablemente carbonato de calcio, con pequeñas contribuciones de silicio, aluminio y plomo (tierras y blanco de plomo) [figura 9, tabla 2].

Pigmento. Las zonas homogéneas muestran que hay un predominio de compuestos orgánicos -mucho carbono- y hierro en bajas concentraciones. El pigmento estaría básicamente compuesto por óxidos de hierro con un aglutinante orgánico. Inicialmente se recogió esta muestra pensando que se trataba de una veladura verde degradada pero al no detectar cobre debemos decantarnos por un pigmento originalmente marrón aplicado al tejado. y que podría ser marrón de óxido de hierro (conocidos clásicamente en el mercado como marrón de Prusia o de Berlín; Doerner, 2011). Descartamos la aplicación de una *sombra*, ya que esta está compuesta por material rico en hierro con presencia de silicio (silicatos) y manganeso, y estos dos últimos elementos no han sido detectados en este análisis.

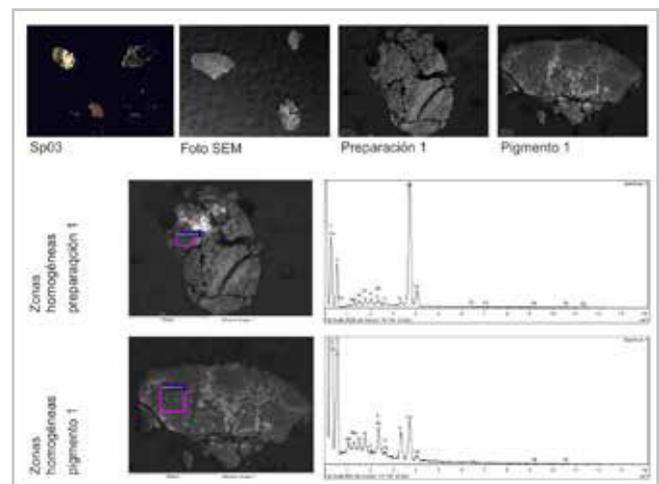


Figura 9.- Selección de imágenes SEM y espectros EDX del microfragmento marrón SP03. En las imágenes SEM se indica el área analizada.

Análisis elemental del microfragmento de pintura marrón del ramaje (hojas) SP09

Preparación. Está compuesta básicamente por calcio, probable carbonato, junto con otros elementos como hierro, silicio y una alta concentración de carbono orgánico [figura 10, tabla 2]. Un punto brillante que se analizó en la base está formado por silicio, cobre, arsénico y plomo. Podría tratarse de veladura de cobre junto con otras impurezas de tierras y blanco de plomo. Las zonas con cristales son unos depósitos granulares localizados sobre el pigmento y que se aprecian únicamente en la imagen BSE. Están compuestos de calcio y de azufre, por lo que debe de tratarse de eflorescencias procedentes de la recristalización del yeso utilizado en alguna restauración antigua.

Pigmento. La zona homogénea del área A1 (A2, misma

área en detalle) tienen una composición muy rica en azufre y calcio (sulfatos de calcio y quizás carbonatos) y con bastante carbono (carbonatos y material orgánico). Esta composición confirmaría que esta área que se consideró pigmento realmente era preparación quizás cubierta de barniz, o tampoco se puede descartar que se trate de un pigmento orgánico (laca) mezclado con una carga inerte. En el *área* B1 se detecta cobre como responsable del color (0,3-0,4%) y con una concentración muy elevada de carbono (70-78%). Estos datos apuntan a que podría tratarse de una veladura de cobre. En algún análisis se detectan pequeñas cantidades de cloro, que sería igualmente compatible con la presencia de una veladura de cobre, por estar relacionado con el método de manufactura del verdigrís según se refleja en otros estudios (Acroyd *et al.*, 2000; Kühn 1993; Sancho *et al.*, 2004; Sancho Cubino 2004; Santos Gómez *et al.*, 2002, 2003; Van den Berg *et al.*, 2000a).

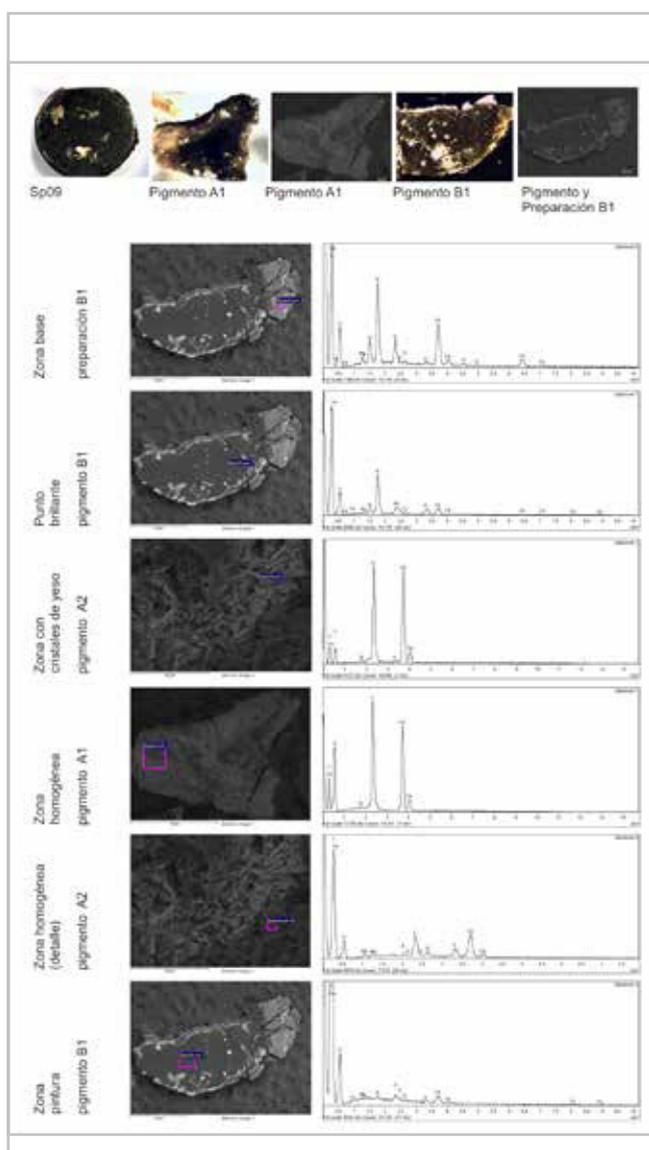


Figura 10.- Selección de imágenes SEM y espectros EDX del microfragmento marrón SP09. En las imágenes SEM se indica el área analizada.

Tabla 2- . Síntesis de la composición elemental de las muestras analizadas en SEM-EDX. SP: con *, espectros de análisis incluidos en las figuras 7-10. Las clasificaciones de zonas homogéneas, granuladas, puntos brillantes, zonas oscuras, blancas, grises... hacen referencia a heterogeneidades texturales y composicionales que se detectan en las imágenes BSE (imagen SEM de electrones retrodispersados) pero que no se distinguen a un nivel macroscópico en las imágenes ópticas.

DESCRIPCIÓN	ÁREA ANÁLISIS EDX	ELEMENTOS MAYORITARIOS	SP
<i>Preparación del microfragmento de pintura azul del cielo SP01</i>			
Zonas homogéneas	Preparación 1	(Si) (S) Ca Pb	*
Zonas homogéneas	Preparación 2	Si (S) Ca Pb	
Zona granulosa	Preparación 2	Si S Ca Fe Pb	*
Zona oscura	Preparación 2	C S Ca	*
Zonas blancas	Preparación 1	Si S Ca Fe Pb	*
Zona blanca	Preparación 2	Si S Ca Fe Pb	
<i>Pigmento del microfragmento de pintura azul del cielo SP01</i>			
Zonas homogéneas	Pigmento 4	Si S K Ca Co Ni As Pb	*
Zona homogénea	Pigmento 5b	Si S K Ca Co Ni As Pb	
Zonas homogéneas	Pigmento 6	S Ca	
Granos grises	Pigmento 5	Si K Co Ni As (Zn)	*
Grano gris claro	Pigmento 6	C S Ca	
Grano gris oscuro	Pigmento 6	S Ca	*
Granos blancos	Pigmento 5	Pb	*
<i>Preparación del microfragmento de pintura marrón del árbol (ramas) SP02</i>			
Granulado gris claro	Preparación 2	Ca Mn Fe Pb	*
Granulado gris claro	Preparación 3	Cu As Pb	
Granulado gris oscuro	Preparación 2	Ca Mn Fe Pb	*
Granulado gris oscuro	Preparación 3	Ca Fe Cu As Pb	
Granos grises	Preparación 2	Si / Ca (Fe)	*
Granos blancos	Preparación 2	Al Si Ca Ti Mn Fe Hg Pb	*
Grano blanco	Preparación 3	Cu As Pb	
Fibra	Preparación 3	C Ca (Pb)	
Fibra	Preparación 4	C Ca (Pb) (As)	
Fibra con costra	Preparación 4	C Ca (Pb) (As)	
<i>Pigmento del microfragmento de pintura marrón del árbol (ramas) SP02</i>			
Zona homogénea gris clara	Pigmento 1	Al Si S Ca Fe Mn Cu Pb	*
Zona homogénea gris oscura	Pigmento 1	C Ca Fe (Mn) Cu	*
Zona homogénea gris oscura	Pigmento 2	C Ca Fe Cu (Co) (Ni)	
Granos blancos	Pigmento 2	Ca Fe Cu Ba	*
Granos grises	Pigmento 2	C Ca Fe Cu	*
<i>Preparación del microfragmento de pintura marrón del ramaje (hojas) tejido SP03</i>			
Zonas homogéneas	Preparación 1	Ca Fe	*
Zona cargada	Preparación 1	C Ca Fe	
<i>Pigmento del Microfragmento de pintura marrón del ramaje (hojas) tejido SP03</i>			
Zonas homogéneas	Pigmento 1	C (Ca) Fe	*
<i>Preparación del microfragmento de pintura marrón del ramaje (hojas) SP09</i>			
Zona base	Preparación (área B1)	C Ca Fe	*
<i>Pigmento del microfragmento de pintura marrón del ramaje (hojas) SP09</i>			
Punto brillante	Pigmento (área B1)	Si Cu As Pb	*
Zona con cristales de yeso	Pigmento (área A2)	S Ca	*
Zona homogénea	Pigmento (área A1)	C S Ca	*
Zona homogénea (detalle)	Pigmento (área A2)	C S Ca	*
Zona homogénea	Pigmento (área B1)	C Cu	*

Tabla 3- . Listado de los compuestos de pirólisis Py-GC-MS de SP08. (TR tiempos de retención; m/z: relación masa/carga, % TQPA: proporciones relativas; Der.: derivado).

Compuesto	TR (min)	m/z	% TQPA	Compuesto	TR (min)	m/z	% TQPA
Tolueno	2,064	91+92	9,92	Alcano C ₁₈	12,685	57+71	0,06
C ₂ -benzene	2,744	91+106	4,94	Alcano C ₂₀	13,381	57+71	0,04
Der. monómero	3,455	67 (81)	1,89	Alqueno C ₈	4,334	55+69	1,27
No identificado	3,73	55+68 (112)	3,60	Alqueno C ₉	5,032	55+69	1,27
o-cymeno (monómero)	3,829	119+134	0,43	Alqueno C ₁₀	5,757	55+69	0,78
m-cymeno (monómero)	4,13	119+134	0,19	Alqueno C ₁₁	6,412	55+69	1,15
Der. monómero	4,564	119+148 (91)	0,07	Alqueno C ₁₂	7,045	55+69	0,96
p-cymeno (monómero)	4,638	119+134	0,17	Alqueno C ₁₃	7,626	55+69	0,54
Der. dímero	7,191	111+192	0,18	Alqueno C ₁₄	8,208	55+69	0,45
Der. dímero	7,455	111+192	1,04	Ácido graso C ₄	3,071	60+73	0,75
Der. dímero	7,856	107+188	0,93	Ácido graso C ₅	3,704	60+73	1,44
Der. trímero	10,294	192+304	0,05	Ácido graso C ₆	4,264	60+73	3,54
Der. trímero	10,445	192+304	0,40	Ácido graso C ₇	4,871	60+73	3,66
Der. trímero	10,886	192+304	0,11	Ácido graso C ₈	5,489	60+73	5,15
Ácido dehidroabiético (1)	9,936	197+239+254	0,32	Ácido graso C ₉	6,184	60+73	2,69
Ácido dehidroabiético (2)	10,024	141+239+254	0,27	Ácido graso C ₁₀	6,933	60+73	0,79
Alcano C ₇	3,548	57+71	0,86	Ácido graso C ₁₁	7,455	60+73	0,41
Alcano C ₈	4,311	57+71	1,27	Ácido graso C ₁₂	7,932	60+73	0,42
Alcano C ₉	5,002	57+71	1,06	Ácido graso C ₁₃	8,467	60+73	0,37
Alcano C ₁₀	5,79	57+71	1,15	Ácido graso C ₁₄	8,919	60+73	0,97
Alcano C ₁₁	6,456	57+71	0,85	Ácido graso C ₁₅	9,411	60+73	0,45
Alcano C ₁₂	7,087	57+71	2,31	Ácido graso C ₁₆	9,863	60+73	32,91
Alcano C ₁₃	7,676	57+71	0,67	Ácido graso C ₁₈	10,729	60+73	4,96
Alcano C ₁₄	8,244	57+71	1,06	Ácido graso C ₁₆ (metil éster)	9,458	74+87	0,45
Alcano C ₁₅	11,523	57+71	0,23	Ácido graso C ₁₈ (metil éster)	10,408	74+87	0,40
Alcano C ₁₆	11,928	57+71	0,09				
Alcano C ₁₇	12,317	57+71	0,06				
					total		100,00
<i>Resumen principales compuestos</i>							% TQPA
Ácidos grasos							58,50
Ácidos grasos (ésteres)							0,85
Alcanos/alquenos							16,13
Resina cetónica: monómeros							2,76
Resina cetónica: dímeros							2,14
Resina cetónica: trímeros							0,56
Resina natural							0,59
Otros							18,46

Análisis Py-GC-MS del microfragmento de pintura marrón del ramaje (hojas) SP08

Se detectan, aunque en muy baja proporción (un 5% de TQPA) los mismos productos de la resina cetónica en la pintura que los que han sido encontrados en otra muestra de barniz utilizado en la restauración (SM2A,

barniz de retoque de Talens aplicado en una fase anterior de restauración) [Tabla 3]. Además, se detectaron una serie de compuestos alifáticos: ácidos grasos (C₄-C₁₈), procedentes de los aceites de la pintura, y n-alcanos (C₇-C₂₀) y n-alquenos (C₈-C₁₈), probablemente procedentes principalmente de la degradación por descarboxilación de los ácidos grasos durante la pirólisis. Estos ácidos grasos

indicarían la presencia de lípidos –generalmente aceites secantes- empleados como aglutinantes (Colombini *et al.* 2001). En esta misma línea, la presencia de metil ésteres de ácido palmítico y ácido esteárico, evidencia un proceso de polimerización de los aceites (ya que este análisis no incluye la derivación de grupos carboxílicos; Erhardt, 1998). Este proceso de polimerización es el que permite que se forme una matriz que engloba de forma estable las partículas del pigmento haciendo así su función como aglutinante. De haber aplicado GC-MS con los aceites derivados se podría afinar en la identificación del aceite a través de la proporción de ácidos grasos (Mills & White, 1987), pero a través de la técnica de Py-GC-MS los ácidos grasos solo se detectan como ésteres si están esterificados. La detección de ácido abiético indica la presencia de una resina diterpénica natural, de la familia de las coníferas *Pinaceae* (pino, picea, alerce) que se encuentra en baja proporción (0,6%) posiblemente por procesos de degradación. La ausencia de marcadores de monómeros de trementina, como los pinenos y los carenos, sugieren que los ácidos abiéticos proceden de una sustancia tipo resina de colofonia.

Análisis THM-GC-MS del microfragmento de pintura marrón del ramaje (hojas) SP08

Los compuestos identificados por esta técnica son el ácido graso C₁₆ (ácido palmítico) y C₁₈ (ácido esteárico), ahora sí detectado como ésteres a través de la derivación (metilación) con TMAH [tabla 4]. La presencia, y abundancia, del diácido graso C₉ (ácido acelaico, detectado como dimetil ester) podría confirmar el mal estado de preservación de los aceites en la muestra de pintura según indican Mills y White (1987), si bien puede deberse simplemente a un fenómeno paralelo a la polimerización. La relación entre ácido subérico (C₈ diácido) y ácido acelaico es 0,13 y la relación entre ácido sebáico (C₁₀ diácido) y ácido acelaico es 0,03. Estas relaciones reflejan el grado de transposición de doble enlace, que suele incrementar durante la polimerización de los aceites, principalmente como resultado del envejecimiento (Lazzari y Chiantore, 1999; Van den Berg *et al.*, 2002; Bonaduce *et al.*, 2012). El ácido oleico (C_{18:1}) tiene una presencia de solo 1,3 %, Sería esperable una proporción elevada de ácidos grasos no-saturados pero hay que tener en cuenta que estos ácidos grasos “desaparecen” al polimerizar. También se detectan una serie de dímeros de la resina sintética (retoque de Talens), y marcadores de ácidos grasos con hidroxilación -convertido en grupos metoxílicos por la derivatización-, en posiciones en el medio de la cadena (metil ésteres de ácidos grasos con sustituciones: 9,10-dimetoxi-C₁₆; 10,16-dimetoxi-C₁₆ y 9,10,18-trimetoxi-C₁₈). Estos ácidos grasos con hidroxilación son productos conocidos del biopolímero cutina (Nierop y Verstraten, 2004; Kolattukudy, 2001). La cutina está presente en las capas epicuticulares de hojas de plantas, y por lo tanto puede reflejar el uso de material vegetal en la producción del pigmento.

Tabla 4- Listado de los compuestos de pirólisis THM-GC-MS de SP08. (TR tiempos de retención; m/z: relación masa/carga, % TQPA: proporciones relativas; Der.: derivado).

Compuesto	TR(min)	m/z	% TQPA
Diácido graso C ₇ (dimetil éster)	6,223	55+59	0,43
Diácido graso C ₈ (dimetil éster)	6,920	55+59	1,35
Benceno diacarboxílico (dimetil éster)	7,007	163	0,44
Der. dímero	7,147	111+192	0,02
Diácido graso C ₉ (dimetil éster)	7,411	55+59 (152+185)	10,52
Der. dímero	7,437	111+192	1,47
Diácido graso C ₁₀ (dimetil éster)	8,019	55+59	0,25
Ácido graso C ₁₄ (metil éster)	8,340	74+87	0,48
Der. dímero	8,631	98+112 (192)	0,12
Ácido graso C ₁₆ (metil éster)	9,408	74+87	46,56
Ácido graso C _{18:1} (metil éster)	10,213	55+69	1,32
Ácido graso C ₁₈ (metil éster)	10,353	74+87	31,48
Der. trímero	10,504	192+304	0,03
Der. trímero	10,659	192+304	0,03
Der. trímero	11,111	192+304	0,02
Ácido graso C ₂₀ (metil éster)	11,194	74+87	0,38
Der. Cutina	11,324	69+71+83+201	1,76
Ácido dehidroabiético (metil ester)	11,370	239+314	0,79
7-oxo-dehidroabietato (der. dimetilado)	11,822	267+342	0,68
No identificado	11,822	267+342 (283,227)	0,68
Ácido graso C ₂₂ (metil éster)	11,988	74+87	0,29
Der. Cutina	12,216	71+81 (201)	0,70
Acido graso C ₂₄ (metil éster)	12,730	74+87	0,22
	total		100,02

Resumen principales compuestos	% TQPA
Dímero resina cetónica	1,61
Trímero resina cetónica	0,08
Ácidos grasos	80,72
Diácidos grasos	12,55
Cutina	2,45
Resina natural	1,47
Otros	1,12
total	100,00

Finalmente, se han detectado dos productos conocidos de resinas naturales: diterpenos de coníferas en base de ácido dehidroabiético (DHA): ácido dehidroabiético metil ester y 7-oxo-dehidroabietato. La abundancia del variante 7-oxo-DHA se interpreta como un indicador de degradación (envejecimiento) de la resina diterpénica (Colombini *et al.*, 2001; Van den Berg *et al.*, 2000). Aunque la abundancia de estos compuestos es solo de 1,5% por su mala preservación, en la resina DHA podría haber sido mucho más abundante en el momento de su aplicación. El uso de estas resinas en material de pintura es frecuente y los ácidos abiéticos han sido considerados como productos diagnósticos del resinato de cobre (Colombini *et al.*, 2001; Eastaugh *et al.*, 2008), pero en la luz del debate sobre la aplicación original de resinato o su formación por degradación a través de otra veladura de cobre (Van den Berg *et al.*, 2000a), no se puede especificar el tipo de veladura concreto aplicado por el artista.

