



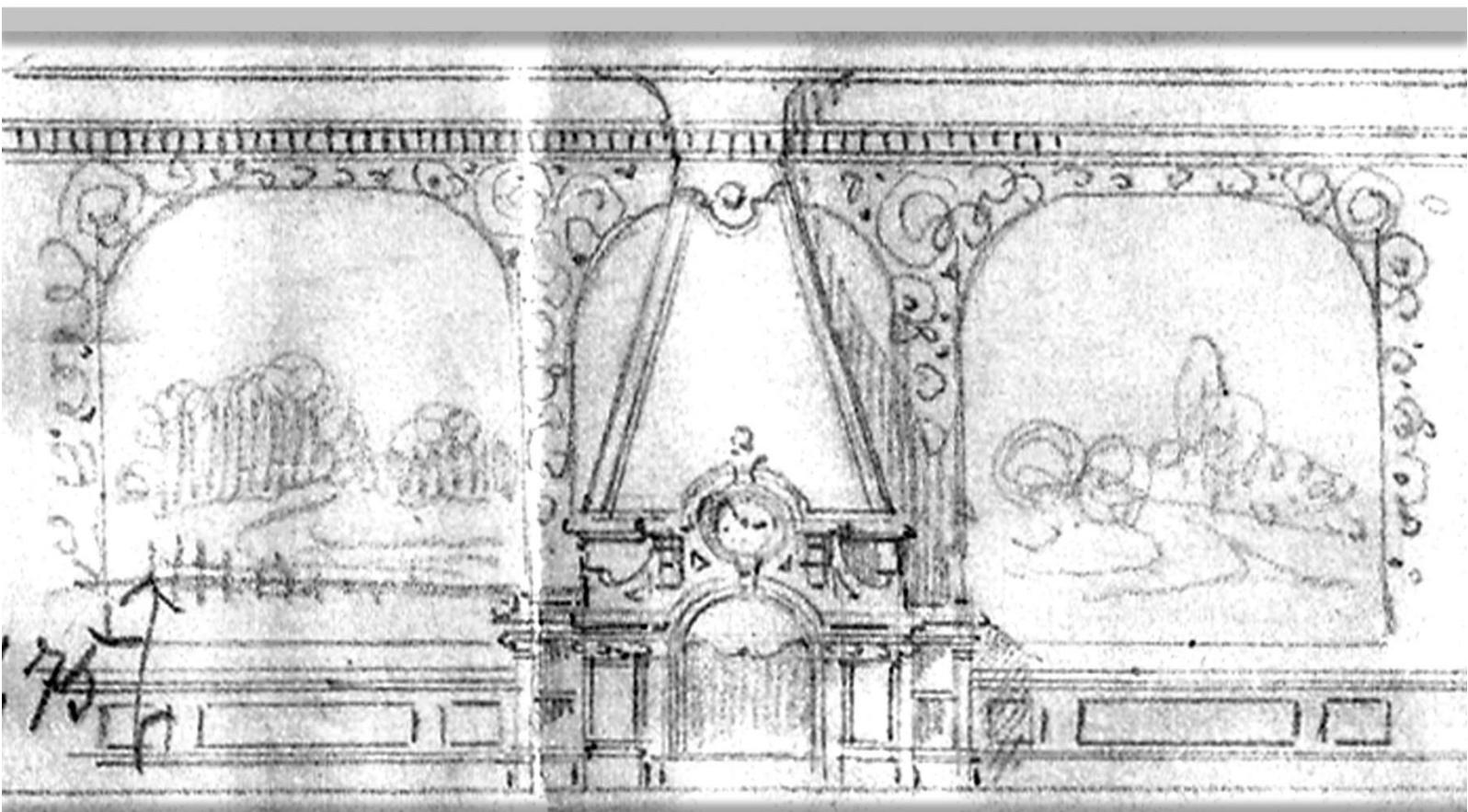
| Estibaliz Lama Ochoa de Retana |

Leioa, diciembre del 2020

Desarrollo de un protocolo integral para la puesta en valor de los elementos decorativos del salón de las galerías Punta Begoña (Getxo)

Development of an integral protocol for the enhancement of the decorative elements of the Punta Begoña galleries main hall (Getxo)

(c) 2020 Estibaliz Lama Ochoa de Retana



UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO/ EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA

(UPV/EHU)

FACULTAD DE BELLAS ARTES

Programa de Doctorado en Estrategias Científicas Interdisciplinarias en
Patrimonio y Paisaje

Departamento de Pintura

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

**Desarrollo de un protocolo integral para la puesta en valor
de los elementos decorativos del salón de las galerías
Punta Begoña (Getxo)/Development of an integral protocol
for the enhancement of the decorative elements of the
Punta Begoña galleries main hall (Getxo)**

Memoria para optar al grado de Doctor Internacional

Estíbaliz Lama Ochoa de Retana

Bajo la dirección de las Doctoras

María Dolores Rodríguez Laso

Nagore Prieto-Taboada

Leioa, diciembre del 2020

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, esta Memoria de tesis que opta al grado de Doctor ha sido posible gracias a la beca predoctoral del proyecto “Puesta en valor de las galerías Punta Be-goña”, en la que participan Universidad del País Vasco, Ayuntamiento de Getxo, Go-bierno Vasco y Diputación Foral de Bizkaia.

Me gustaría hacer una mención especial a mis directoras de tesis, María Dolores Rodríguez Laso y Nagore Prieto-Taboada, que me dieron la oportunidad de comenzar en el campo de la investigación, área que me apasiona. Gracias a su inestimable ayuda, sus consejos, en las diferentes áreas de conocimiento, su paciencia y su ex-periencia, no habría podido realizar esta tesis doctoral.

Agradecer a la facultad de Bellas Artes, al Departamento de Pintura, el uso de sus instalaciones, y más específicamente, a Itxaso Maguregui y Enara Artetxe por la disposición y ayuda con los equipos de análisis.

Además, dar las gracias por la colaboración y orientación en los distintos ensayos, al Dr. Fernando Luis Hernando y Xabier Guruceaga del Departamento de Inmunolo-gía, microbiología y parasitología de la Facultad de Ciencia y Tecnología.

Quiero agradecer a la Universidad Católica Portuguesa la posibilidad de llevar a cabo parte de la tesis doctoral en su centro de Escola das Artes y el Centro de Bio-tecnología de la ciudad de Oporto. En particular, a la Dra. Patricia Moreira y la docto-randa Alexandra Marco, por los esfuerzos, la ayuda y la atención constante que me han prestado, antes, durante y después de la estancia.

Gracias a mis compañeros de doctorado, en especial a Juan Bermejo Soler, siem-pre dispuesto a echar una mano con esfuerzo e ideas provechosas y a Idoia Mada-riaga por la ayuda en los comienzos de esta tesis.

A todas las personas del grupo IBeA del departamento de Química Analítica (IBeA), que tanto en Leioa, Zamudio, como en los laboratorios Martina Casiano, me han guiado y ayudado con los equipos y los análisis.

Por otro lado, mencionar a los/as técnicos/as de la Universidad del País Vasco, como Alfredo Sarmiento, Aitor Larrañaga y Loli Martín de SGIKER.

A Marco Einöder, por su ayuda en la realización del tour virtual, e ideas prometedoras en este ámbito.

En definitiva, a todos/as los que han contribuido a aportar ideas y sugerencias, para la mejora de este trabajo de tesis doctoral.

Y, por último, a toda mi familia y en particular a mi madre, gracias.

“Heritage is our legacy from the past, what we live with today and what we
pass on to future generations”

“El patrimonio es nuestra herencia del pasado, que vivimos en la actualidad y
la que transmitimos a las generaciones futuras”

UNESCO

ÍNDICE

RESUMEN/SUMMARY	11
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Justificación.....	18
1.2 Objetivos	19
1.3 Metodología	20
1.4 Fuentes: síntesis de las referencias bibliográficas	24
1.5 Referencias	27
CAPÍTULO 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	31
2.1 Contextualización geográfica	36
2.2 Breve historia	37
2.3 Documentación fotográfica del salón de Punta Begoña.....	40
2.4 Descripción y elementos compositivos del salón	43
2.5 Referencias	47
CAPÍTULO 3. LOS MÁRMOL DEL SALÓN. DESCRIPCIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN	51
3.1 El suelo	54
3.1.1 Mármol Blanco Venato de Carrara	55
3.1.2 Mármol Yellow Benou	57
3.1.3 Caliza Roja de Ereño	58
3.1.4 Mármol Gris Bardiglio	58