Conclusiones

El pigmento del microfragmento de pintura azul del cielo SP01 es azul de esmalte, un vidrio de potasa que tiene cobalto como mineral colorante y pequeñas impurezas naturales de arsénico y níquel. Probablemente el mineral

con el que se elaboró el vidrio fuese un arseniato de cobalto llamado *eritrina*.

El pigmento del microfragmento de pintura marrón del árbol (ramas) SP02 es básicamente sombra -óxidos de hierro y manganeso- pero está mezclado con otros pigmentos como azul de esmalte, pequeñas cantidades de blanco de plomo. Este compuesto lo mezcla el pintor para obtener tonos claros y es ordinariamente el pigmento más abundante de la paleta tradicional. También hay presencia de cobre, probablemente formando parte de una veladura de cobre. Destacamos la identificación de una partícula de bermellón que podría proceder de una mezcla intencionada para lograr una tonalidad, aunque su baja concentración inclina a pensar más en una contaminación de la paleta del pintor.

El pigmento del microfragmento de pintura marrón del ramaje (hojas)/tejado SP03 está compuesto por óxidos de hierro y tiene un alto contenido en materia orgánica. Inicialmente se muestreó como posible pigmento verde degradado a marrón pero su composición apunta a que puede tratarse de un marrón original aplicado al tejado.

El pigmento del microfragmento de pintura marrón del ramaje (hojas) SP08 y SP09 confirma la presencia de cobre, que podría ser componente de una veladura de cobre. El análisis orgánico por pirólisis indica que el pigmento claramente tiene trazas de una resina cetónica, un barniz del siglo XX utilizado en alguna fase de restauración y también ácido abiético y su variante 7-oxodehidroabiético que son claramente indicadores de una resina natural del tipo colofonia, además de otros compuestos que confirmarían la presencia de cutina como restos vegetales. Debido a la inequívoca identificación de la resina se podría considerar el pigmento como un resinato de cobre, si bien la resina podría proceder también de restos de un barniz antiguo, que no tiene por que ser el original. El *resinato de cobre* se ha identificado históricamente como un material pictórico incorporado por el artista (Eastaugh *et al.*, 2008), aunque hoy en día (Van den Berg *et al.*, 2000; Colomina y Guerola, 2011-2012) se interpreta como una reacción de la veladura original por reacción con las resinas de los barnices, que desafortunadamente, tiene una tendencia a degradarse a tonos marronáceos. El conjunto de resultados nos lleva a pensar que el pigmento original para los tonos verdes podría haber sido un verdigrís con una veladura final en ciertos puntos.

En relación a la preparación de la pintura podemos decir que no es muy uniforme y que está formada por carbonatos de calcio y yeso en diferente concentración. En la preparación de SP01, SP08 y SP09 predomina el yeso, mientras que en la preparación de SP02 y SP03 fundamentalmente hay carbonato de calcio con presencia de silicatos y en parte óxidos de hierro. En SP02 además se detectan pequeñas concentraciones de blanco de barita. Todos estos compuestos son esperables como bases de pigmentos en pintura al óleo.

En cuanto al proceso de restauración, se ha logrado devolver parte del equilibrio cromático perdido, corregir deformaciones en el soporte gracias a la correcta tensión la sustitución del viejo bastidor y recuperar el reverso original oculto tras un tratamiento innecesario de reentelado. La realización de análisis químicos a pequeñas muestras de pintura tomadas en distintos puntos de la obra han permitido constatar que el pardeamiento de los verdes de árboles y follaje se deben a la presencia de veladuras verdes alteradas de cobre (quizás transformadas posiblemente a resinatos de cobre), y este hallazgo ha marcado el límite que la limpieza químico-mecánica de la capa pictórica debía respetar, es decir, se establece como criterio de restauración el mantenimiento de la veladura original oscurecida.

En definitiva, el análisis de los pigmentos y las preparaciones ha permitido identificar su naturaleza, azul de esmalte, sombras, óxidos de hierro, veladuras de cobre, blanco de plomo, carbonatos de calcio y yeso, compatibles con la época a la que pertenece. También ha servido para evaluar su estado de conservación, lo que ha ayudado a orientar las estrategias a seguir en el proceso de restauración de la obra. De este modo se pone de manifiesto la importancia que el conocimiento de los materiales constitutivos de las obras a través de las diferentes técnicas de análisis tiene para el diseño de los tratamientos de restauración y en definitiva para ahondar en el conocimiento de la naturaleza de las obras de arte.

En lo referente a esta obra, el próximo estudio que estamos elaborando es el análisis iconográfico que ha revelado el estudio radiográfico. Esto contribuirá sin duda, a un mayor entendimiento de la obra y a un mayor conocimiento del propio autor.

Bibliografía

- ANGULO ÍÑIGUEZ, D. Y PÉREZ SÁNCHEZ, A.E. (1983): *Historia de la pintura española: escuela madrileña del segundo tercio del siglo XVII*. Madrid: Instituto Diego Velázquez, CSIC.
- BONADUCE, I., CARLYLE, L., COLOMBINI, M.P. *et al.* (2012). "New Insights into the Ageing of Linseed Oil Paint Binder: A Qualitative and Quantitative Analytical Study. PLOS ONE 7, Issue 11, e49333, doi: 10.1371/journal.pone.0049333.
- COLOMBINI, M.P., LANTERNA, G., MAIRANI, A. *et al.* (2001). "Copper resinate: preparation, characterization and study of degradation". *Annali di Chimica*, 91(11-12): 749-757.
- COLOMINA SUBIELA, A. y GUEROLA BLAY, V. (2011-2012). "Resinatos de cobre: Estado de la cuestión y su debate entre la conservación y la eliminación". *Arché. Publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV*, 6-7: 69-74.
- CRUZ VALDOVINOS, J.M. (1997): "Primer documento biográfico de Francisco Collantes". En *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología*, tomo 63, pp. 447-451. <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/>

[articulo?codigo=67606](#)> [Consulta: 16 de noviembre de 2017].

DE LA VORÁGINE, S. (2011). *La leyenda dorada*. Madrid: Alianza Editorial.

DOERNER, M. (2011). *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona: Editorial Reverté S. A, 18ª edición alemana actualizada por Thomas Hoppe.

EASTAUGH, N., WALSH, V., CHAPLIN, T. et al. (2008). *Pigment Compendium: A Dictionary and Optical Microscopy of Historic Pigments*. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, Elsevier Science.

ERHARDT D. (1998). "Paints Based on Drying-Oil Media", *Painted Wood: History and Conservation, Proceedings*, The Getty Conservation Institute, 17-32. En *Painted Wood: History and Conservation*, Dorge, V. y Carey Howlett, F. (eds.). Singapore: Paul Getty Trust, 17-32.

EXPOSICIÓN IBEROAMERICANA. *Catálogo del Palacio de Bellas Artes. Sección de Arte. Antiguo*, Imprenta de la Exposición, Sevilla, 1930.

KAAL, J., SCHELLEKENS, J., NIEROP, K.G.J. et al. (2014). "Contribution of organic matter molecular proxies to interpretation of the last 55 ka of the Lynch's Crater record (NE Australia)", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 414: 20–31.

KOLATTUKUDY, P.E. (2001). "Polyesters in higher plants", *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.* 71: 1–49.

KÜHN, H. (1993). "Verdigris and Copper Resinate". En *Artists' Pigments: A handbook of their History and Characteristics*, Vol. II, Roy, A. (coord.). Oxford: Oxford University Press, 131-158.

LAZZARI, M. y CHIANTORE, O. (1999). "Drying and oxidative degradation of linseed oil." *Polymer Degradation and Stability* 65: 10.

MILLS J. S., WHITE R. (1987). *The Organic Chemistry of Museum Objects*. Oxford: Butterworths.

NIEROP, K.G.J.; VERSTRATEN, J.M. (2004). "Rapid molecular assessment of the bioturbation extent in sandy soil horizons under pine using ester-bound lipids by on-line thermally assisted hydrolysis and methylation-gas chromatography/mass spectrometry", *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, 18: 1081–1088.

PÉREZ SÁNCHEZ, A.E. (1962): "Algunas obras inéditas y nuevas consideraciones en torno a Collantes". En *Archivo Español de Arte*, Tomo XXXV, nº 139, pp. 253-263.

ROBINET, L., SPRING, M., PÀGES CAMAGNA, S. (2011): "Investigation of the loss of color in smalt on degradation in paintings using multiple spectroscopic analytical techniques". *Analytical Chemistry*, 83: 5145-5152.

SANCHO CUBINO, N. (2004): *Revisión y reproducción de los antiguos métodos de obtención de los pigmentos de cobre. Trabajo de investigación presentado para la obtención del Diploma de Estudios*

Avanzados (DEA), Madrid: Departamento de Pintura (Pintura-Restauración), Universidad Complutense de Madrid.

SANCHO, N., SANTOS, S., DE LA ROJA, J. et al. (2004). "Variación cromática del verdigris en función de su método de obtención", *Óptica Aplicada y Pura*, 37(1): 119-123.

SANTOS GÓMEZ, S. SAN ANDRÉS MOYA, M., BALDONEDO RODRÍGUEZ, J.L. et al. (2003): "Recetas de preparación del verdigris. Resultados preliminares de la obtención de la variedad conocida como viride salsum", *Pátina*, 12: 41-52.

SANTOS GÓMEZ, S., SAN ANDRÉS MOYA, M., BALDONEDO RODRÍGUEZ, J.L. et al. (2002): "Proceso de obtención del verdigris. Revisión y reproducción de antiguas recetas. Primeros resultados". En *I Congreso del GEIC, Conservación del Patrimonio. Evolución y nuevas perspectivas*, Valencia: Grupo Español del ICC, 383-388.

SPRING, M., HIGGIT, C., SAUNDERS, D. (2005). "Investigation of Pigment-Medium Interaction Process in Oil Paint containing Degraded Smalt". *National Gallery Technical Bulletin*, 26: 56-70.

VAN DEN BERG K J.V., EIKEMA HOMMES M.H.V., GROEN K.M. et al. (2000a). "On copper green glazes in painting", *Art et Chimie. La couleur. Actes du congrès*, Paris, pp. 18-21.

VAN DEN BERG, J.D.J., VAN DEN BERG, K.J., BOON, J.J. (2002). "Identification of non-cross-linked compounds in methanolic extracts of cured and aged linseed oil-based paint films using gas chromatography–mass spectrometry." *Journal of Chromatography A*, 950: 195-211.

VAN DEN BERG, K.J., BOON, J.J., PASTOROVA, I. et al. (2000b). "Mass spectrometric methodology for the analysis of highly oxidized diterpenoid acids in Old Master Paintings", *Journal of Mass Spectrometry*, 35: 512-533.

VILLARQUIDE JEVENOIS, A. (2001). *Restauración e Conservación de Pintura sobre tea. Alteracións, materiais e tratamentos*. Ourense: Normal. Edicións de Arte.

VOORHEES, K.J. (2013). *Analytical Pyrolysis: Techniques and Applications*. Amsterdam: Butterworth-Heinemann. Elsevier.

Autor/es



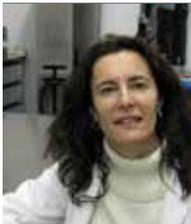
Oscar Lantes-Suárez

oscar.lantes@usc.es

Unidade de Arqueometría. RIAIDT. Universidade de Santiago de Compostela

Licenciado en Biología por la Universidad de Santiago de Compostela. Responsable de la Unidade de Arqueometría de la Universidad de Santiago de Compostela. Está especializado en el análisis de artefactos arqueológicos y bienes culturales y en

el asesoramiento especializado y emisión de informes en estos ámbitos. Ha participado en diversas publicaciones científicas relacionadas con la alteración de rocas, caracterización de biofilms, análisis de residuos orgánicos y cuantificación del color en cerámicas, análisis de huesos, estudios de procedencia en líticos prehistóricos y cerámicas así como en otras publicaciones centradas en las aplicaciones de técnicas de análisis como la microscopía electrónica de barrido o la tomografía y radiografía de rayos X.



Laura Carrera Nogueiras
laura.carrera.nogueiras@xunta.gal
Museo de Belas Artes da Coruña

Diplomada en Conservación y Restauración de Bienes Culturales en la especialidad de Escultura por la Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Galicia en Pontevedra. Diplomada en Magisterio en la especialidad de Ciencias Humanas por la Universidad de Vigo. Experto en Conservación Preventiva en Museos y Exposiciones por la Universidad de Alcalá de Henares. Restauradora del Museo de Belas Artes da Coruña desde el año 1999, donde realiza su actividad profesional como responsable del Laboratorio de Restauración. Ha participado como docente en el Máster en Técnicas de Gestión Integral del Patrimonio Cultural (2ª edición-curso 2006-2007) organizado por la USC y CSIC en Santiago de Compostela.



Filo Dorrego Martínez
filomena.dorrego.martinez@xunta.gal
Museo de Belas Artes da Coruña

Licenciada en Geografía e Historia (Especialidad Historia del Arte) por la Universidad de Santiago de Compostela. Pertenece desde el año 2003 al Cuerpo Facultativo Superior de la Xunta de Galicia, Especialidad de Museos. Trabaja desde el año 2006 en el Museo de Belas Artes da Coruña, donde realiza principalmente actividades relacionadas con la gestión documental de los fondos de la colección en el Departamento de Documentación. Con anterioridad, desarrolló su actividad profesional desde el año 1997 al 2004 en el Museo Arqueológico do Castro de Viladonga (Castro de Rei, Lugo).



Joeri Kaal
joeri@samage.net
Instituto de Ciencias del Patrimonio (Incipit), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Santiago de Compostela

Licenciado en Geografía Física en la Universiteit van Amsterdam. Doctorado en Medio Ambiente e Recursos Naturais da Universidade de Santiago de Compostela, en base de una línea de investigación realizado en la USC y el Instituto de Ciencias del Patrimonio (CSIC, Santiago de Compostela) financiado con una beca Marie Curie del ERC (FP7). Su investigación se centra en aplicaciones de la química orgánica en diversas disciplinas incluyendo la arqueometría. En este sentido, tiene experiencia con la caracterización molecular de objetos arqueológicos como materiales de pintura, carbón vegetal, joyas de resina, azabache, colágeno, cerámica y una variedad de materiales vegetales excavadas de yacimientos, utilizando principalmente la pirólisis analítica



Vanesa Mariño Calvo
mariavanesa.marino.calvo@usc.es
Unidade de Arqueometría. RIAIDT. Universidade de Santiago de Compostela

Graduada en Historia del Arte con máster universitario en Arqueología y Ciencias de la Antigüedad por la Universidad de Santiago de Compostela. Miembro IFP en el grupo de investigación *Síncrisis. Investigación en Formas Culturais* (GI-1919-SIFC), con una tesis versada en Historia Antigua. Actualmente goza de un contrato predoctoral por la Xunta de Galicia. Con anterioridad, su carrera profesional se desarrolló en el sector de la arqueología. Asimismo, ha participado en diversas publicaciones y encuentros para jóvenes investigadores y colabora con la Unidade de Arqueometría de la Universidad de Santiago de Compostela.



Antonia Domínguez Lago
tdl_gallega@hotmail.com
Unidade de Arqueometría. RIAIDT. Universidade de Santiago de Compostela

Colaboradora de la Unidade de Arqueometría de la Universidad de Santiago de Compostela, en Grado de Historia del Arte por esta misma Universidad así como Máster Interuniversitario en Arqueología y Ciencias de la Antigüedad por la Universidad de Santiago de Compostela, Universidad de Vigo y CSIC y también Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas por la Universidad de A Coruña. Ha desarrollado prácticas en el Centro Arqueológico do Barbanza, en la Unidade de Arqueometría de la Universidad de Santiago de Compostela y en el área de Geografía e Historia del IES Fontexería (Muros).

Artículo enviado el 27/02/2018
Artículo aceptado el 20/11/2018

La conservación de los valores cromáticos de la arquitectura vernácula: casos de las rancherías Wayúu

Mariolly Davila Cordido y Caterina Macchi Jánica

Resumen La incidencia de la luz sobre la tierra y la posición geográfica juegan un papel importante en la identidad del lugar. Tener en cuenta este hecho es esencial para intervenir y comprender lo tradicional de la arquitectura vernácula del Caribe colombiano. La arquitectura tradicional vernácula tiene una serie de características únicas, como sus propios métodos constructivos tradicionales que se yuxtaponen con su entorno geográfico. Esto genera auténticas y creativas paletas de color que se pueden ver en la cultura de los grupos indígenas de esa zona. Hoy en día, la arquitectura vernácula ocupa un lugar muy definido en relación a los criterios de procedimientos, metodologías de intervención y rehabilitación del Patrimonio Costero, ya que es una actividad espontánea de transmisión oral.

Palabras clave: Arquitectura vernácula, paletas de color, patrimonio colombiano, Ranchería Wayúu

The conservation of the chromatic values of vernacular architecture: cases of the rancherías Wayúu

Abstract: The incidence of light on the earth and geographical position play an important role, illustrating the identity of a place; it's essential to have in mind this situation to understand and act upon traditional vernacular architecture of the Colombian Caribbean. The traditional vernacular architecture has a series of unique characteristics, such as the very specific traditional construction methods that blend with its geographical environment. This generates authentic and creative color palettes that can be seen in the culture of the indigenous groups of that area. Nowadays, the vernacular architecture occupies an ambiguous place in relation to the criteria of procedures, intervention methodologies and rehabilitation of the Coastal Heritage, since it is a spontaneous activity of oral transmission

Keyword: Vernacular architecture, color palette, Colombian heritage, Rancheria Wayúu

A conservação dos valores cromáticos da arquitetura vernacular: casos das rancherías Wayúu

Resumo: A incidência da luz na terra e a posição geográfica desempenham um papel importante, ilustrando a identidade de um lugar; intervir e compor a arquitetura vernacular tradicional do Caribe colombiano. A arquitetura vernacular tradicional tem uma série de características únicas, como os métodos de construção tradicionais muito específicos que se misturam com o seu ambiente geográfico. Isso gera linguagens de cores autênticas e criativas que podem ser vistas na cultura dos grupos indígenas daquela área. Atualmente, a arquitetura vernacular ocupa um lugar ambíguo em relação aos critérios de procedimentos, metodologias de intervenção e reabilitação do Patrimônio Costeiro, por se tratar de uma atividade espontânea de transmissão oral.

Palavras-chave: Arquitetura vernacular, paleta de cor, patrimônio colombiano, rancheria Wayuu

Introducción

En el Caribe colombiano la incidencia de la luz en la tierra y la posición geográfica juegan un papel importante en la identidad del lugar, pues intervienen y componen la estructura del espacio arquitectónico vernáculo. La arquitectura tradicional vernácula tiene una serie de características únicas y de métodos constructivos particulares que se amalgaman con su geografía inmediata y que generan un lenguaje arquitectónico, auténtico y creativo que se manifiesta en la cultura de los pueblos indígenas del Caribe. Hoy en día, esta arquitectura tradicional no tiene definidos: los criterios, los procedimientos, las técnicas de intervención y rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico Costero.

El objetivo de este trabajo es comprender cómo a través de la arquitectura en tierra y del patrón de colores, presente en la arquitectura vernácula, se obtiene una paleta cromática que es una herramienta reguladora para un uso apropiado en la arquitectura racional en los sectores de la costa colombiana; con su empleo se posibilitaría implementar una normativa en cuanto a la determinación de las paletas de color a aplicarse tanto en las nuevas construcciones residenciales como en la restauración de las antiguas en la zona costera colombiana.

Para redescubrir y promover estos diversos legados de los constructores natos de tierra se propone una metodología multidisciplinar donde en primer lugar, se reconozcan las características ambientales y cromáticas de casos similares para luego ser aplicadas a un caso en concreto. La primera parte, es el estudio del caso de la Comunidad Indígena Jayapamana, Ranchería Wayúu en la Guajira, donde se hace un mapeo y una toma de muestras de la tierra, un estudio y un análisis, para obtener un modelo de paleta de colores. Este modelo de paleta resultante se utiliza en un caso de aplicación; concretamente en un sector del municipio de la salina: la Charca de Manaure donde se comprueba su factibilidad. Ambos lugares localizados en la región de Wopumüin, según los puntos cardinales de orientación territorial Wayúu. Esta metodología nos permite, obtener los criterios para diseñar nuevas paletas según el entorno, una previa evaluación de los impactos que podrían producir las propuestas de diseño.

La aplicación y legislación de esta paleta de colores naturales obtenida de la tierra contribuirá a la preservación del patrimonio cultural y la estética de la identidad colombiana costera. Para ello es necesario proponer normativas que regulen su aplicación sobre su patrimonio arquitectónico.

Objetivo

El objetivo de esta investigación es el reconocimiento del origen y la evolución de los valores cromáticos,

generador de paletas coherentes con el entorno natural, garantizando así la conservación del patrimonio cultural de las comunidades indígenas Wayúu.

Objetivos específicos:

Identificar en la actual legislación la falta de normativas para protección de la arquitectura indígena del Caribe colombiano sobre técnica o conocimiento tradicional relacionada a su restauración

Reconocer las características de la arquitectura tradicional vernácula a partir de un caso de estudio en la Comunidad Indígena Jayapamana.

Recolección de muestras en el entorno geográfico del caso de estudio de la Comunidad Indígena Jayapamana y de un caso específico en la salina las Charcas de Manaure.

Diseñar y comparar las paletas de colores de los diferentes entornos geográficos para hacer recomendaciones en la legislación para la restauración del patrimonio vernáculo en la zona costera de Colombia.

Justificación

El interés por estudiar la arquitectura vernácula Wayúu surge de la necesidad de reconocer los valores tipológicos de la arquitectura tradicional, así como sus valores compositivos, funcionales, tecnológicos y cromáticos, mediante el desarrollo de herramientas y metodologías que establezcan parámetros de intervención que contribuyan a la conservación integral y a su declaración como bien patrimonial de la nación.

Los núcleos habitacionales indígenas en Colombia han dado muestra de constantes transformaciones a raíz de las diversas dinámicas adoptadas, ya sea por la relación con la cultura mestiza o por la introducción de nuevos patrones estéticos, funcionales, compositivos, técnicos, estructurales en la arquitectura tradicional, o incluso por la implantación de nuevas formas de ordenar los elementos en la estructura habitacional colectiva, influenciadas por modelos cercanos en entornos urbanos o rurales. La suma de todos ellos distorsiona la configuración tradicional de las rancherías, de las viviendas y del núcleo construido, afectando sustancialmente la relación arquitectura tradicional - entorno natural como resultante cultural del grupo o comunidad que lo habita. [figura 1].

Estado de la cuestión

En Colombia se han centrado esfuerzos en investigaciones de arquitectura de época colonial (construcciones militares, fortificaciones, arquitectura religiosa, institucional y doméstica) de arquitectura



Figura 1.- Situación de las comunidades indígenas. Elaboración: propia & Vanessa Díaz Chica..

de época republicana y movimiento moderno; sin embargo la importancia y debido reconocimiento de la arquitectura vernácula al parecer no despierta tanto interés como las tipologías más reconocidas, a pesar que se encuentran algunas investigaciones y trabajos de fin de carrera, no se registran suficientes publicaciones; la bibliografía y divulgación de la arquitectura vernácula Wayúu es escasa o insuficiente y la mayoría de casos se enfocan más a aspectos compositivos, formales y tecnológicos, dejando a un lado los valores estéticos y cromáticos; con ello determinamos la carencia de estudios técnicos del cromatismo de las tipologías arquitectónicas tradicionales específicamente en la vernácula en estudio.

Legislación

La legislación existente en Colombia es para la protección tanto de un bien cultural inmueble o mueble YA declarado patrimonio. Para que la arquitectura vernácula Colombiana sea declarada Bien de Interés Cultural, debe pasar por un proceso consignado en DECRETO NÚMERO 1080 DE 2015, donde se reglamenta el sector cultural de Colombia.

La legislación para la Gestión, Protección y Salvaguardia del Patrimonio reposa en la Ley 1185 de 2008, por la cual se modifica y adiciona la Ley 397 de 1997 (Ley General de Cultura). En su artículo 4° especifica: “la obligación de todo ciudadano y en especial del Gobierno Nacional la protección, la conservación, la rehabilitación y la divulgación del patrimonio cultural de la Nación que está constituido por todos los bienes materiales, las manifestaciones inmateriales, los productos y las representaciones de la cultura que son expresión de la nacionalidad colombiana, tales como la lengua castellana, las lenguas y dialectos de las comunidades indígenas, negras y creoles, la tradición, el conocimiento ancestral, el paisaje cultural, las costumbres y los hábitos,

así como los bienes materiales de naturaleza mueble e inmueble a los que se les atribuye, entre otros, especial interés histórico, artístico, científico, estético o simbólico en ámbitos como el plástico, *arquitectónico*, urbano, arqueológico, lingüístico, sonoro, musical, audiovisual, fílmico, testimonial, documental, literario, bibliográfico, museológico o antropológico”. (Garcés; López; Ariza e Isaza 2010: 9).

Dentro del Decreto 763 de 2009 por el cual se reglamentan parcialmente las Leyes 814 de 2003 y 397 de 1997, modificada por medio de la Ley 1185 de 2008, en lo correspondiente al patrimonio cultural de la Nación de naturaleza material. Dentro del Título III: Declaratoria de bienes de interés cultural (BIC) encontramos los artículos 40, 41 y 44.

En el artículo 40 en los *Principios generales de Intervención* encontramos tres legislaciones que se preocupan por: conservar los valores, su evolución histórica y una intervención mínima.

“1. Conservar los valores culturales del bien.

2. La mínima intervención entendida como las acciones estrictamente necesarias para la conservación del bien, con el fin de garantizar su estabilidad y sanearlo de las fuentes de deterioro.

5. Respetar la evolución histórica del bien y abstenerse de suprimir agregados sin que medie una valoración crítica de los mismos.” (Garcés; López; Ariza e Isaza 2010: 73).

En el artículo 41 de la misma sección *Tipos de obras para BIC inmuebles* nos vuelve hablar de conservar los valores históricos:

“5. Restauración: Obras tendientes a recuperar y adaptar un inmueble o parte de éste, con el fin de conservar y revelar sus valores estéticos, históricos y simbólicos. Se fundamenta en el respeto por su integridad y autenticidad.” (Garcés; López; Ariza e Isaza 2010: 74).

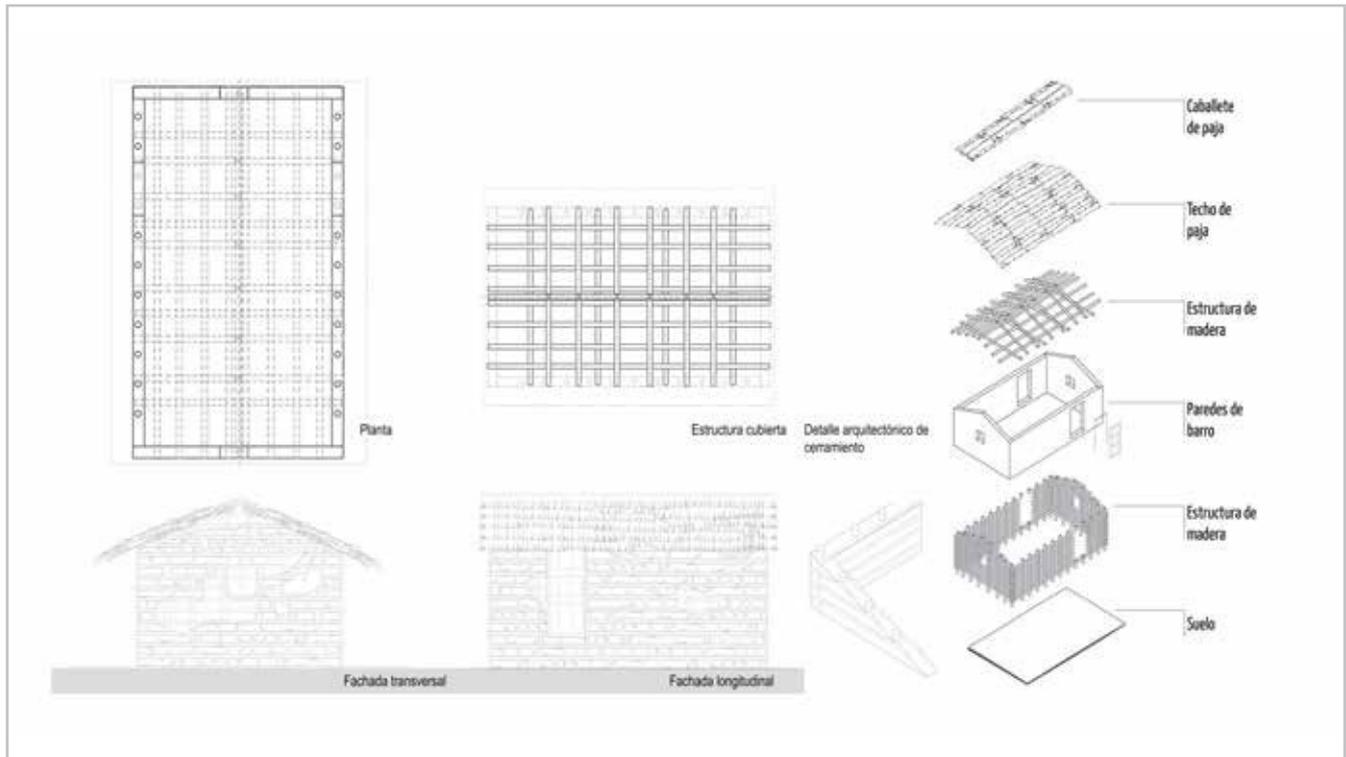


Figura 2.- Modelo de vivienda indígena. Elaboración: Propia con Omar Barboza Camargo & Camilo Guevara Oviedo.

En el Artículo 44: *Obligación de restitución de BIC por demolición no autorizada*: “Si un BIC fuere demolido parcial o totalmente, o fuere intervenido sustancialmente, sin la autorización correspondiente y en contravención de las normas que obligan a su conservación, la autoridad competente procederá de manera inmediata a la paralización de dicha actividad en concurso con las autoridades de policía o locales si fuere el caso, y ordenará al propietario o poseedor la restitución de lo indebidamente demolido o intervenido según su diseño original, sin perjuicio de las sanciones previstas en la ley”. (Garcés; López; Ariza e Isaza 2010: 76).

Como podemos observar los tres artículos, de La legislación para la Gestión, Protección y Salvaguardia del Patrimonio, sobre principios generales de intervención, solo mencionan aspectos y valores de tipo histórico, no hay especificaciones a nivel constructivos y mucho menos a nivel cromático para su restauración.

Metodología

Se propone una metodología interdisciplinaria que se desarrolla en dos etapas; la primera del caso de estudio la Comunidad Indígena Jayapamana, donde se hace un levantamiento para la recolección de información para la creación de sus paletas de color y su aplicación en la modelización del elemento vernáculo. La segunda etapa consiste en comparar su factibilidad y se desarrolla el caso de aplicación en la salina de las Charcas, en la que se hace un levantamiento del entorno, se crean las nuevas

paletas y se completa con su nueva aplicación a través del dibujo.

a) Modelo de vivienda vernácula, Piichipala

La comunidad está organizada en clanes y a su vez en sus actividades para la subsistencia y la seguridad alimentaria. El urbanismo de una ranchería está conformado por: la vivienda, la cocina, la enramada, el corral, la escuela, las áreas de cultivo, los pozos de agua y el área de los paneles solares para la producción de la electricidad. La vivienda, la enramada, la cocina y el corral están cerca, la escuela de manera arbitraria se retira de las viviendas y por último los huertos se ubican en los límites del conjunto.

El modelo de vivienda tradicional guajira generalmente es de pequeñas dimensiones con una planta sencilla y de forma regular. Su disposición en planta parte de la división del espacio en dos habitaciones en donde cuelgan las hamacas para dormir. El pavimento es de arena descubierta. El cerramiento consiste en cuatro paredes portantes con un bajo porcentaje de vanos; solo una puerta y una ventana. Estos cerramientos poseen una estructura vinculada con la mampostería de adobe o bahareque de barro. La cubierta consta de una estructura a cuatro aguas de materiales ligeros los mismos de las paredes y está recubierta con hojas de palmas secas. Este modelo se repite en el conjunto y que tiene diferentes usos; como sitio para dormir, cocina, escuela etc. [figura 2]. Según el trabajo de grado de (Marínez; Castilla, & Mejía: 1992) la vivienda Wayúu tiene las siguientes características [tabla 1]:

Nombre	Uso	Descripción
1. <i>Kalpúí.</i>	Elemento estructural de la cubierta o <i>Sulumashi</i>	Puntales centrales de la estructura portante de la cubierta y su entramado. Material: Madera Trupillo (<i>Prosopis juliflora</i>) o Aipia (en lengua indígena Wayuunaiki).
2. <i>Súsa´a</i>	Elemento estructural de la vivienda.	Elementos estructurales de cerramiento del área de ocupación de la vivienda llamadas patas o Súsa´a. Material: Madera Trupillo (<i>Prosopis juliflora</i>) o Aipia (en lengua indígena Wayuunaiki).
3. <i>Shikipala.</i>	Elemento estructural de la cubierta o <i>Sulumashi</i> .	Caballete estructura de la cubierta. Material: Madera Trupillo (<i>Prosopis juliflora</i>) o Aipia (en lengua indígena Wayuunaiki).
4. <i>Sai Wunu´u.</i>	Elemento estructural de la cubierta o <i>Sulumashi</i> .	Horquetas son los terminales de los puntales centrales de la estructura de la cubierta y de las patas o Súsa´a. Material: Madera Trupillo (<i>Prosopis juliflora</i>) o Aipia (en lengua indígena Wayuunaiki)
5. <i>Sipala.</i>	Elemento Estructural de la cubierta o <i>Sulumashi</i> .	Viga solera o durmiente que proporciona estabilidad a las patas o Súsa´a. Material: Madera Trupillo (<i>Prosopis juliflora</i>) o Aipia (en lengua indígena Wayuunaiki).
6. <i>Kulaichi.</i>	Elemento estructural de la cubierta o <i>Sulumashi</i> .	Cerchas o pares que unen el caballete con la viga solera o durmiente. Material: Madera Trupillo (<i>Prosopis juliflora</i>) o Aipia (en lengua indígena Wayuunaiki)
7. <i>Sutujuna.</i>	Elemento estructural de la cubierta o <i>Sulumashi</i> .	Correas de amarre de la cubierta donde reposan las varas de Yotojolo (<i>Stenocereus griseus</i>), madera seca y dura que se obtiene del cactus seco. Material: Tiras de cuero de chivo o lienzas de Maguey (Agave Salmiana),
8. <i>Nichou Supuekcna.</i>	Carpintería.	Puerta. Con zócalo para evitar el paso de agua y área al interior de la vivienda. Material: carpintería de madera.
9. <i>Analaaya.</i>	Carpintería.	Ventana. Material: carpintería de madera.
10. <i>Pootshi.</i>	Estructura de muros.	Barro y fibras vegetales para rellenar el entramado de los muros. Especie de argamasa de diversos materiales de origen vegetal propios del entorno natural.
11. <i>Varas de Yotojolo.</i>	Estructura de muros y cubierta.	Fibras de origen vegetal extraído del corazón seco de la planta del Cardón.
12. <i>Wunu´u Saajuna.</i>	Elemento estructural de la cubierta.	Vara estructural que evita que protege la cubierta de las brisas. Material: Yotojolo (<i>Stenocereus griseus</i>), madera seca y dura que se obtiene del cactus seco.

Tabla 1.- Modelo de vivienda indígena. Elaboración: Propia con Omar Barboza Camargo & Camilo Guevara Oviedo.

b) Paleta de color

Con la recolección de evidencias se procedió a crear un prototipo de paleta de color. El criterio escogido para ello fue través del material, que está ligado a la función del elemento arquitectónico en la arquitectura vernácula. Así los colores se establecen en tres materiales; La hojas de palmas secas, como el elemento de la cubierta a

cuatro aguas de la techumbre; la madera del Jobito o Yotojolo (Sánchez 2007), el elemento estructural del techo, de los cerramientos y de la carpintería y la tierra, para la construcción de los cerramientos de adobe y el pavimento interior.

Previo al diseño del prototipo de paleta de color, se realiza una exploración sobre los métodos de valoración

y ordenación cromática y se decide trabajar con el sistema de ordenación cromática de Albert Munsell (1905) por ser uno de los modelos de referencias cromáticas basado en las variables de tono, valor y croma; con mayor respaldo y acreditación a nivel internacional es ampliamente implementado en diversas investigaciones de arqueología y estudios cromáticos para centros históricos patrimoniales. Además de lo anterior posee una amplia gama de tonalidades idóneas para la elaboración de cartas cromáticas históricas y para el caso de la arquitectura vernácula Wayúu ofrece una extensa gama de tonos óxidos y tierras aplicables para la ordenación cromática del entorno natural en estudio es por ello que se toma como referencia la colección: The Munsell Book of Color Nearly Neutrals Collection.

Entendiendo que la ordenación cromática de Munsell consiste en un sistema alfanumérico regido bajo sus coordenadas, identifica cada color con la referencia de letras precedidas de números, los cuales determinan el valor y la saturación (Munsell 2006). Ofrece varias colecciones donde las fichas de color están dispuestas de acuerdo al sistema de ordenación cromática. Cada ficha representa un matiz, con un total de 20 fichas en pasos de 5 matices se van mostrando de ésta manera 1100 fichas. En cada página las paletas están organizadas en función del valor y croma que Munsell establece, el valor incrementa desde la parte inferior de la página hacia arriba en incrementos de 0.5, con un valor de 6 siendo los colores más oscuros y un valor de 9 siendo los más claros. El croma aumenta izquierda a derecha con incrementos de 0.5 con un croma de 0.5 siendo el más ligero o suave y un croma de 4 siendo el más fuerte. El matiz Munsell está impreso en la esquina superior derecha de cada página y los valores de los de las gamas están impresos en la escala vertical a la izquierda de cada página, los valores de croma están impresos en la escala horizontal en la parte inferior de la página. La forma estándar de describir la anotación del color es escribir la designación alfanumérica para el matiz de Munsell (H), la designación valórica para el valor (V) y el croma (C). La escala de grises se expone en valores que van desde 6 hasta 9.5 en pasos de 0.5 y un círculo de 20 pasos de matices llamado Nearly Whites, en los cuales los casi blancos tienen un valor de 9.5 y cromas que van de 0.5 a 2.5 basados en el croma máximo disponible para un matiz en particular.

Siguiendo con la metodología del proyecto de investigación se definen las paletas cromáticas de los elementos analizados correspondientes al caso de estudio y a los del caso de aplicación.

c) Etapa I: caso de estudio la Comunidad Indígena Jayapamana

Las condiciones del territorio guajiro es un espacio geográfico con extensas áreas desérticas y prolongadas

planicies, dada su cercanía al mar y su altitud sobre este que es casi nula.

La ranchería seleccionada para el estudio fue La Comunidad Indígena Jayapamana del clan Epieyú, ubicada a unos 20 minutos de Riohacha, en la zona media de la Guajira, colombiana. [figura 3].



Figura 3.- Locación de la comunidad indígena Jayapamana. Elaboración: Johan Romero

—1. Levantamiento del entorno

Para la recogida de información se hizo un análisis de su entorno geográfico, proveniente de los recursos naturales, como la tierra, el paisaje, de las plantas; especialmente del cactus y del fruto del cactus; la Higoaraya (*Opuntia ficus - indica*). Según nos explica Arelis Pana Epieyu, indígena Wayúu, miembro del clan Epieyú¹, antiguamente los cultivos propios como el algodón, arroz y maíz y otras plantas como el Fique (*Furcraea andina*) y el Maguey (*Agave Salmiana*), proporcionaban color tanto en sus viviendas como en los textiles. A partir de estas apreciaciones la profesora Rossana Llanos Díaz² recogió muestras de la vegetación, de los cactus, de la tierra y de las piedras y se hicieron registros fotográficos. Fotografías digitales para la observación del color a través de la vegetación y algunas vistas aéreas con un dron Phantom 4, que nos permitió alejarnos hasta 200 ms de altura, para el entendimiento del urbanismo de esta comunidad. [figura 4].