3.2 Los zócalos	59
3.2.1 Descripción y disposición de las piezas.....	60
3.2.2 Sistema de anclaje	61
3.3 Agentes de deterioro y patologías comunes en los mármoles del salón.....	62
3.3.1 El agua.....	63
3.3.2 Agentes antropogénicos	66
3.3.3 Contaminación biológica.....	67
3.3.4 Degradaciones provocadas por aves	68
3.3.5 Sales solubles, agentes atmosféricos y aerosoles marinos.....	70
3.3.5.1 Sales procedentes de la alteración química de los materiales	70
3.3.5.2 Sales procedentes del suelo	71
3.3.5.3 Sales procedentes de la contaminación atmosférica.	72
3.4 Mapeo del suelo	72
3.5 Mapeo de los zócalos.....	74
3.6 Conclusiones del capítulo	79
3.7 Referencias	81

CAPÍTULO 4. LOS MUROS DEL SALÓN: DESCRIPCIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN.....85

4.1 Descripción iconográfica	88
4.1.1 Pared 1	89
4.1.2 Pared 2	95
4.1.3 Pared 3	99
4.1.4 Pared 4	105

4.1.5	Techo.....	107
4.1.6	Cerramiento de madera y cristal.....	108
4.2	Disposición general de las capas compositivas de las pinturas murales ..	109
4.2.1	Soporte	110
4.2.2	Mortero	110
4.2.3	Primera capa preparatoria	111
4.2.4	Primera capa Pictórica.....	111
4.2.5	Segunda capa preparatoria	111
4.2.6	Segunda capa pictórica	111
4.3	Estado de conservación general de las pinturas murales	112
4.3.1	Patologías generales	112
4.3.1.1	Agentes externos	112
4.3.1.2	Agentes intrínsecos.....	118
4.3.1.3	Daños estructurales	118
4.3.2	Patologías específicas/relevantes de cada pared: mapas de daños	119
4.3.2.1	Pared 1.....	119
4.3.2.2	Pared 2.....	123
4.3.2.3	Pared 3.....	125
4.3.2.4	Pared 4.....	129
4.3.2.5	Techo	131
4.4	Conclusiones del capítulo	133
4.5	Referencias	135

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS QUÍMICOS DE LOS MATERIALES DEL SALÓN	137
.....	
5.1 Materiales y métodos	139
5.1.1 Instrumentación	140
5.1.1.1 Microscopio óptico.....	140
5.1.1.2 Colorímetro	140
5.1.1.3 Cámara de Reflectografía (infrarrojo cercano)	140
5.1.1.4 Fluorescencia de Rayos X (XRF).....	141
5.1.1.5 Espectroscopia Raman	142
5.1.1.6 Difracción de rayos X (XRD)	143
5.1.1.7 Espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR)	144
5.1.1.8 Microscopía electrónica de barrido con detector de dispersión de rayos X(SEM-EDS)	144
5.1.1.9 Cromatografía de intercambio iónico	145
5.1.1.10 Herramientas de tratamiento estadístico: análisis de componentes principales (PCA)	146
5.1.2 Muestreo.....	146
5.1.2.1 Tintas de grafitis sobre mármoles	147
5.1.2.2 Capa subyacente pintura mural	148
5.1.2.3 Pigmentos y soporte.....	148
5.1.2.4 Aglutinante	152
5.1.2.5 Sales solubles	153
5.1.3 Metodología.....	155
5.1.3.1 Análisis colorimétricos del impacto de la contaminación atmosférica sobre los mármoles	156

5.1.3.2	Caracterización de las tintas utilizadas en los grafitis	157
5.1.3.3	Análisis de pinturas subyacentes bajo la pintura mural del salón mediante reflectografía	158
5.1.3.4	Tratamiento de las muestras de los materiales que componen la pintura mural para su caracterización	159
5.1.3.5	Tratamiento de las muestras de los materiales soporte de la pintura mural para la evaluación del daño por sales solubles	161
5.2	Resultados	162
5.2.1	Estudio del impacto de la contaminación atmosférica en los zócalos de mármol del salón	162
5.2.2	Caracterización de las tintas utilizadas en los grafitis.....	164
5.2.3	Análisis de pinturas subyacentes bajo la pintura mural del salón mediante reflectografía	172
5.2.4	Caracterización de los materiales que componen la pintura mural....	173
5.2.4.1	Pigmentos de la pintura mural.....	173
5.2.4.2	Pigmentos analizados: información histórica	177
5.2.4.3	Estructura de las capas.....	179
5.2.4.4	Aglutinante	183
5.2.5	Evaluación del daño por sales solubles de los materiales soporte de la pintura mural del salón: morteros y ladrillos	185
5.2.5.1	Morteros.....	189
5.2.5.2	Ladrillos.....	193
5.3	Conclusiones del capítulo	198
5.4	Referencias	201