Figura 4.- Fotografías del paisaje de la comunidad Jayapamana. Elaboración: propia

EVIDENCIAS CASO DE ESTUDIO		
Tipo de Evidencia	Lugar de extracción	Descripción
1-A Muestrario superficial de roca.	Entorno natural cauce arroyo.	Cuarzo Metafórmico I Grado.
1-B Muestrario superficial de roca.	Entorno natural cauce arroyo.	Chert Grado I. Sedimento Biogénico.
2- A Muestrario superficial de roca.	Entorno natural cauce arroyo.	Cuarzo Roca Sedimentaria.
2-B Muestrario superficial de roca.	Entorno natural cauce arroyo ranchería <i>Jayapamana</i>	Roca Volcánica Ígnea.
3 Muestrario a superficial de roca.	Entorno natural cauce arroyo.	Cuarzo Metafórmico II Grado Formación La Quinta.
4. Muestrario superficial de roca.	Entorno natural cauce arroyo.	Chert sedimentario.
5. Muestrario superficial de roca.	Entorno natural cauce arroyo.	Cuarzo Metafórmico.
6. Muestrario de material vegetal en la Vivienda vernácula.	Vivienda vernácula.	Fibras de origen vegetal utilizada en la mezcla de barro o "Pootschi". Existe diversidad de tipos de hojas de palmas secas o ramas propias del entorno desértico tropical.
7. Muestrario de roca en la vivienda vernácula.	Vivienda vernácula.	Mezcla de barro o "Pootschi" material de relleno del entramado de los muros de la vivienda combinado con hojas de palmas secas o fibras vegetales para proteger la estructura de la erosión.
8. Muestrario de roca en la vivienda vernácula.	Vivienda vernácula.	Mezcla de barro o "Pootschi" material de relleno a manera de argamasa de relleno del entramado de muros de la vivienda.
9. Muestrario de material vegetal en la Vivienda vernácula.	Vivienda vernácula.	Fibras de origen vegetal utilizada en la mezcla de barro o "Pootschi". Diversidad de tipos de hojas de palmas secas o ramas propias del entorno desértico tropical.
10 A- Muestrario de material vegetal en la Vivienda vernácula.	Vivienda vernácula.	Vara de Yotojolo extraída del corazón seco de la planta. Cardón especie de la familia de cactáceas: <i>Pachycereus pringlei</i> . Utilizada para estructura de la cubierta.
10 B- Muestrario de material vegetal en la Vivienda vernácula.	Vivienda vernácula.	Fibras vegetales o especie de corteza de Trupillo (<i>Prosopis juliflora</i>), extraída de uno de los pilares estructurales de cerramiento del área de ocupación de la vivienda llamadas <i>Súsa'a</i> o patas.
11. Muestrario vegetación nativa.	Vegetación entorno natural.	<i>Wachepa</i> . Pigmento de origen natural a base de <i>Pali isa</i> o <i>Urisha</i> rojo vivo y <i>Mashuká</i> o <i>Paipai</i> polvo de tierra de tono castaño. Utilizado como maquillaje y protector solar para el cuerpo y rostro.
12. Muestrario vegetación nativa.	Vegetación entorno natural.	
13. Muestrario vegetación nativa.	Vegetación entorno natural.	Vara de Yotojolo extraída del corazón seco de la planta Cardón especie de la familia de cactáceas: <i>Pachycereus pringlei</i> . Utilizada para estructura de muros y cubiertas.

Tabla 2.- Caso de estudio

Clasificación de las evidencias recogidas: [tabla 2]

- Muestrario superficial de roca.
- Muestrario vegetación nativa.
- Muestrario de roca en la vivienda vernácula Wayúu.
- Muestrario de material vegetal en la vivienda vernácula Wayúu

Material vegetal del entorno natural

Recolección de evidencias de manera superficial en la zona de estudio:

Las formaciones vegetales propias del entorno son especies que definen el color de la arquitectura tradicional Wayúu de la ranchería JAYAPAMANA, zona media Guajira. Naturaleza Desértica Tropical: Guamacho (*Pereskia guamacho*), Trupillo (*Prosopis juliflora*), Opuntia (*Opuntia ficus-indica*) y el Cardón de la familia de cactáceas el más común es el *Pachycereus pringlei*. Recurrentes en el uso de estructuras de muros y cubiertas.

Monte espinoso: Cactus columnares, comúnmente utilizado para cerramientos de corrales o de cocinas y arbustos espinosos para usos estructurales de muros.

Bosque muy seco tropical: Cardón, Tuna y arbustos como el Trupillo (*Prosopis juliflora*), Dividivi (*Caesalpinia coriaria*) e Indio Desnudo (*Bursera simaruba*) (color rojizo). Recurrentes en el uso de estructuras de muros y cubiertas.

—2. Paletas de colores

A continuación, observamos las paletas obtenidas, básicamente en tres según el elemento arquitectónico; una para la estructura, otra para los techos y otra para los cerramientos y el suelo. [figura 5].

— 3. Aplicación ranchería Jayapamana

En el dibujo de doble proyección ortogonal e isométrico de la vivienda tradicional indígena podemos observar lo siguiente:

El pavimento y el cerramiento de adobe, habiéndose elaborado con el mismo material mantienen los mismos colores ocres de la tierra. La estructura que contienen los muros de adobe y la estructura de la cubierta elaborada con cactus, que en su mayoría es de tonos grisáceos. Y, por último; la cubierta, que está hecha de hojas de palmas secas, contiene la combinación de ambos colores. [figura 6].

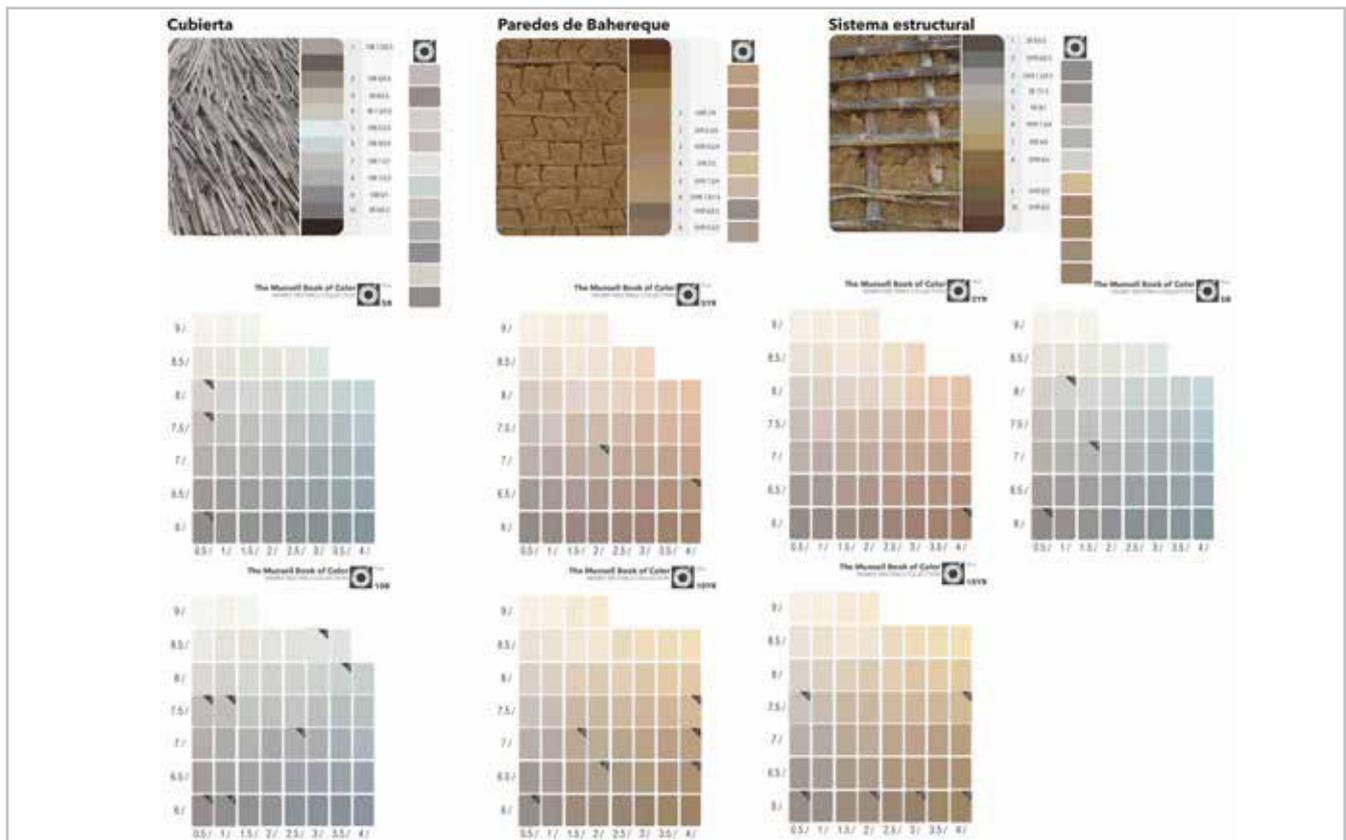


Figura 5.- Paletas de color de la Ranchería Jayapamana. Elaboración: Rossana Llanos & Vanessa Díaz Chica

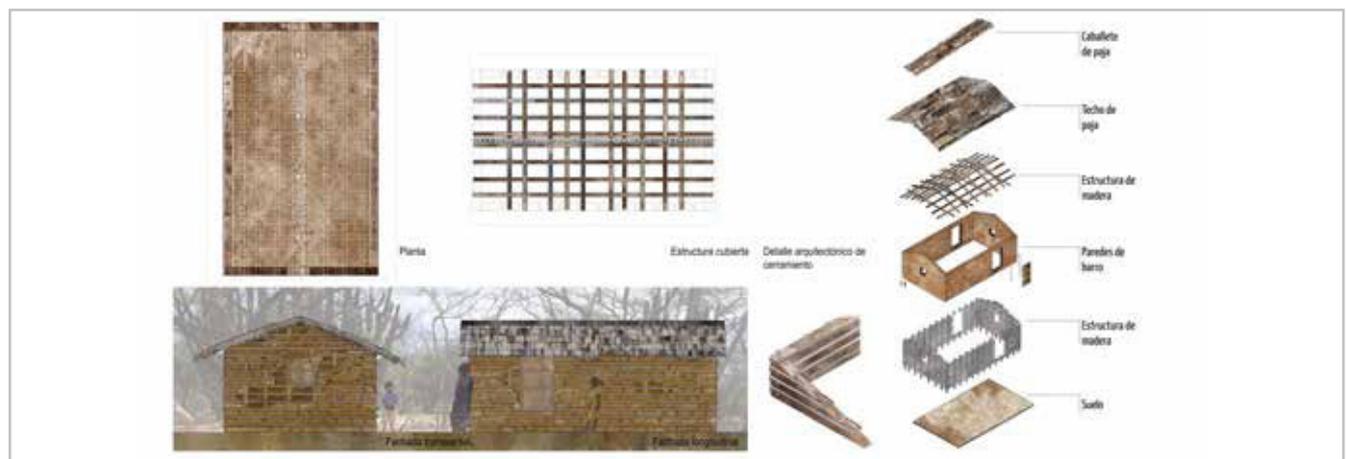


Figura 6.- Aplicación de paletas de colores en el modelo de la vivienda de la comunidad Jayapamana. Elaboración: Propia con Omar Barboza Camargo & Camilo Guevara Oviedo.



Figura 7.- Locación de la Ranchería Salina, las Charcas, Manaure. Elaboración: propia

EVIDENCIAS CASO DE ESTUDIO		
Tipo de Evidencia	Lugar de extracción	Descripción
14 –A. Muestrario superficial	Salina las Charcas, Manaure, Guajira.	Bivalvo. Fósil de invertebrado
14 –B. Muestrario superficial	Salina las Charcas, Manaure, Guajira	Bivalvo. Fósil de invertebrado con estructura depredación
15. Muestrario superficial de roca.	Salina las Charcas, Manaure, Guajira	Halita. Mineral Biogénico. Sal Marina.

Tabla 3.- Caso de estudio

d) Etapa II: Caso de aplicación ranchería Salina las Charcas, Manaure, Guajira

Para el caso de aplicación se escogió la zona de salina las Charcas de Manaure hacia el nororiente desde Riohacha por sus características geográfica. Una zona en la media guajira colombiana que conserva sus sistemas de vida artesanal como la recolección de la sal. Esto permite que la paleta cromática conserve sus características vernáculas. [figura 7].

— 1. Levantamiento del entorno: [figura 8] [tabla 3]



Figura 8.- Fotografías del paisaje de la Salina las Charcas. Elaboración: propia

• Muestrario superficial de roca.

— 2. Paleta de color

A continuación, observamos las paletas obtenidas, básicamente en tres según el elemento arquitectónico; una para la estructura, otra para los techos y otra para los cerramientos y el suelo. El elemento estructural del techo y la carpintería, otra para los cerramientos de adobe y el pavimento interior y la última para la cubierta. [figura 9]. Paletas de color.

— 3. Aplicación en las Salinas de Manaure

En el dibujo de doble proyección ortogonal e isométrico de la vivienda tradicional indígena se puede observar la influencia de los colores salinos.

El pavimento y el cerramiento de adobe, habiéndose elaborado con el mismo material mantienen los mismos colores pálidos y rosas de la tierra. La estructura que contienen los muros de adobe y la estructura de las cubiertas elaboradas con cactus, que en su mayoría es de tonos grisáceos claros. Y, por último; la cubierta que hecha de hojas de palmas secas contiene la combinación de ambos colores. [figura 10].

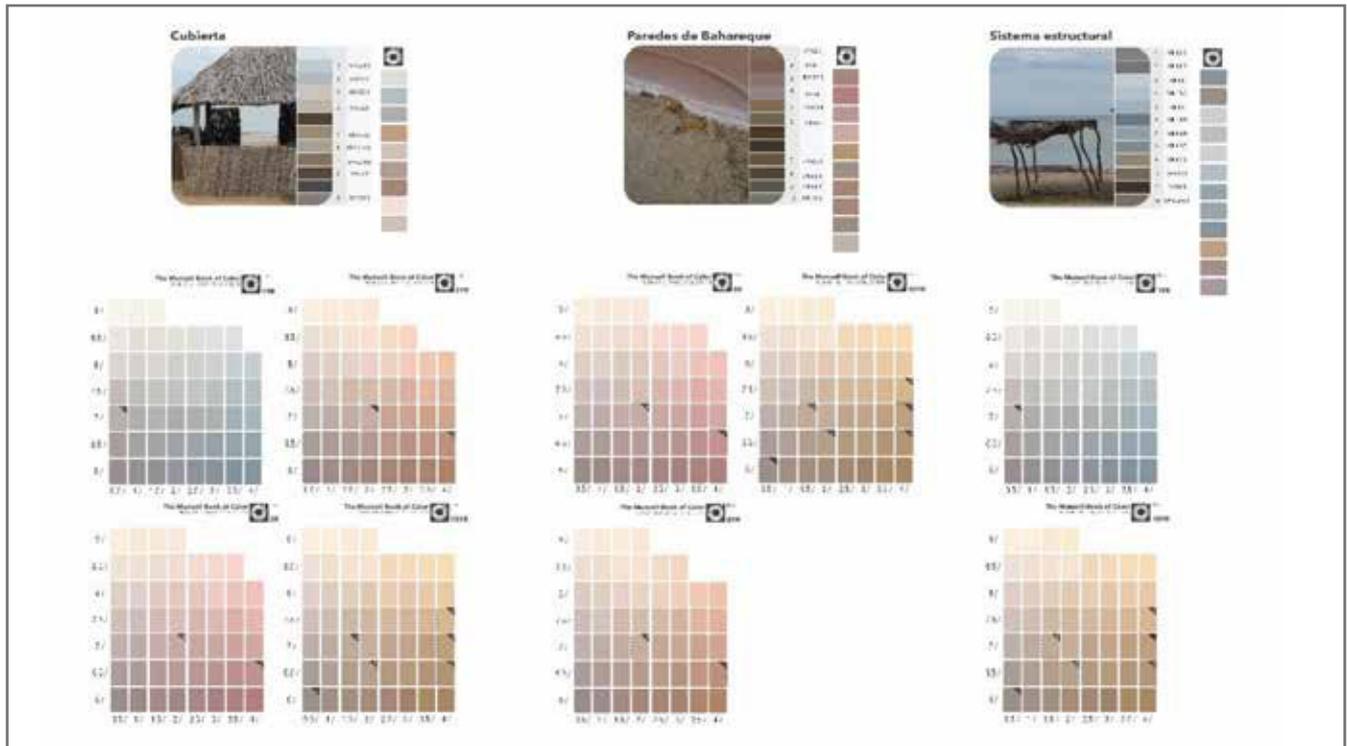


Figura 9.- Paletas de color de la Ranchería la Salina, las Charcas. Elaboración: Rossana Llanos & Vanessa Díaz Chica.

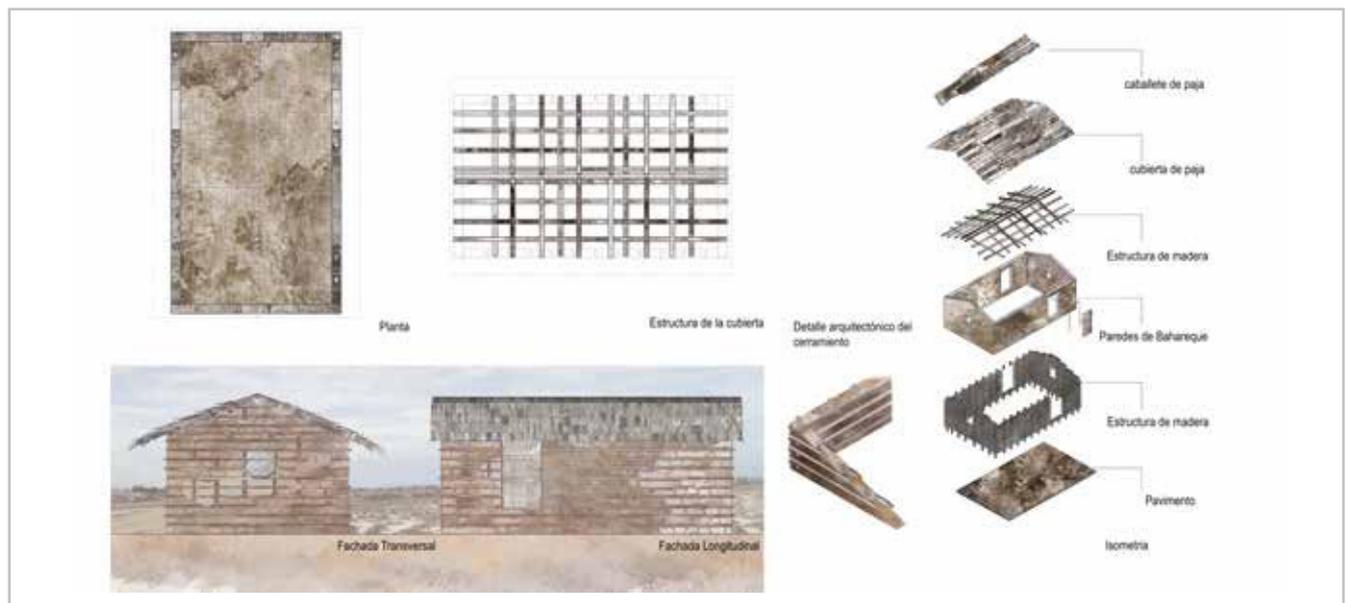


Figura 10.-Aplicación de las paletas de color en el modelo de vivienda de la Ranchería Salina las Charcas. Elaboración: Propia con Omar Barboza Camargo & Camilo Guevara Oviedo.

Propuesta de normativa para la Legislación

Después de los trabajos realizados en el caso de estudio y el caso de aplicación consideramos que:

- Se ha de iniciar el proceso para que la arquitectura indígena guajira sea declarada *Bien de Interés Cultural* de la nación, así se podrán incluir normativas para su restauración en la legislación actual.
- Y en lo referente a la legislación creemos que en la Ley

1185 de 2008 Dentro del Título III: Declaratoria de bienes de interés cultural (BIC) debe aparecer apartados donde se tome en consideración a las arquitecturas indígenas vernáculas con referencia a la técnica y al conocimiento tradicional en los dos aspectos fundamentales que la caracterizan: los valores cromáticos de la naturaleza del lugar y el sistema constructivo de las Rancherías: concretamente en la vivienda vernácula. Especificando en ella los tres materiales vegetales para los elementos constructivos que se deben respetar mínimamente a la hora de una restauración.

<i>Valores que caracterizan a la arquitectura vernácula del Caribe Colombiano:</i>	
<i>Elementos Arquitectónicos Constructivos</i>	<i>Material Vegetal según paleta cromática</i>
1. Pavimento y paredes de adobe:	Tierra del lugar.
2. Estructura de paredes, de techos y carpintería:	Maderas de la vegetación del contexto, con vara de Yotojolo, cactus.
3. Techo, cubiertas:	Hojas de palmas secas.

Tabla 4.- Valores que caracterizan a la arquitectura vernácula

Conclusiones

Las tradiciones indígenas en Colombia son manifestaciones minoritarias y se habrían de tomar medidas para su declaración y su protección. Su tradición constructiva ancestral posee valores a nivel cromático procedentes de su entorno más inmediato: la tierra y las plantas. Estos valores se han visto afectados por el impacto de compañías extractivas, colonos y misioneros, además del intercambio cultural con las Antillas (Aruba, Curazao), en donde la comercialización de los materiales ha influenciado en los tonos originales.

Por lo tanto, este trabajo presenta un acercamiento al estudio de su paleta cromática según su contexto para aportar regulaciones a la legislación vigente colombiana, para la protección y la declaración de BIC del patrimonio arquitectónico indígena guajiro.

Las conclusiones son las siguientes:

Para recoger el muestrario se definieron el contexto y la edificación vernácula. La esencia del espacio Wayúu se liga a través de la existencia y reconocimiento de su espacio territorial: su vegetación y su tierra. La vivienda Wayúu es el elemento constructivo, dentro de sus compositores de la ranchería, que alberga diferentes funciones y es el que contiene la mayor variedad de elementos arquitectónicos.

Del estudio de caso de la comunidad indígena Jayapamana y de su contexto se determinó una paleta de color basada en los elementos naturales de su emplazamiento, que a su vez establecieron los elementos arquitectónicos de la vivienda vernácula. De la vegetación se plantea la carpintería y el sistema estructural de las paredes y del techo. De la tierra: el pavimento y los muros construidos en adobe.

Teniendo como resultado el modelo de paleta del caso de estudio decidimos tomar como caso de aplicación la Ranchería Salina Las Charcas. Los resultados evidenciaron que de una manera u otra la utilización de la tierra y la vegetación siguieron definiendo el sistema constructivo. Volvimos a encontrarnos que los colores de la vegetación se concretan en la carpintería y el sistema estructural, al igual que la tierra determina su pavimento y sus paredes.

Se ratifica así el modelo de paleta cromática.

Con los modelos de paletas obtenidos del estudio se consideró que la legislación debe tener en consideración para su restauración los dos aspectos fundamentales: los valores cromáticos de la naturaleza de cada lugar y el sistema constructivo de la vivienda vernácula y que este estudio justifica acciones para iniciar los procesos para que este patrimonio sea declarado Bien de Interés Cultural.

Con ello se pretende implementar esta metodología en el estudio de otras culturas prehispánicas del Caribe colombiano que tampoco son BIC; otras comunidades indígenas como: los Tayronas, los Koguis, los Wiwas, los Kankuamos, los Ikas, etc., además de seguir con el estudio de las comunidades guajiras de Colombia y Venezuela. El estudio cromático como análisis de patrones gráficos y paletas cromáticas puede ser aplicado a otros casos de estudio, como por ejemplo los tejidos tradicionales de cada cultura: mochilas, hamacas, sombreros, calzado típico.

Notas

[1] Arelis Pana Epieyu: Directora de la Fundación Susu Wayúu con la misión y visión de visibilizar los pueblos indígenas a través del arte en Colombia. <https://arelispanaepieyu.blogspot.com.es/?m=1>.

[2] Rossana Llanos Díaz: Profesora del Departamento de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad del Norte, quien colaboró en la recolección de muestras e información para este trabajo.

Bibliografía

- ALEXANDER, C. (1981). El modo intemporal de construir. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- ÁNGEL, C. y SÁNCHEZ C. E. (1990). El bahareque en la región del Caribe. Bogotá: Publicaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.
- CORRADINE, A. (1989). Historia de la Arquitectura colombiana Volumen –Colonia 1538-1850. Bogotá: Editorial Escala.
- FONSECA M, Lorenzo. SALDARRIAGA R, Alberto. (1980). La arquitectura de la vivienda rural en Colombia Volumen 1. Bogotá: Editorial Cra. 7ª. Ltda.
- GARCÉS, M. LÓPEZ, C. ARIZA, E. ISAZA, J.L. (2010) "Legislación y normas generales para la Gestión, Protección y Salvaguardia del Patrimonio Cultural en Colombia. Ley 1185 y su reglamentación". Ministerio de Cultura República de Colombia. Bogotá, D. C., septiembre de 2010. <http://nuevamuseologia.net/wp-content/uploads/2014/12/Ley11854.pdf> [consulta: 28/5/2018].

GÓMEZ, J. (2010). "Vivienda efímera urbana ¿Arquitectura Vernácula?" DEARQ: Revista de Arquitectura de la Universidad de los Andes. 7:136-143.

MARTÍNEZ B, A. J., CASTILLA P, G. E., & MEJIA S, G. (1992). Arquitectura de la comunidad Wayúu. Cartagena: Universidad Jorge Tadeo Lozano, Seccional de Caribe. Facultad de Arquitectura.

MORILLO A. (2011) Representaciones sociales de la vivienda urbana indígena: Una aproximación desde los Wayúu en Maracaibo, Venezuela.

MUNSELL, A. (2006). The Munsell Book of Color 5R-10RP. Nearly Neutrals Collection. New York: Munsell Color Services.

RAPOPORT, A. (1972). Vivienda y cultura. Barcelona: Gustavo Gili.

SÁNCHEZ GAMA, C. (2007) "La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas" 20, 2: 242-255.

Autor/es



Mariolly Dávila Cordido

madacor@alumni.uv.es

Escuela de Arquitectura. Universitat de València.

Arquitecto y Doctorado en Comunicación Visual en Arquitectura y Diseño por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona de la UPC de Barcelona, España. Postgrados en Nivelación en Acondicionamientos y Servicios y Nivelación en Diseño y, Cálculo de Estructuras Arquitectónicas, ambos de la Fundación UPC. Barcelona, España, y Arquitecto por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UCV) de Caracas, Venezuela. Ha participado en diferentes concursos de pintura. En 1986 gana el premio nacional de pintura en el Concurso: "Pequeños Pinceles" de la Radio Nacional de Venezuela. En 1999 obtiene del programa de becas de la Fundación Gran Mariscal de Ayacucho en Venezuela el crédito educativo para la realización del doctorado en Comunicación Visual en Arquitectura y Diseño, Representación Gráfica Arquitectónica. Junto a los estudios de arquitectura, desde 1996 hasta 2012, ha desarrollado su carrera profesional colaborando en numerosas oficinas de arquitectura como Project manager, entre Caracas y Barcelona. La línea de investigación; entre proyectos de investigación, artículos y participación en congresos está relacionada con la proyección del espacio arquitectónico y su visualización tridimensional través de diferentes metodologías y herramientas que incluyen la geometría y realidades virtuales durante el proceso del diseño o en la recuperación de las edificaciones desaparecidas de valor patrimonial.



Caterina Macchi Jánica

caterinamacchi@gmail.com

Escuela de Arquitectura, Urbanismo y Diseño Universidad Autónoma del Caribe (Colombia)

Diseñadora Gráfica en 2001 Universidad Jorge Tadeo Lozano Seccional Caribe (Cartagena, Colombia). Estudió en Florencia (Italia) diseño de joyas en el Studio Arrais en el año 2003, y joyería básica y talla de piedras en la escuela Macorlyn Joyeros en la ciudad de Bogotá. Se ha dedicado a labores académicas e investigativas desde los talleres de diseño en diferentes instituciones educativas de la región Caribe, desde el año 2002 en la Universidad Jorge Tadeo Lozano y en Barranquilla (Cartagena), en LaSalle College y también como directora del Programa de Diseño Gráfico de la Facultad de Arquitectura, Arte y Diseño de la Universidad Autónoma del Caribe y en la Universidad del Norte desde el 2007, vinculación que continúa desde sus labores pedagógicas al servicio de la Escuela de Arquitectura, Urbanismo y Diseño como Docente de Tiempo Completo. Ha realizado en Italia algunos Workshops: TM Italia, Ascoli "La cocina Eco-Emocional". Industria IFI, "Coffee Experience Design". Indesit Company "Electrodomésticos Eco-Sensibles. FAAM Spa "Eco-Design y nuevos escenarios aplicados a baterías a litio". Eusebi Arredamenti Eco-Sistemas Domésticos. Revolution S.p.A. "Living Design".

Artículo enviado el 14/11/2017

Artículo aceptado el 28/09/2018

Construcción del paisaje de la Sierra de Cádiz a través de su arquitectura rural: los molinos hidráulicos

Gloria Rivero-Lamela

Segunda seleccionada en la convocatoria Joven Investigador GEIC 2018

Resumen: Este artículo¹ analiza una arquitectura rural e industrial en un entorno concreto: los molinos hidráulicos harineros en la Sierra de Cádiz. Estas construcciones productivas y anónimas, repartidas estratégicamente por el territorio, son partes constitutivas de la cultura rural y construyen el paisaje serrano, porque han colaborado en la antropización y vertebración del territorio. Son también pequeñas infraestructuras hidráulicas que responden a las condiciones hidrográficas y orográficas de la comarca, en una relación de simbiosis entre recursos naturales y sociedad. A pesar de sus valores inherentes, los molinos han quedado al margen de la valoración, catalogación y protección oficial. La metodología de investigación aplicada (con base en la Taxonomía de Bloom y de acuerdo a la *Guía Europea de observación del patrimonio rural-CEMAT*) pone en valor estas arquitecturas y ha permitido deducir la importancia de estas construcciones en la lectura histórica y logística del territorio así como su legado patrimonial, arquitectónico, artesanal y cultural.

Palabras clave: construcción del paisaje, territorio, paisaje, arquitectura rural, molino hidráulico, Sierra de Cádiz, patrimonio cultural

Construction of the landscape of the Sierra de Cádiz through its rural architecture: the water mills

Abstract: This paper¹ analyses a rural and industrial architecture in a specific environment: the water flour mills in the Sierra de Cádiz. These productive and anonymous constructions, strategically distributed throughout the territory, are constitutive parts of the rural culture and construct the mountain landscape, because they have collaborated in the anthropization and structuring of the territory. These mills are also small hydraulic infrastructures that respond to the hydrographic and orographic conditions of the region, in a relationship of symbiosis between natural resources and society. Despite their inherent values, they have been left out of the valuation, cataloguing and official protection. Applied research methodology (based on Bloom's taxonomy and according to *European Rural Heritage Observation Guide-CEMAT*) gives value to these architectures and can enable us to deduce the importance of these constructions in the historical and logistic reading of the territory as well as its patrimonial, architectonic, artisan and cultural legacy.

Keyword: landscape construction, territory, landscape, rural architecture, water mill, Sierra de Cádiz, cultural heritage

Construção da paisagem da Serra de Cádiz através da sua arquitetura rural: moinhos hidráulicos

Resumo: Este artigo¹ analisa uma arquitetura rural e industrial num contexto específico: os moinhos de farinha hidráulicos na Serra de Cádiz. Estas construções produtivas e anónimas, repartidas estrategicamente por todo o território, são partes constituintes da cultura rural e constroem a paisagem de montanha, porque colaboraram na antropização e estruturação do território. São também pequenas infraestruturas hidráulicas que respondem às condições hidrográficas e orográficas da região, numa relação de simbiose entre os recursos naturais e a sociedade. Apesar dos seus valores intrínsecos, os moinhos ficaram à margem da avaliação, catalogação e proteção oficial. A metodologia da investigação aplicada (baseado na Taxonomia de Bloom e de acordo com o Guia Europeu para a Observação do Património Rural - CEMAT) agrega valor a essas arquiteturas e permitiu deduzir a importância destas construções na leitura histórica e logística do território e do seu legado patrimonial, arquitetónico, artesanal e cultural.

Palavras-chave: construção da paisagem, território, paisagem, arquitetura rural, moinho hidráulico, Serra de Cádiz, património cultural

Introducción

Los molinos hidráulicos harineros de la Sierra de Cádiz² son arquitecturas rurales, productivas y anónimas que se reparten estratégicamente por el territorio. A su vez, son partes constitutivas de la cultura rural y construyen el paisaje serrano, porque han colaborado en la antropización y vertebración del territorio, en una relación de simbiosis entre territorio, recursos y sociedad que hasta hace poco ha caracterizado culturalmente esta Sierra. Conforman un sistema complejo compuesto, además de por los edificios, por los mecanismo y pequeñas obras de infraestructura hidráulica que posibilitaban su funcionamiento, “each one defined by the modification and stratification processes that occurred over the centuries, standing as testimonials to past cultures and events”³ (Centofanti *et al.* 2016: 95).

La existencia y supervivencia de sus más de 80 molinos hidráulicos revelan la importancia histórica de la molienda en la región, y explican la funcionalidad pasada del territorio, evidenciando la trascendencia y rendimiento de la red hidrográfica comarcal.

A pesar de sus valores inherentes, estas arquitecturas han quedado al margen de la valoración, catalogación y protección oficial, y solo los que se sitúan dentro de los límites del Parque Natural Sierra de Grazalema (37 de los 85 molinos harineros) cuentan con el resguardo de esta protección ambiental. Aunque la mayoría se encuentra en ruinas por los cambios funcionales o “mutaciones profundas” (Oliva Serrano 1997: 322) acontecidas en el medio rural y la obsolescencia de la molienda artesanal, siguen constituyendo una red de patrimonio (pre) industrial, hoy en peligro, que aporta una interesante lectura histórica y logística del territorio [figura 1].

Es preciso conocer, valorar y conservar estas construcciones porque atestiguan una serie de valores de carácter no solo arquitectónico, sino también paisajístico, social, artesanal y etnográfico al ser huellas de nuestro pasado reciente y vestigios de la memoria colectiva; valores que “permanecerán en tanto lo hagan los molinos y aquellas infraestructuras que los conectaban” (Ramos-Carranza y Rivero-Lamela 2018: 98).



Figura 1.- Molino harinero “Segundo”. Ribera del Arroyo Seco, en Benaocaz. Fuente: fotografía con dron de la autora

Objetivos

Es objetivo general de este Trabajo analizar, estudiar e investigar sobre arquitecturas rurales productivas – molinos hidráulicos- que forman parte de una entidad territorial con valores patrimoniales –Sierra de Cádiz-, integrando así arquitectura y paisaje. Se trata de realizar una nueva lectura patrimonial del territorio, utilizando los molinos como piezas a través de las cuales reflexionar sobre la construcción de su paisaje y entender y mirar la realidad global de la sierra gaditana. Como objetivos específicos se pueden enunciar los siguientes:

- Ofrecer una metodología, una base sistemática de estudio de la arquitectura rural productiva con posibilidad de ser aplicada a diferentes realidades geográficas.
- Puesta en valor de estas arquitecturas rurales menores. Extraer sus valores patrimoniales.
- Revisión de la normativa, planes, guías y cartas que repercuten en la arquitectura rural y el paisaje desde un punto de vista urbanístico, de ordenación del territorio, medioambiental y patrimonial. Presentar el marco político y normativo en el que estos bienes se encuadran.
- Estudio de la cartografía histórica de la Sierra de Cádiz. Elaboración de nuevos estratos cartográficos y nuevas planimetrías que intenten abarcar lo material y físico, la historia, la evolución y lo conceptual.

Justificación y planteamiento

La arquitectura rural productiva, conformada por molinos, pósitos, cillas, tercias, cortijos, haciendas, lagares, etc., constituye uno de los conjuntos constructivos más significativos de la edificación civil del sur de la península ibérica. Acorde a esta importancia, “el paso del tiempo ha perfilado un horizonte constructivo de una riqueza y diversidad poco frecuentes, cuyos valores y mera supervivencia, sin embargo, se han visto gravemente amenazados en las últimas décadas a raíz de las transformaciones que han afectado al medio rural” (Olmedo Granados 2002: 15). Estas arquitecturas explican el territorio en el que se sitúan, e incluso en su estado actual de desuso y letargo, justifican la estructura social, cultural y económica de una región.

Partir de estos elementos para reflexionar y observar el territorio puede dar lugar a interesantes lecturas patrimoniales del mismo y construcciones de sus paisajes. Se elige como ámbito de estudio la comarca de la Sierra de Cádiz. Situada en el extremo nororiental de la provincia, esta región cuenta con unos aspectos fisiográficos, paisajísticos y humanos diferenciadores. Limita con Sevilla al norte y con Málaga al este. Al sur, la sierra Aljibe constituye una clara diferencia desde el punto de vista litológico. El límite occidental supone

el contacto entre campiña y sierra, que se produce de forma brusca debido a los relieves que se extienden de norte a sur desde la sierra de Nava hasta las estribaciones de la sierra de Ubrique. Esta delimitación se ajusta a la que propone la actual Comarcalización Agraria (2012) del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Sin embargo, no coincide con la Unidad Territorial (UT) que establece el Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía (POTA), que unifica las Serranías de Cádiz y Ronda (enmarcándolas en una UT organizada por *Redes de Ciudades Medias Interiores*), al igual que la *Demarcación de Paisaje Cultural* que establece el Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (IAPH).

Las condiciones hidrográficas, orográficas y culturales de la comarca (el carácter "serrano" al que alude Escalera Reyes, 1980: 274) han definido una forma de ocupación territorial determinada por la dispersión y estructuración en pequeñas propiedades, y un sistema socioeconómico sustentado por las actividades agrícolas, ganaderas y, con gran significación, una industria artesana basada en el aprovechamiento de los ríos: la molienda. Todos estos aspectos, unidos a los procesos históricos de aislamiento de la comarca, han propiciado la supervivencia de una de las arquitecturas rurales productivas por antonomasia: los molinos hidráulicos. Este Trabajo ha contabilizado, localizado e inventariado un total de 85 molinos a través de compaginar el estudio y análisis de fuentes históricas (tanto documentales como cartográficas) con el trabajo de campo [figura 2].

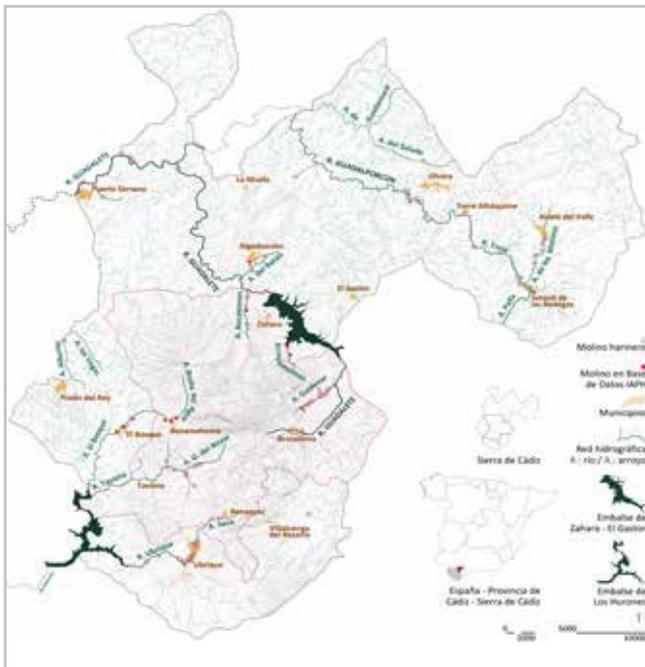


Figura 2.- Plano del medio físico y territorial de la Sierra de Cádiz: topografía, hidrografía y municipios. Localización de los 85 molinos hidráulicos. Área delimitada: 37 molinos estudiados individualmente. Fuente: elaboración propia a partir de la Base Cartográfica de Andalucía básica de 2013, Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA)

Origen de vida y cultura, los molinos han sido generadores de infraestructuras de comunicación –camino, cañadas, veredas y sendas- y pequeñas obras hidráulicas –canales, acequias y estanques-, y han convivido de forma asociativa con los núcleos de población cercanos, con otras construcciones rurales y con las tierras de cultivo.

Además de ser objetos de análisis en sí mismos, los molinos suponen un medio para mostrar la entidad geográfica y los paisajes de la comarca objeto de estudio, la Sierra de Cádiz. Estos valores esenciales, junto a la singularidad que estas arquitecturas poseen, su constante proceso de deterioro, tanto por la escasa protección a la que están sometidos como por la falta de uso en que se encuentran muchos de ellos y la inexistencia de inventariado y catalogación⁴ han impulsado y motivado la elección de este tema como punto de partida de esta investigación. Asimismo, la bibliografía sobre este tema en el ámbito concreto de estudio es muy escasa (destacan las valiosas aportaciones de Javier Escalera Reyes en los años 80), por lo que se precisan estudios que aborden estas cuestiones y desvelen estas arquitecturas olvidadas.

Dado el sentido productivo y su condición de hábitat, estas arquitecturas rurales denotan una estrecha dependencia del contexto geográfico, convirtiéndose en testimonios palpables de cultivos, sistemas de explotación, estructuras de propiedad y otros factores decisivos en el modelado y evolución de un territorio concebido como un artificio; una construcción cultural que compendia todas las transformaciones del medio para adaptarlo a las necesidades de las sociedades que lo habitan [figura 3].

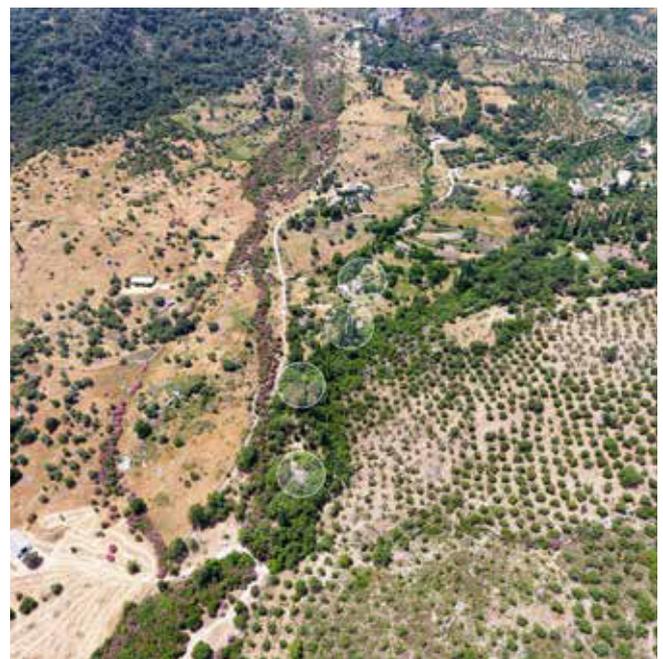


Figura 3.- P.- Tramo de la ribera del Gaidóvar, en Grazales. Presencia de 6 molinos (dcha. a izq.): Molino "de la Cruz", "El Rincón", "El Pero", "El Portal", "El Algarrobo" y "La Pasá de Zahara". Fuente: fotografía con dron de la autora

Como afirma J. B. Jackson (1984: 8), "a landscape is not a natural feature of the environment but a synthetic space, a man-made system of spaces superimposed on the face of the land, functioning and evolving not according to natural laws but to serve a community (...). It is one thing that all generations and all points of view have agreed upon"⁵.

Se plantea en este trabajo plasmar estas alteraciones -o acuerdos en la construcción del paisaje- mediante nuevas cartografías territoriales. Un punto de vista muy interesante sobre la importancia de la arquitectura -la tecnología- en la dinámica morfológica del territorio la proporciona Vittorio Gregotti (1972: 84), quien sostiene que "los elementos de transformación histórica de la figura del paisaje van desde la variación climática y estacional a los sistemas de colonización, abarcando la culturización de los fenómenos de retorno del elemento natural (...) pero de modo más amplio, a las figuras que, más allá de toda intención, la explotación productiva crea a partir de la modificadora intervención tecnológica".

La construcción del territorio y por ende, del paisaje, se verifica en una escala espacial y temporal que supera la dimensión local; por eso este estudio debe realizarse desde todas las escalas posibles, en las que el objeto -los molinos hidráulicos- y el territorio -Sierra de Cádiz- fijan los límites físicos, mínimo y máximo del estudio, que no constituyen, sin embargo, dos niveles de reflexión estancos y opuestos: una visión holística de la arquitectura rural productiva que, a pesar de su carácter disperso, da lugar a interesantes redes, proporcionando nuevas lecturas del territorio, ofreciéndonos las claves para entender su estado actual. Desde el extremo de la edificación, su análisis resulta esencial a la hora de comprender su arquitectura como una parte más del territorio, piezas que, cuando son miradas, construyen el paisaje que se pretende mostrar.

Metodología

Con base en la taxonomía de Bloom (conocimiento-comprensión-aplicación-análisis-síntesis-evaluación) y de acuerdo a las directrices europeas de observación del patrimonio rural⁶, se plantean unos descriptores generales y procedimientos (en muchos casos solapados en el tiempo) que generan los textos, dibujos y cartografías encaminados a alcanzar los objetivos propuestos:

CONOCIMIENTO Y COMPRENSIÓN. *Revisión de antecedentes, estado de la cuestión y localización de los molinos hidráulicos*

—1. **Precisar el proyecto:** construcción del paisaje de un

territorio a través de su arquitectura rural, los molinos hidráulicos.

—2. **Adquisición y profundización:** En el conocimiento del territorio, del paisaje y de la geografía cultural, así como de la arquitectura rural.

—3. **Análisis:** Del marco administrativo y normativo que encuadra el tema de estudio.

—4. **Elegir un área e identificar el patrimonio rural:** la Sierra de Cádiz y sus molinos harineros, ya que es susceptible de un enfoque global por constituir una unidad biogeográfica y una "región cultural" (Suárez Japón 1982). Conocimiento objetivo del área.

Esta es la etapa orientada a establecer el marco teórico y a contabilizar los antiguos molinos hidráulicos de la Sierra. Con ese fin, las fuentes de información más importantes para aproximarnos a la distribución de los molinos hidráulicos son, ordenadas cronológicamente, los siguientes:

- F1: *Catastro de Ensenada* (1750-1754): de las 40 preguntas de esta encuesta interesa la número 17. En sus respuestas se encuentra información sobre el número de molinos existentes en cada pueblo, y para cada uno de ellos, el número de empiedros que poseía, la identidad de su propietario, la renta que procuraba a él y al molinero, el número de meses al año en los que se encontraba en funcionamiento, su tipología constructiva, etc. [figura 4].

- F2: *Diccionario de Madoz* (1846-1850): el dato que nos atañe se recoge en la información acerca de la *Industria* de cada término, donde se indica el número de molinos harineros y otras fábricas, aunque en muchas ocasiones no se precisa la cantidad, aludiendo a *varios* o *porción de molinos harineros* [figura 5].

- F3: *Minutas planimétricas* (1873-1874): son mapas manuscritos en papel, elaborados como trabajo previo a la realización del primer Mapa Topográfico Nacional (MTN). Las minutas se dibujan por cada municipio y constituyen la base gráfica existente más antigua, técnica y homogénea para todo el territorio español, coincidente con la plena actividad de las pequeñas industrias rurales (como molinos, ranchos, batanes...). Además de situar las arquitecturas dispersas, muestran aspectos del medio físico oportunos para la lectura e interpretación del paisaje que se acomete: accidentes geográficos, red hidrográfica, red viaria, cultivos (especificando clase, tipo y ocupación). La información toponímica que recogen, tanto de las arquitecturas rurales como de los ríos y vías de comunicación, la precisión en la ubicación de las construcciones, su registro y el de caminos hoy desaparecidos, convierte a las minutas

en documentos patrimoniales de gran valor [figura 6]. En esta investigación constituyen la fuente de información histórica más fiable para el recuento y ubicación de los molinos harineros. Esto ha motivado la recomposición del mapa comarcal de la Sierra de Cádiz –inédito– de 1874, para el análisis regional de la red de infraestructuras territoriales y arquitectónicas que posibilitaba la producción de harina en el siglo XIX (mapa conceptual con base en las Minutas [figura 7]); también se estudia cómo ha llegado esa urdimbre de caminos, ríos, canales y molinos a la actualidad.

- F4: *Aportaciones de Javier Escalera Reyes* (1980-1984).

- F5: *Base de Datos del Patrimonio Inmueble de Andalucía del IAPH.*

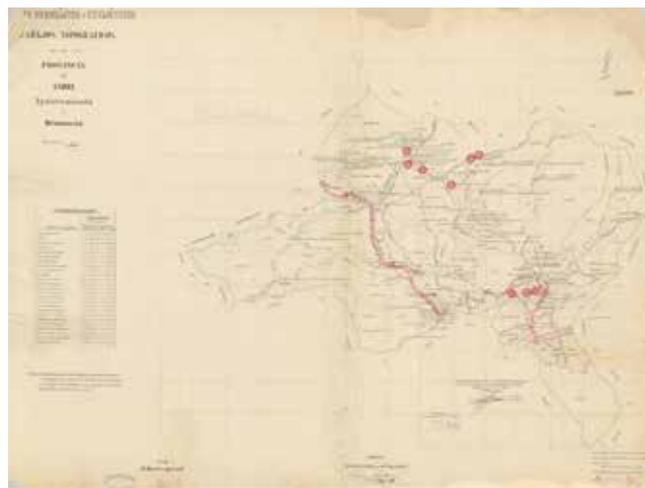


Figura 6.- Minuta Planimétrica del término municipal de Benaocaz. 1873. Localización de 10 molinos hidráulicos. Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

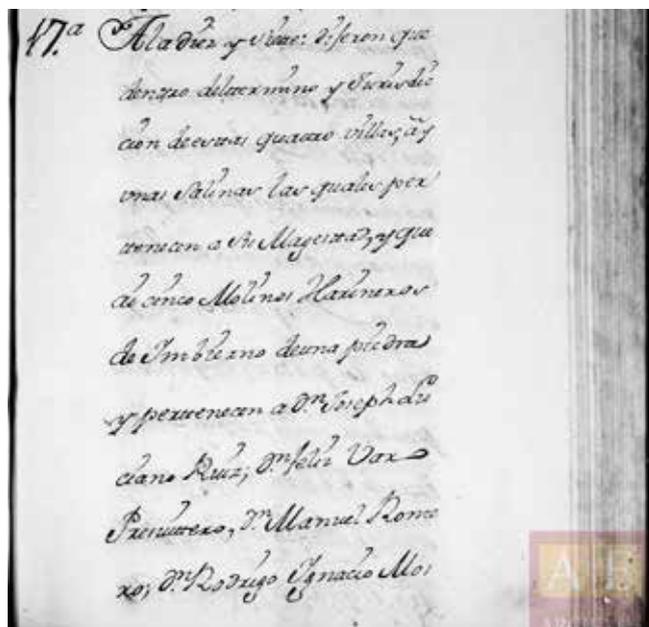


Figura 4.- Grazales. Respuesta a la pregunta nº 17 del Catastro de Ensenada. Código de la imagen: AGS_CE_RG_L288_540. Fuente: Portal de Archivos Españoles (PARES). Parte de la transcripción: "... dijeron que dentro del término (...) ai cinco Molinos Harineros de Imbierno de una piedra y pertenecen a...; y que ai doce de Agua continua en el Rio de Gaidobar, y Benamahoma, los quales pertenecen, el primero del Imo. Señor Duque de Arcos y tiene dos piedras, el qual le produce..."

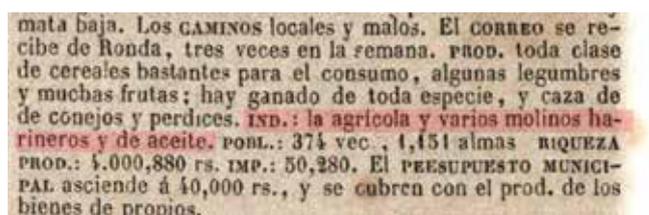


Figura 5.- Zahara. Diccionario de Madoz. Tomo XVI, p. 448. Fuente: Biblioteca Virtual de Andalucía. Consejo de Cultura. Junta de Andalucía. Parte de la transcripción: "IND.: la agrícola y varios molinos harineros y de aceite"

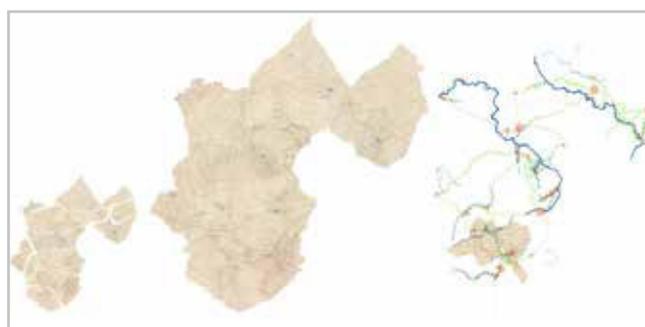


Figura 7.- Mapa de la comarca de la Sierra de Cádiz conformado por las Minutas Planimétricas de sus 14 municipios, 1873-74. Dcha.: Mapa conceptual de las infraestructuras históricas de la producción de harina de la Sierra de Cádiz Fuente: elaboración propia a partir de las Minutas de cada municipio procedentes del IGN

Cada una de las fuentes utilizadas contabiliza un número distinto de molinos [tabla 1], por lo que se precisa actualizar esta información con el necesario trabajo de campo que permita "confrontar la teoría con la práctica en la búsqueda de la verdad objetiva" (Cabrera García 2018: 85).

Tabla 1.- Molinos hidráulicos harineros de la comarca Sierra de Cádiz según las diferentes fuentes de información utilizadas. F1: Catastro de Ensenada. F2: Diccionario de Madoz. F3: Minutas planimétricas. F4: aportaciones de Javier Escalera Reyes. F5: Base de Datos de Patrimonio Inmueble del IAPH. Fuente: elaboración propia

	F1	F2	F3	F4	F5
Nº de molinos	61	36	81	63	12

APLICACIÓN Y ANÁLISIS. Establecimiento de cuestiones que intentan ser respondidas mediante planos, dibujos y textos, dibujos.

— **5. Trabajo de campo:** Al conjunto previo de saberes centrados en la “materialidad de lo rural” (Guerra de Hoyos 2008: 19) se le incorpora una segunda mirada: la del trabajo de campo, necesario tanto para verificar la ubicación y comprobar el estado de conservación de los molinos, como para interpretar y construir el propio paisaje que, como concepto subjetivo, necesita de la interacción con el territorio, con el lugar. “Our personal sense of place depends upon our own experiences and sensibilities. It is unique to each of us in its content and in the way it relates to general social definitions of places. Thus each of us creates and accumulates places”⁷⁷ (Meinig 1979: 3).

El trabajo de campo, organizado por riberas, se ha realizado en junio, julio y agosto de 2016. En primer lugar, como trabajo preparatorio previo, ha sido necesario identificar los molinos hidráulicos a nivel documental (Minutas Planimétricas antes mencionadas); en segundo

lugar, la traslación a la planimetría actual. Para ello, se abren tres vías. Por un lado, se ha trabajado con la última actualización del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25000 (hoja 1050) disponible en el IGN (en estos mapas se detectan muchas ausencias de molinos) y con los archivos topográficos vectoriales (dwg) disponibles en la Base Cartográfica de Andalucía del IECA. Por otro, y una vez se tenían los molinos con la localización más aproximada posible en versión cad, se ha utilizado GoogleMaps© para crear un archivo kmz con el emplazamiento de los molinos [figura 8]. Muchos molinos mantienen su infraestructura distintiva -caos, cubos y en ocasiones embalses- perceptibles desde la visión aérea que proporciona GoogleMaps©, por lo que su ubicación resulta más rápida al contar con sus coordenadas geográficas exactas. Esto permite estudiar su accesibilidad con el propio GoogleMaps© (caminos, veredas o carriles más próximos al molino concreto). Pero muchos otros molinos son imperceptibles desde las imágenes aéreas, bien porque sus rasgos definitorios han desaparecido, bien porque se encuentran en ruinas o bien porque la abundante vegetación que los suele

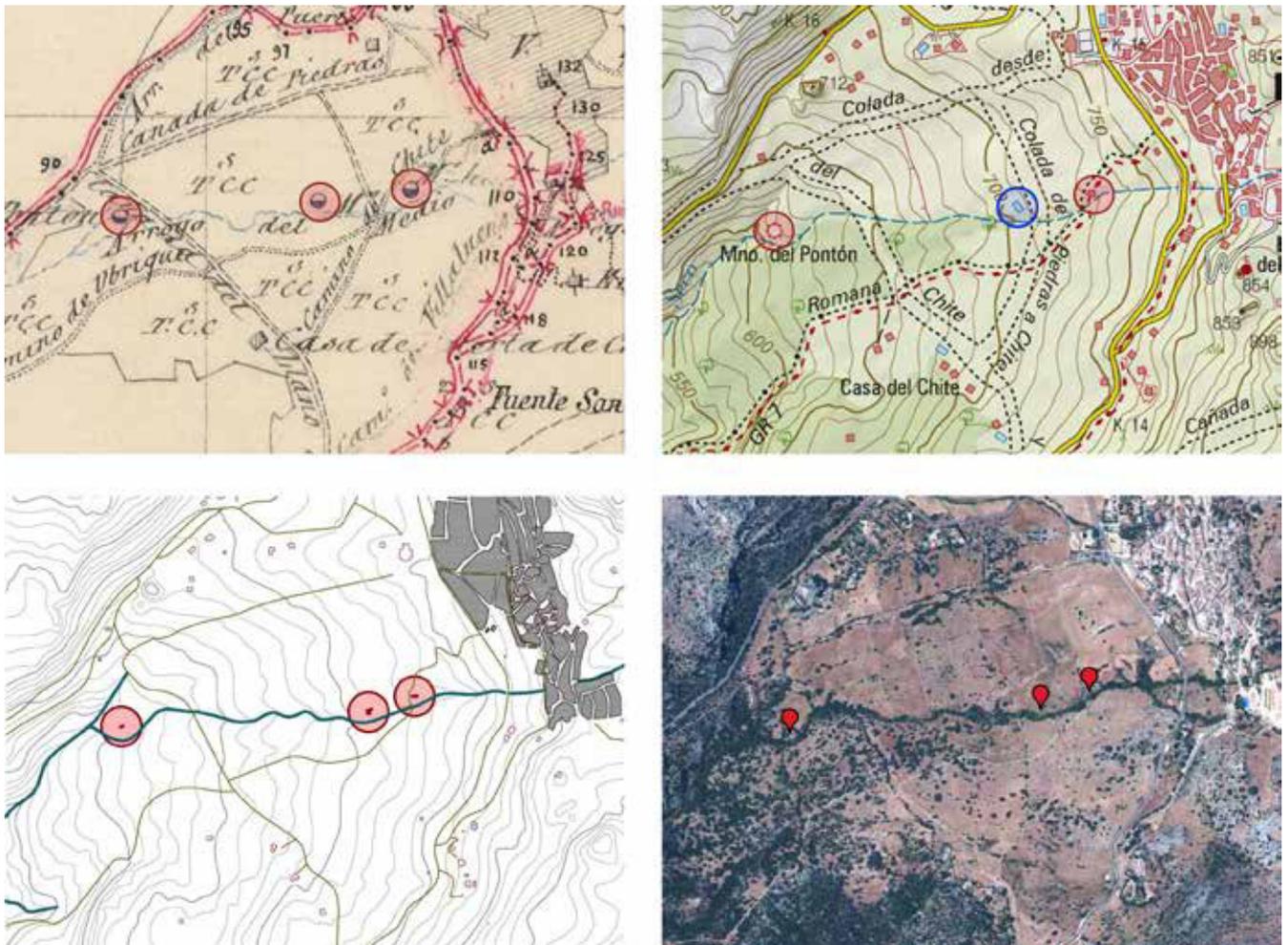


Figura 8.- Mapas sincronizados de la ribera del Arroyo Seco, en Benaocaz. Localización de 3 molinos hidráulicos: “Primero”, “Segundo” y “El Pontón”. Siguiendo el orden de escritura: Minuta Planimétrica 1873; Mapa Topográfico Nacional escala 1:25000; archivos topográficos vectoriales; kmz de GoogleMaps©. Fuentes: elaboración propia a partir de los mapas disponibles en el IGN, IECA y GoogleMaps©

acompañar dificulta su visión. El icono de molino harinero en la minuta cartográfica (un círculo azul semicoloreado) se extrapola a un terreno amplísimo en la realidad, añadiendo a esto la posibilidad de que el molino haya desaparecido por completo en la actualidad. Una vez realizado este trabajo preparatorio, se desarrolla el tercer requisito: la expedición. Con el mapa kmz elaborado con GoogleMaps®, ha resultado imprescindible, ya en el terreno, un dispositivo móvil donde poder visualizarlo. También ha sido importante disponer de GPS, de manera que se fuesen marcando posición y movimientos. Las jornadas estaban programadas para visitar una media de 3 o 4 molinos por día. Igualmente, para ampliar la escala del trabajo y disponer de otro punto de vista, de una mirada más, se ha hecho uso de un dron, lo que ha permitido obtener interesantes perspectivas de los molinos y su entorno [figuras 1 y 3].

El trabajo de campo ha permitido contabilizar y localizar un total de 85 molinos hidráulicos en la Sierra de Cádiz. Este paso conlleva la realización de un inventario de los molinos de la zona, integrando la información obtenida a partir del análisis documental y la toma de datos *in situ* mediante fichas técnicas según modelo diseñado para esta investigación.

— **6. Fichas de molinos:** La relación de molinos hidráulicos estudiados individualmente son los que corresponden a los términos municipales que principalmente conforman el Parque Natural Sierra de Grazalema: Zahara de la Sierra, Grazalema y Benaocaz [figura 2]. Las fichas técnicas diseñadas se componen de dos hojas, cada una nombrada con el siguiente código: X-Y_1/2 y X-Y_2/2, donde X es la inicial del municipio donde se encuentre el molino e Y es el número del molino estudiado (estos se numeran siguiendo el sentido de la corriente del cauce) [figura 9]. Este criterio es el que se ha seguido en la elaboración de nuevas planimetrías. La primera hoja de las fichas corresponde a la localización del molino concreto en la Sierra de Grazalema. La segunda hoja de las fichas consta de los apartados que se enumeran y explican en la primera parte de la figura 9.

— **7. Captar las relaciones y los vínculos:** Que establecen los molinos hidráulicos con el territorio, con los caminos, con otras construcciones y con la sociedad. Estudiar la evolución: la evolución histórica, por la datación y por el análisis del contexto en el que han surgido los molinos hidráulicos; la evolución de los paisajes, de las construcciones y de sus usos, de los cultivos y usos del suelo, de las condiciones sociales y culturales...

— **8. Elaboración de nuevas planimetrías:** La elaboración de nuevas planimetrías puede ser uno de los métodos más explicativos y esclarecedores para plasmar análisis y estudios del territorio, siempre con base en planos históricos. Se realizan en esta investigación 8 mapas que responden a distintas escalas y tiempos: nivel provincial –Cádiz-, comarcal –Sierra de Cádiz- y subregional –parte del Parque Natural Sierra

de Grazalema-, dibujando en cada caso la orografía, hidrografía, red viaria, infraestructuras históricas [figura 10] y actuales para solaparlas y extraer conclusiones, y cultivos históricos, y superpuestos a todos ellos, siempre, la red de molinos hidráulicos.

— **9. Organización de la información:** Se hace necesario codificar todo este conocimiento a través de la elaboración de bases de datos.

SÍNTESIS Y EVALUACIÓN. Construcción del paisaje y conclusiones.

— **10. Miradas:** El conocimiento teórico y objetivo previo, tanto de la zona objeto de estudio y su realidad física como de la base conceptual del paisaje deriva, con el fundamental trabajo de campo, en una mirada personal hacia el territorio, una visión del mismo que se traduce en una construcción del paisaje, una creación emocional. Estas miradas se llevan a cabo a través de la expedición, de jornadas de trabajo de campo por las diferentes riberas de la Sierra de Grazalema, y se transmiten a través de fotos y ortofotos realizadas con dron, textos, reflexiones y dibujos [figura 11]. Los dibujos, de elaboración propia, intentar sintetizar los aspectos claves del paisaje; así, la mirada se plasma a través de una representación gráfica que es personal pero pretende ser fidedigna a la vez, reconociendo de esta forma el carácter eminentemente visual del paisaje e introduciendo al observador/lector en el proceso de configuración de la imagen paisajística. Estas miradas se analizan a través de unos elementos y componentes paisajísticos cuya interacción genera un paisaje determinado, propio, con matices diferenciadores para cada ribera. Como afirma González Fraile (2009: 17), “el paisaje no es sino la razón completa de una realidad, de un plegamiento de órdenes y armonías no bien conocidos: en definitiva, el argumento que fundamenta un contexto. El arquitecto debe saber leer el texto o los textos presentados por el paisaje. Desvelar el guión, el de la historia y el del futuro, el del material y lo que evoca”.

Resulta imposible establecer una lista única de componentes paisajísticos. Las dimensiones y características propias del territorio, los fundamentos teóricos así como la experiencia de las expediciones han conducido a establecer las siguientes pautas de observación: rasgos físicos (topografía y forma del terreno, vegetación y usos de suelo, horizontes...), percepción (temperatura, viento, sombra, color, luz, intensidad, sonidos...), relaciones (de los molinos con la topografía, con el río, con los caminos y sendas...), distancias (entre molinos, con otras arquitecturas dispersas, con el núcleo de población...), vinculaciones (molinos conexos, inconexos, molinos en simbiosis con la naturaleza por contribuir a los sistemas de regadío...), resiliencia (re-habilitaciones, dilataciones, la ruina conservada o el olvido) y materialidad (construcción, materiales, técnicas...).

Aportaciones relevantes

La metodología aplicada trata de poner en valor los molinos hidráulicos de la Sierra de Cádiz e interpretar el territorio a partir de estas arquitecturas. De esta manera, se preservan unos paisajes rurales poco valorados y una memoria colectiva que tienen en estos edificios rurales y productivos su principal espejo. Para estimar, valorar, proteger y aprender de estos paisajes patrimoniales se hace necesario conocer objetivamente el territorio y el objeto y, paralelamente, re-conocer cómo se han modelado con el paso de los años. Es esta la finalidad primordial de la investigación que trata de argumentarse a lo largo de todo el trabajo, aunque se pueden destacar aportaciones concretas y determinadas:

- El inventario de los molinos hidráulicos existentes en la Sierra de Cádiz, información inexistente. Para ello, se ha diseñado un modelo de ficha técnica [figura 9] que integra la información obtenida a partir del análisis documental y la toma de datos del trabajo de campo y aportan información sobre su identificación, caracterización, referencias, emplazamiento y vista. Este material facilitaría su inclusión en las bases oficiales del IAPH.
- La datación fotográfica con ortofotos realizadas con dron de los molinos hidráulicos y su entorno, de los paisajes de la Sierra de Cádiz.
- La elaboración de nuevas planimetrías territoriales de la comarca con la ubicación de los molinos hidráulicos: descriptivas y objetivas; subjetivas y de síntesis. Todas ellas plasman análisis y estudios del territorio, expresando estados pasados, presentes, transformaciones y evoluciones, siempre con base en planos históricos y reconocimiento directo del territorio.

Conclusiones

Sobre el objeto de estudio.

Los molinos hidráulicos de la Sierra de Cádiz constituyen uno de los conjuntos constructivos más valiosos, sustanciales y didácticos de la arquitectura de la comarca por diversos motivos:

- Por conformar una red de más de 80 molinos extendida por las riberas serranas; son las edificaciones rurales de carácter industrio-artesanal (sin incluir los ranchos o casas de campo) principales y más numerosas de la Sierra de Cádiz, superando a batanes, cortijos, almazaras, cillas, tercias o pósitos.
- Por ser partes constitutivas de un paisaje con valor patrimonial, explicativas y constructoras del territorio en el que se sitúan.

- Por contribuir a justificar la estructura social, cultural y económica de esta región, permitiendo obtener una lectura logística del territorio.

- Por ser origen de vida y cultura, generadores de estructuras viarias, caminos y sendas.

- Por ser soporte del patrimonio inmaterial, parte fundamental del patrimonio cultural y ser expresión de la sociedad serrana al englobar los saberes de la que fue una de las principales actividades de la comarca, la molienda.

- Por poseer todos ellos características constructivas, formales, espaciales, funcionales y simbólicas comunes que permiten establecer una clasificación: la totalidad de los molinos que aparecen en la Sierra de Cádiz son de rueda horizontal o *rodezo*, poseen uno o dos *cubos* y pueden o no tener estanque.

- Porque, a pesar de tener características comunes, existen matices diferenciadores entre los molinos de diferentes riberas, lo que enriquece y estimula su estudio global comarcal.

- Por ser prototipos arquitectónicos, es decir, arquitecturas que enseñan valores constructivos y estrategias de diseño "que ayudan a entender la lógica de la arquitectura por encima de los avances y descubrimientos producidos por ciencias, ingenierías e industrias" (Ramos-Carranza 2013: 15): por la precisión de los medios empleados, por resolverse de manera eficaz, por ser arquitecturas sustentadas en la topografía y las infraestructuras geográficas naturales, por integrarse en el contexto en perfecta armonía con el medio, emanando del propio territorio...

- Por ser arquitecturas sostenibles, que emplean recursos del entorno no contaminantes y energías renovables, y contienen "inherent, unwritten information about how to optimize the energy performance of buildings at low cost using local materials"⁸ (Zhai y Previtali 2010: 357). En el caso de los molinos hidráulicos, el agua es la fuerza motriz. Esta, canalizada por las conducciones que aprovechan y soslayan la topografía, se usa para regar cultivos y huertas circundantes, y se devuelve al cauce una vez es activado el mecanismo del molino, creándose un circuito pseudonatural perfectamente integrado en el entorno.

Su ajuste a la necesidad y a las condiciones del medio y la no especulación ni sobreproducción revelan el carácter de un compromiso, cualidad que debe ser eidética de la arquitectura y de otras muchas disciplinas y que se puede aprender analizando estos molinos. Así lo detecta Paul Oliver (2006: 14): "It is not only in the use of energy that we can learn about the employment of natural resources (...). Many societies have achieved an ecological balance which

maintains, in a steady state, the relationship between the availability of a resource and their consumption of it; I need hardly emphasize that this is a lesson that we certainly need to learn"⁹.

Arquitecturas aletargadas pero de las que se pueden adquirir profundos conocimientos; arquitecturas obsoletas que pueden tener un papel clave en el presente y futuro de la comarca gracias a su estudio, lectura, valorización, protección y recuperación. Los molinos podrían resurgir con nuevos usos siempre y cuando no se conciban como elementos asilados, sino mediante "propuestas integrales de paisajes-itinerarios" (Benito del Pozo et al. 2016: 153) que enlacen de manera coherente esta red (pre)industrial con su pasado funcional y su territorio, y consideren su legado intangible; "its sensitivity and compose with creativity to enhance the hidden cultural references"¹⁰ (Versaci et al. 2016: 26).

Sobre el tema de la investigación

Reflexionar sobre la *construcción del paisaje* de la Sierra de Cádiz requiere un dominio científico e intelectual de las partes que lo componen y, unido a ello, es esencial la sensibilidad del "constructor" de paisajes, pues entendemos el paisaje como una manera de ver, "una extensión de terreno bastante amplia que puede captarse con la mirada y que es considerada desde un cierto punto de vista, el de un observador situado" (Cauquelin 1990: 104). Un observador que percibe el paisaje como un palimpsesto conformado por capas culturales superpuestas que lo transforman en metáfora visual del territorio. Esta doble perspectiva, la científica y la subjetiva e íntima se complementan y concilian al elegir un enfoque concreto: los molinos hidráulicos. Estas miradas se sistematizan de la siguiente manera: al llevarse a cabo a través de la expedición; al dirigir la visión siempre hacia los molinos y su entorno o desde los molinos hacia el entorno -hacia el interior, hacia el exterior-, en este caso, siempre desde los mismos elementos, los *caos* y *cabos* de los molinos (por su fisonomía y altura permiten una fructífera imagen del entorno); al materializarse a través de dibujos, fotos, ortofotos y reflexiones; los textos intentar atender a las variables visibles y no visibles, a sus interacciones y a los elementos que componen el territorio -rasgos físicos, percepción, relaciones, distancias, vinculaciones, resiliencia y materialidad-, que cuando son mirados y pensados, construyen el paisaje.

Reflexión

Los mapas, dibujos, fotos y textos de este Trabajo, además de intentos de construcción de un paisaje concreto, son ventanas; es decir, encuadres, perspectivas, planos enmarcados de un modo electivo o discrecional que invitan a mirar, incitan a ver. Y podrían ser también una preparación, una introducción para observar el territorio elegido

porque, como dice Thoreau (2002: 68), "en el paisaje hay exactamente la belleza que uno está preparado para ver, ni un gramo más".

Uno de los aforismos patrimoniales más extendidos, "conocer para valorar, valorar para proteger", podría resumir los esfuerzos de esta investigación. Conocer la Sierra de Cádiz y sus molinos hidráulicos, tipología edificatoria apenas tratada pero que cuenta con suficiente entidad, valores patrimoniales y presencia en el territorio como para ser considerada parte fundamental de su configuración y de sus paisajes, provoca, inevitable y afortunadamente, descubrir los valores asociados que sus paisajes irradian. Esto da lugar a protegerlos; pero no ha sido el objeto de este Trabajo plantear una protección de grado legal o institucional, sino personal, de cuidado, valorización y respeto al medio, a su naturaleza, que siempre persistirá, a sus construcciones históricas, a estos molinos harineros que, *per se*, transmiten historias del pasado y del presente que invitan a reflexionar sobre el futuro. El mundo global en el que vivimos nos ha hecho conscientes de una certeza determinante: la acción del hombre es capaz de desequilibrar el ritmo natural del planeta y desde esta perspectiva, la arquitectura vernácula y sus paisajes parecen encontrarse "in the almost inevitable process of being altered or replaced by unsustainable modern building practices associated with industrialisation, modernity and the global market"¹¹ (Vellinga 2013: 579). Ante este panorama, parece importante una toma de conciencia: construir una mirada y una interpretación propias de nuestro tiempo, para, de esta manera, poder comprender nuestro momento y, a continuación, ser capaces de proponer acciones futuras sostenibles, coherentes e integradoras en la clave temporal que nos corresponde.

Notas

[1] Este artículo resume la estructura y contenidos principales del Trabajo Fin de Máster del Máster en Arquitectura y Patrimonio Histórico de la Universidad de Sevilla de la autora, Gloria Rivero Lamela, defendido el 2 de diciembre de 2016. Tutores: Dra. María Teresa Pérez Cano y Dr. Francisco Montero Fernández. / This paper summarizes the structure and main contents of the Master Thesis of the Master's Degree in Architecture and Historic Heritage from the University of Seville by the author, Gloria Rivero Lamela, defended on December 2nd, 2016. Tutors: Dra. María Teresa Pérez Cano and Dr. Francisco Montero Fernández.. Este trabajo consiguió el segundo premio en la convocatoria Joven Investigador GEIIC 2018. <https://www.congreso2018.ge-iic.com/es/convocatoria-premio-joven-investigador-en-conservacion-y-restauracion-2018/relacion-de-candidaturas-finalistas-a-optar-al-premio-joven-investigador-en-conservacion-y-restauracion-2018/>

[2] La Sierra de Cádiz es una de las cinco comarcas agrarias que establece el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación para la provincia de Cádiz; según la última publicación de 2012, la comarca cuenta con una superficie de 105.435 ha (14,2% de la

superficie provincial) y administrativamente está compuesta por 14 municipios: Alcalá del Valle, Algodonales, Benaocaz, El Bosque, El Gastor, Grazalema, Olvera, Prado del Rey, Puerto Serrano, Setenil de las Bodegas, Torre Alháuquime, Ubrique, Villaluenga del Rosario y Zahara de la Sierra. Esta comarca comprende gran parte del Parque Natural Sierra de Grazalema (un 72%), declarado Reserva de la Biosfera en enero de 1977 y Parque Natural por la Junta de Andalucía en diciembre de 1984.

[3] Traducción de la autora: "cada uno definido por los procesos de modificación y estratificación que se produjeron a lo largo de los siglos, constituyendo testimonios de culturas y eventos pasados".

[4] De los 85 molinos harineros existentes en la Sierra de Cádiz, ninguno de ellos está en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz (CGPHA), y solo 12 están en la Base de Datos del Patrimonio Inmueble de Andalucía (BDI) del IAPH mediante fichas sucintas.

[5] Traducción de la autora: "Un paisaje no es una característica natural del medio ambiente, sino un espacio sintético, un sistema de espacios hecho por el hombre superpuestos a la superficie de la tierra, que funciona y evoluciona no de acuerdo con las leyes naturales, sino para servir a una comunidad (...). Es una cosa que todas las generaciones y todos los puntos de vista han acordado".

[6] El Comité de altos funcionarios de la Conferencia europea de ministros responsables de la ordenación del territorio (CEMAT) adoptó la *Guía Europea de observación del patrimonio rural-CEMAT* en 2003, con ocasión de la 13ª sesión de la CEMAT, celebrada en Budapest (CEMAT CHF 80 (2003) 19).

[7] Traducción de la autora: "Nuestro sentido personal del lugar depende de nuestras propias experiencias y sensibilidades. Es único para cada uno de nosotros en su contenido y en la forma en que se relaciona con las definiciones generales sociales de los lugares. Por lo tanto, cada uno de nosotros crea y acumula lugares".

[8] Traducción de la autora: "información inherente y no escrita sobre cómo optimizar el rendimiento energético de los edificios a bajo costo utilizando materiales locales".

[9] Traducción de la autora: "No es solo en el uso de la energía lo que podemos aprender sobre el empleo de los recursos naturales (...). Muchas sociedades han logrado un equilibrio ecológico que mantiene, en un estado de estabilidad, la relación entre la disponibilidad de un recurso y el consumo del mismo; no hace falta enfatizar que esta es una lección que sin duda necesitamos aprender".

[10] Traducción de la autora: "su sensibilidad y compongan con creatividad para realzar las referencias culturales ocultas".

[11] Traducción de la autora: "en el proceso casi inevitable de ser alterada o reemplazada por prácticas de construcción modernas insostenibles asociadas con la industrialización, la modernidad y el mercado global".

Bibliografía

AA. VV. (2006). *Guía Europea de observación del patrimonio rural CEMAT*. [S. l.]: Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente.

BENITO DEL POZO, P., CALDERÓN CALDERÓN, B., PASCUAL RUIZ-VALDEPEÑAS, H. (2016). "La gestión territorial del patrimonio industrial en Castilla y León (España): fábricas y paisajes", *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, 90: 136-154. DOI: <http://dx.doi.org/10.14350/ig.52802>

CABRERA GARCÍA, V. M. (2018). "Alternativas para revitalizar los molinos de viento tradicionales de las Islas Canarias", *Geconservación*, 13: 80-92.

CAUQUELIN, A. (1990). "Le paysage et son dessein". En: *L'humanisme en géographie*, Bailly, A. y Scariati, R. París: Anthropos, 101-110.

CENTOFANTI, M., BRUSAPORCI, S., LUCCHESI, V. (2016). "Historical Watermills. Architectural, Mechanical and Hydraulic Heritage". En: *Essays on the History of Mechanical Engineering. History of Mechanism and Machine Science*, vol 31. Sorge F., Genchi G. (eds). Springer, 81-97.

ESCALERA REYES, J. (1980). "Los molinos de agua en la Sierra de Cádiz (Primera campaña)", *Etnografía española*, 1: 267-374.

ESCALERA REYES, J. (1984). "Los molinos de agua en la Sierra de Cádiz (Segunda campaña)", *Etnografía española*, 4: 7-50.

GONZÁLEZ FRAILE, E. (2009). "Proyectar arquitectura es reconocer el lugar". En: *Arquitectura y construcción. El paisaje como argumento*, Ramos Carranza, A. y Añón Abajas, R. M. (dirs.). Sevilla: Universidad Internacional de Andalucía, 17-28.

GREGOTTI, V. (1972). *El territorio de la Arquitectura*. Barcelona: Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

GUERRA DE HOYOS, C. (2008). *La contemporaneidad de la arquitectura rural: adaptación, resistencia o dilatación*. Sevilla: Universidad de Sevilla, C.O.P.T.

JACKSON, J. B. (1984). *Discovering the Vernacular Landscape*. New Haven: Yale University Press.

MEINIG, D. W. (1979). *The interpretation of ordinary landscapes: geographical essays*. New York, NY: Oxford University Press.

OLIVA SERRANO, J. (1997). "Estructuración y reestructuración de espacios y sociedades rurales. Nuevas reflexiones sobre unos procesos no esperados", *Zainak. Cuadernos de Antropología-Etnografía*, 14: 321-337.

OLIVER, P. (2006). *Built to Meet Needs. Cultural Issues in Vernacular Architecture*. Oxford: Elsevier.

OLMEDO GRANADOS, F. (2002). "La arquitectura agraria en Andalucía". En: *Cortijos, haciendas y lagares en Andalucía*:

Arquitectura de las grandes explotaciones agrarias en Andalucía. Provincia de Cádiz, Olmedo Granados, F. (coord.), Sevilla: Junta de Andalucía, C.O.P.T., 13-19.

RAMOS-CARRANZA, A. (2013). "Construyendo formas del pensamiento", *Proyecto, progreso arquitectura*. Forma y construcción en arquitectura, 8: 12-15. DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2013.i8.13>

RAMOS-CARRANZA, A. y RIVERO-LAMELA, G. (2018). "El valor de las arquitecturas menores: Los molinos hidráulicos del Parque Natural Sierra de Grazalema en la Sierra de Cádiz", *Estoa, Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 7(13): 85-99. DOI: <http://dx.doi.org/10.18537/est.v007.n013.a07>

SUÁREZ JAPÓN, J. M. (1982). *El hábitat rural en la Sierra de Cádiz: un ensayo de geografía del poblamiento*. Cádiz: Diputación de Cádiz.

THOREAU, H. (2002, 1862 1ª ed.). *Colores de otoño*. Barcelona: Torre de viento.

VELLINGA, M. (2013). "The noble vernacular", *The Journal of Architecture*, 18(4): 570-590. DOI: <https://doi.org/10.1080/13602365.2013.819813>

VERSACI, A., CARDACI, A., RENATO FAUZIÀ, L. (2016). "Recovery and Conservation of Old Water Mills in Central Sicily". En: *Conservation of Architectural Heritage (CAH)*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 225, 15-26

ZHAI, Z., y PREVITALI, J. (2010). "Ancient vernacular architecture: Characteristics categorization and energy performance evaluation", *Energy & Buildings*, 42(3): 357-365. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.10.002>

Es miembro del Grupo de Investigación HUM 632: "Proyecto, progreso, arquitectura". Su investigación y tesis en curso abordan temas relacionados con el territorio, el paisaje y las arquitecturas rurales.

Perfil SISIUS: https://investigacion.us.es/sisius/sis_showpub.php?idpers=20068

Perfil ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-0704>

Artículo enviado el 11/10/2018

Artículo aceptado el 14/12/2018

Autora



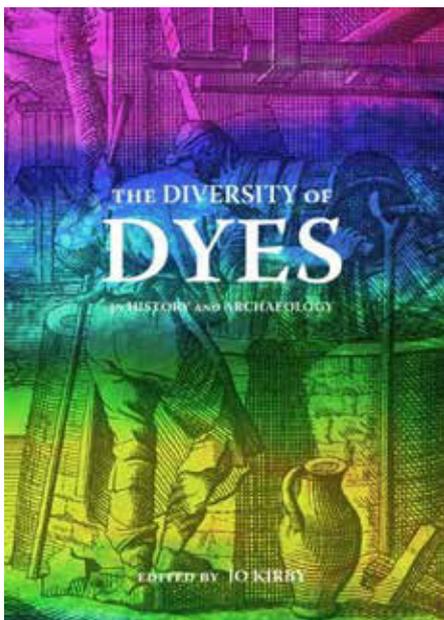
Gloria Rivero-Lamela

grivero@us.es

Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
Universidad de Sevilla

Arquitecta (2014) por la Universidad de Sevilla. Premio Extraordinario de Fin de Estudios en el título universitario oficial de Arquitecta otorgado por la Universidad de Sevilla (2015). Premio de La Real Maestranza de Caballería de Sevilla y del Excmo. Ayuntamiento de Sevilla al mejor expediente académico de su promoción. Máster en Arquitectura y Patrimonio Histórico (2016). Actualmente, contratada predoctoral PIF de la Universidad de Sevilla y doctoranda en el Departamento de Proyectos Arquitectónicos de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, donde combina investigación y docencia. Ha realizado una estancia de investigación en la Faculty of Architecture and the Built Environment de la Delft University of Technology (TU-Delft).

Reseñas



The Diversity of Dyes in History and Archaeology

Jo Kirby Atkinson ed.

London: Archetype Publications LTD., 2017

ISBN: 9781909492530

Dimensiones: 245 x 174

Páginas: 464

Ilustraciones en color

La editorial Archetype añade a su extensa lista de publicaciones sobre colorantes una recopilación de artículos presentados en congresos sobre Colorantes de Dyes in History and Archaeology (DHA). La DHA (Colorantes en Historia y Arqueología) ha organizado reuniones anuales desde 1982 sobre colorantes y métodos de tinción. En este libro se recopilan las reuniones del periodo entre 2003 y 2007, editado por Jo Kirby.

La editora del libro, Jo Kirby, especialista en el tema de la National Gallery de Londres, ha editado muchos de los boletines de Dyes in History and Archaeology. También publicado numerosos artículos sobre colorantes y lacas coloreadas en los boletines de la National Gallery de Londres y en Congresos, y recopilaciones sobre esta temática. Ha escrito varios volúmenes, algunos de ellos con otros autores y otros en solitario. Entre ellos podemos citar algunos títulos: "Trade in Artists' Materials: Markets and Commerce in Europe to 1700" en 2010, "A Closer Look: Techniques of Painting" en 2011 y "Natural Colorants for Dyeing and Lake Pigments: Practical Recipes and Their Historical Sources" en 2014.

La investigación histórica y arqueológica ha revelado la importancia del color para nuestros antepasados en todos los aspectos de la vida. Muchas veces el color fue proporcionado por tintes, inicialmente obtenido de fuentes naturales y más adelante originado por procedimientos químicos, para dar coloraciones de un brillo hasta ahora inimaginables. Numerosos artículos publicados en esta recopilación han sido apoyados por la extensa colección existente en la Fundación Abegg-Stiftung. En ellos se demuestra cómo se usaron los tintes a través de los siglos.

En las páginas de este libro se describen la evolución en el uso y procedimientos de obtención de tintes y lacas coloreadas en una dilatada escala de tiempo. Para facilitar la comprensión de este tema el libro ha sido dividido en cinco apartados. El primero de ellos es introductorio y se denomina: "Enfoques en el estudio de colorantes". Los siguientes tienen una secuencia histórica, "Tintes y teñido en la época clásica y medieval", "Del siglo XV al XVII" y "Los siglos XVIII y XIX y el aumento de los tintes sintéticos". El volumen finaliza con un estudio titulado "Propiedades, química y análisis de colorantes".

Esta estructuración del libro permite hacer comparaciones muy interesantes. Combinando la información histórica artística con los resultados analíticos, los análisis de bordados litúrgicos datados entre el s. XV -s. XVII de la galería de arte rumano medieval en el Museo Nacional de Arte de Rumania con colorantes encontrados en bordados florentinos, se concluye que, los materiales en bordados religiosos en este periodo eran de origen oriental, mientras los trajes ceremoniales se hacían en talleres de Europa occidental.

Por citar otro ejemplo, en el XVII, se pueden cotejar tintes y métodos de tinción utilizados en Europa, Turquía, Sudamérica y Japón, no solo en los textiles, sino también en los pigmentos transparentes de las pinturas.

El enfoque obtenido a través de los análisis químicos, contribuye a la distinción entre textiles del siglo XVIII, con motivos de influencia del extremo oriente (chinoiseries), bastante similares y no todos de origen chino. La investigación química muestra también como la granza

ha sido uno de los tintes más usados, tanto para teñir textiles, como en la preparación de pigmentos.

Aunque los métodos de tinción se han estudiado ampliamente, se siguen discutiendo detalles del mecanismo de los procesos de mordentado y teñido con alizarina (uno de los principales componentes de la granza) de fibras celulósicas tales como el lino o el algodón.

Uno de los colorantes más exóticos, la púrpura obtenida de un molusco, se sabe que se usó en pinturas murales de la Edad del Bronce tardía datadas del siglo XVII a. C. en Akrotiri. Más de 3000 años después aparecieron los tintes sintéticos de coloraciones muy brillantes pero a veces de escasa permanencia, ideados por químicos. En ese momento aparecieron en el mercado los colorantes azoicos, fluoresceína, eosinas y otros.

Vemos que en este volumen se muestra ampliamente la historia del uso del color, la espléndida variedad de tintes descubiertos y, en resumidas cuentas, la diversidad de los tintes en la historia y la arqueología.

El libro va dirigido principalmente a un público especializado en el estudio de colorantes y pigmentos, tanto procedentes de las ciencias experimentales, como conservadores, conservadores –restauradores e historiadores que trabajan en museos, universidades, instituciones culturales o investigadores y profesionales interesados en el tema.

Ángela Arteaga y Marisa Gómez
Instituto del Patrimonio Cultural de España



Guía de prevención de incendios para edificios de interés patrimonial en Castilla y León

VVAA.

Junta de Castilla y León 2017

ISBN: 9781909492530

Páginas: 45

Idioma: Español

ISBN: 978-84-617-9004-3



Desafios na Gestão de Riscos em Património Cultural

VVAA.

Junta de Castilla y León/FEUP Universidad do Porto 2017

Páginas: 109

Idioma: Portugués y Español

Presentamos dos publicaciones digitales que, aunque con enfoques y objetivos distintos, tienen en común desarrollar diversos aspectos relacionados con la gestión de riesgos y emergencias en patrimonio cultural. Ambos documentos están alojados para su pública descarga en el Portal de Patrimonio de la Junta de Castilla y León, en el apartado específico que esta administración dedica a tan importante tema <https://patrimoniocultural.jcyl.es/web/jcyl/PatrimonioCultural/es/Plantilla100/1284751839600// //>

La gestión de riesgos y la planificación frente a emergencias empieza a verse como una necesidad a incluir dentro de los parámetros de conservación del patrimonio cultural, al constatar que numerosos acontecimientos catastróficos de diversa índole están afectando a nuestros vestigios históricos, sin embargo y al margen de tímidas iniciativas, este aumento en la percepción del problema no lleva aparejada la aplicación de líneas de trabajo, acciones y soluciones que garanticen la salvaguarda del nuestro patrimonio cultural ante catástrofes y otras circunstancias destructivas.

La falta de vinculación entre las instituciones encargadas de garantizar la conservación del patrimonio, los sistemas de protección civil de respuesta ante emergencias y el ámbito

científico, parece ser el principal escollo para la implantación de los necesarios protocolos, estándares y normativas que supongan una gestión de riesgos significativa en este ámbito, permitiendo el desarrollo de pautas y programas de prevención, preparación, respuesta y recuperación.

Este lento proceso va parejo a la escasez de literatura especializada en torno a este tema en el territorio peninsular, por lo que estas dos publicaciones suponen una interesante contribución.

La Guía de prevención de incendios para edificios de interés patrimonial en Castilla y León, elaborada por expertos en emergencias y en conservación de patrimonio, trasciende a su ámbito geográfico.

Ha sido diseñada como un manual práctico y sencillo para facilitar la labor de propietarios, responsables y usuarios de aquellos edificios que constituyen un patrimonio importante para sus comunidades, especialmente en el ámbito rural.

Es precisamente en las iglesias de pueblos y sitios aislados como ermitas donde comprobamos que uno de los mayores riesgos que sufren este tipo de edificios son los

incendios, cuyo origen está en circunstancias como caída de rayos, cortocircuitos por instalaciones viejas y deficientes -en ocasiones ancladas en los retablos de madera-, velas encendidas, etc.

Su situación aislada respecto a los enclaves donde se concentran los servicios de emergencia impide una rápida actuación, por lo que, una vez que se ha iniciado la catástrofe, las consecuencias suelen ser dramáticas y desastrosas tanto para el inmueble como para el patrimonio contenido en el edificio, es decir, daños y pérdidas casi imposibles de reparar.

Para reducir este problema la guía ofrece, de manera muy gráfica y visual, unos conocimientos básicos de los fundamentos del fuego y los sistemas más habituales para su extinción, poniendo el énfasis en los riesgos y por lo tanto en aquellos puntos críticos donde existe mayor probabilidad de que ocurra un accidente.

A partir de aquí se establece de manera clara y sencilla las pautas de prevención, así como los medios y medidas de protección asequibles, basadas más en la lógica que en grandes inversiones.

Tras esta parte preventiva se fijan las actuaciones claves para actuar de manera rápida y eficaz ante un incendio, teniendo en cuenta tres objetivos: la protección de las personas, la comunicación con los servicios de emergencia para que tengan información precisa en relación al patrimonio cultural que pueda estar o verse afectado y a quien acudir cuando la catástrofe ha acontecido y se debe gestionar la crisis a través de medidas de emergencia para evitar mayores pérdidas y valorar los daños del edificio y los objetos de interés.

Desafios na Gestão de Riscos em Património Cultural/ Desafios en la Gestión de Riesgos en Patrimonio Cultural

es una publicación fruto del "Encontro Luso-Espanhol De Gestão De Riscos E Emergências Em Património Cultural", coorganizado por la Junta de Castilla y León y la Faculdade de Engenharia de la Universidade do Porto en octubre de 2017 en Amarante, (Portugal) en el marco de la Bienal Iberia de Patrimonio.

La publicación recoge las ponencias de los participantes en el encuentro, exponiendo interesantes experiencias llevadas a cabo tanto en ambos países dentro de tres líneas fundamentales: la gestión de riesgos y planes para el patrimonio edificado, los riesgos derivados de incendios para el patrimonio cultural en medio forestal y la lucha contra el expolio.

Los colegas de la Universidade do Porto, analizan la falta de inversiones y cambios tangibles en la prevención de riesgos en el patrimonio cultural, abordando los puntos que pueden contribuir al desarrollo e implantación de metodologías de preparación y la planificación de la respuesta ante emergencias.

Como ejemplo de este tipo de planificación frente a emergencias en inmuebles históricos, se presenta el plan de protección, conservación y catalogación llevado a cabo en Castilla y León en el conjunto histórico de Ávila, ciudad patrimonio mundial.

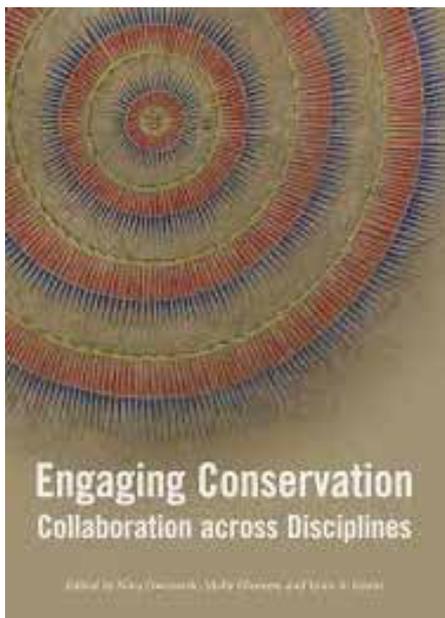
El aumento de la incidencia y virulencia de los incendios forestales y sus afecciones al patrimonio cultural -hoy por hoy el mayor riesgo para el patrimonio peninsular- es tratado desde la perspectiva de los dos países. Estos artículos establecen el estado de la cuestión, visualizan los daños que se generan y apuntan pautas de colaboración entre los diferentes agentes implicados. El análisis de los incendios que afectaron al Valle de Côa, un importante conjunto de arte rupestre, sirve como punto de inflexión para delinear un plan de acción encaminado a minimizar la concurrencia y los efectos de los incendios en este patrimonio inscrito en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO.

La Guarda Nacional Republicana desde Portugal y la Guardia Civil en España, exponen sus objetivos, desarrollo legislativo y las estructuras de sus respectivas instituciones para la protección y prevención de los delitos contra el patrimonio cultural, con especial atención, en el caso español, a los delitos contra el Patrimonio Histórico Subacuático.

La publicación finaliza con una reflexión del representante de la Escuela Nacional de Bomberos: ningún plan de emergencia es infalible y no hay instituciones invulnerables a los efectos de un siniestro..., por eso -y volviendo al principio- es importante que mantengamos el riesgo en niveles aceptables gracias a las consabidas medidas de prevención, preparación, respuesta y recuperación.

Cristina Escudero Ramirez

Coordinadora técnica de la Unidad de Gestión de Riesgos y Emergencias en Patrimonio Cultural (UGRECYL).
Dirección General de Patrimonio Cultural de la Junta de Castilla y León.



Engaging conservation. Collaboration across disciplines

Nina Owczarek , Molly Gleeson y Lynn Grant

London: Archetype Publications, 2018
ISBN: 9781909492554

Dimensiones: 210 x 297mm
Páginas: 308

Publicación resultado de las conferencias de un simposio internacional realizado en el 2016 para conmemorar los 50 años de la creación del laboratorio de conservación del Penn Museum (Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology).

Está dividido en 5 secciones dedicadas a la educación, la arqueología, las comunidades, las instituciones y la ciencia.

En la primera sección los profesionales de diversas instituciones exponen la estrecha relación que existió entre arqueología y los museos durante los años finales del s. XIX –principios de XX, destacando la comunicación sobre la nula visibilidad de las mujeres en las publicaciones sobre temas de conservación y arqueología en los inicios del siglo XX. Mujeres a la sombra de los científicos del British Museum que ponen en práctica o enseñan sus técnicas pero siempre supervisadas por ellos, dándonos una visión de género de los años de Petrie, Scott y Plenderleith y recordándonos que el desarrollo de la conservación como disciplina universitaria debe mucho a la mujer en aquellos primeros años.

También se reflejan la enseñanza de la conservación científica en el Museo Arqueológico John Hopkins de Baltimore y en el Center for the Analysis of Archaeological Materials (CAAM) dependiente de la universidad de Pensilvania, o el asesoramiento del Centro di Conservazione Archeologica de Roma para profesionales de países donde no hay mucho conocimiento de estos temas y el trabajo práctico de campo en el yacimiento etrusco de Poggio Colla, cerca de Florencia, llevado a

cabo por un equipo de arqueólogos fundamentalmente norteamericanos.

En la segunda sección se abordan las excavaciones en Abydos, Egipto, en Gordion, Turquía o Morgantina, Sicilia llevadas a cabo por universidades americanas, las de Amara en Sudan del equipo del British Museum. o de Xian, China con datos sobre la conservación de los objetos y las oportunidades de prácticas e investigación sobre ellos.

El tercer apartado trata de la revitalización de distintas comunidades a través del estudio y conservación de sus objetos, depositados en los distintos museos: de los nativos americanos, los nativos de Alaska, del sitio inca de Aypate en Perú, África Central o del Oeste americano.

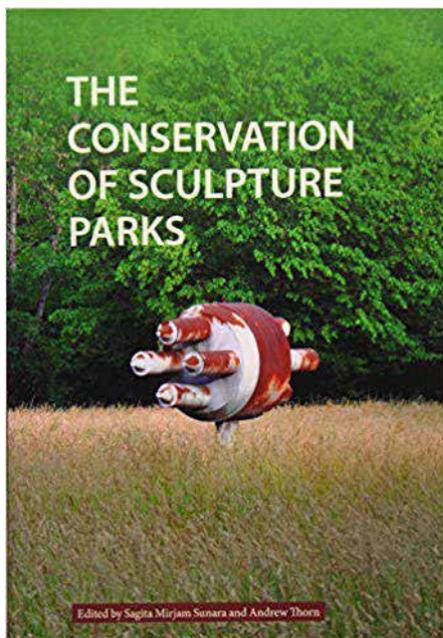
La cuarta sección se inicia con el proyecto de la digitalización de los objetos de la excavación de Ur realizada en 1927-1934 por Leonard Woolley. Este proyecto conjunto del British Museum y el Penn Museum, tiene la esperanza de que en un futuro próximo se una el Iraq National Museum y consiste en el estudio y toma de datos de cerámicas, terracotas y metales de este yacimiento que han sido examinados, descritos, fotografiados y medidos y que ya están disponibles en una base de datos online.

Y finalmente en la quinta sección, la científica, se describen técnicas 3D para hacer reconstrucciones virtuales de por ejemplo la cratera de Eufronios o estudios comparativos de formulaciones con silanos para adobe, o análisis de vidrios de la excavación realizada por Petrie en Amarna.

Esta obra, al tratar varias disciplinas, pero siempre con el hilo conductor de la arqueología puede resultar interesante tanto para todos aquellos que quieran saber más de los objetos descubiertos en las grandes excavaciones del XIX/XX, como para conocer el patrocinio de las instituciones en la realización de nuevas excavaciones, los estudios analíticos de obras o conjuntos muy representativos, sus intervenciones y sus resultados.

Emma García Alonso

Instituto del Patrimonio Cultural de España



The Conservation of Sculpture Parks

Editor: Sagita Sunara, Andrew Thorn

London: Archetype Publications, 2018
ISBN: 9781909492585

Dimensiones: 245 x 170 mm
Páginas: 192

Los “parques de esculturas”, o como es más habitual denominarlos en español, “museos al aire libre”, son un tipo de bienes (o conjunto de bienes) patrimoniales que presentan unas características muy particulares. Son espacios entre medias de los conceptos de museo y de paisaje cultural, en los que las obras (normalmente escultura contemporánea, que en muchos casos ha sido creada ex profeso para su ubicación precisa) se relacionan e interaccionan, tanto plástica como físicamente, con un entorno natural o arquitectónico más o menos modificado. Fruto de esta situación particular surgen problemas de conservación y gestión también particulares, derivados de la exposición a la intemperie, los materiales utilizados, el tamaño de las áreas a considerar, la valoración y apreciación (o falta de la misma) del público, vandalismo, etc. Todos estos aspectos imponen condicionantes y particularidades a la hora de plantear las intervenciones de conservación (preventiva o curativa) y de restauración.

Para tratar esta problemática en un caso específico, el de 38 esculturas que fueron producidas e instaladas alrededor de la fábrica de Sisak Steelworks, en Croacia (aun como parte de Yugoslavia durante su creación), se convocó el congreso internacional *SPark: Conservation of Sculpture Parks* en septiembre de 2015. Este congreso fue parte de un proyecto de conservación de este conjunto, del que se encargó el departamento de conservación-restauración de la Academia de Artes de Split. El libro que hoy revisamos, “The Conservation of sculpture parks” recoge contribuciones presentadas en dicho congreso. El libro está editado por Sagita Mirjan Sunara,

del citado departamento de conservación-restauración, y por Andrew Thorn, de la empresa Artcare de Australia.

En muchos casos, los libros de actas de congresos son, por su origen, heterogéneos en contenidos y resulta difícil encontrar el mismo interés en todos los capítulos. En este caso, sin embargo, al ser fruto de un congreso con un foco muy claro y delimitado, los trabajos presentan una notable unidad temática. Los 14 capítulos presentan fundamentalmente estudios de caso de parques de escultura de Europa, América del Norte y Australia. En su mayoría son parques de escultura contemporánea, con las excepciones del cementerio de Biedermeier en Viena y del jardín barroco del castillo de Frederiksborg en el norte de Copenhague. Los trabajos abordan tanto los problemas de deterioro de los distintos materiales (bastantes en metal, aunque también otros materiales de construcción como piedra o morteros, e incluso materiales más perecederos como madera), como los derivados de aspectos sociales y culturales, incluyendo la relación con los artistas o la intencionalidad de los mismos en el momento de la creación del conjunto.

El libro se cierra con un interesante resumen de la mesa redonda celebrada en el congreso bajo el título “Reviving neglected sculpture parks in Croatia”, que si bien no es un sumario del resto del libro, sí que sirve muy bien como recapitulación de ciertos aspectos abordados en los distintos trabajos, especialmente aquellos relacionados con la necesidad de mantenimiento, la gestión, la interacción con el público y el potencial de estos espacios para el desarrollo turístico, económico y

social.

En resumen, se trata de un libro muy interesante para los profesionales de la conservación interesados en este tipo de bienes. De los múltiples casos expuestos se pueden extraer numerosas lecciones que pueden ayudar a abordar la complejidad de la conservación de los parques de esculturas.

Emilio Cano

Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas
(CENIM)-(CSIC)

www.revista@ge-iic.com

Edición digital del GEIIC