CAPÍTULO 6. METODOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL SALÓN.....209

6.1 Criterios de Conservación y Restauración actuales213

 6.1.1 Conservación.....215

 6.1.2 Conservación Preventiva216

 6.1.3 Nuevos usos y la Conservación del Patrimonio.....218

 6.1.4 Restauración.....218

6.2 Restauración vs Memoria Histórica. Criterios de restauración en patrimonio franquista.....219

 6.2.1 El caso de las galerías.....221

6.3 Protocolo de actuación en la Conservación y Restauración del salón de las galerías Punta Begoña.....224

 6.3.1 Pautas y propuestas de Conservación y Restauración 224

 6.3.1.1 Prioritarias225

 6.3.1.2 Secundarias229

 6.3.1.3 Conservación Preventiva231

6.4 Conclusiones del capítulo235

6.5 Referencias237

CAPÍTULO 7. RESTAURACIÓN INTEGRAL DEL SALÓN. METODOLOGÍAS DE INTERVENCIÓN241

7.1 Suelo244

 7.1.1 Limpieza244

 7.1.2 Eliminación de grafitis245

 7.1.2.1 Ensayos mecánicos246

7.1.2.2 Ensayos con disolventes.....	246
7.1.2.3 Ensayos combinados	246
7.1.3 Eliminación de contaminantes biológicos	247
7.1.3.1 Origen animal.....	247
7.1.3.2 Origen microbiológico.....	247
7.1.4 El pulido de los mármoles	249
7.1.5 Reconstrucción de zonas faltantes del suelo.....	249
7.2 Zócalos.....	251
7.2.1 Limpieza, clasificación y recogida de piezas	251
7.2.2 Eliminación de grafitis.....	252
7.2.3 Consolidación de zonas en degradación	258
7.2.4 El pulido de los zócalos	258
7.2.5 Reconstrucción de los paños.....	259
7.2.5.1 Opción 1.....	259
7.2.5.2 Opción 2.....	261
7.2.5.3 Opción 3.....	262
7.2.5.4 Opción 4.....	262
7.3 Pinturas Murales	263
7.3.1 Limpieza superficial	264
7.3.1.1 Ensayos mecánicos	265
7.3.1.2 Ensayos con disolventes.....	265
7.3.1.3 Ensayos combinados	268
7.3.2 Eliminación de grafitis.....	268
7.3.2.1 Ensayos mecánicos	268

7.3.2.2 Ensayos con disolventes.....	268
7.3.2.3 Ensayos combinados	269
7.3.3 Eliminación de pátina microbiológica	271
7.3.4 Eliminación de empastes y otros depósitos	272
7.3.5 Recogida y conservación de fragmentos de pintura mural	273
7.3.6 Consolidación	274
7.3.7 Apertura de ventana de la pintura original	277
7.3.8 Ensayos de Reintegración	278
7.3.8.1 Reintegración de lagunas.....	278
7.3.8.2 Reintegración cromática.....	280
7.3.9 Protección final	282
7.3.10 Musealización de las tareas de Restauración.....	282
7.3.11 Desarrollo de herramientas 3D para su difusión.....	282
7.4 Conclusiones del capítulo	285
7.5 Referencias	287

CAPÍTULO 8. EVALUACIÓN DE LA UTILIDAD DE NUEVOS MATERIALES NATURALES COMO PRODUCTOS DE RESTAURACIÓN.....291

8.1 Estudio preliminar sobre la viabilidad del kudzu para su utilización en Patrimonio Cultural.....	295
8.1.1 Materiales y métodos.....	295
8.1.1.1 Preparación de los almidones	295
8.1.1.2 Envejecimiento acelerado	296
8.1.1.3 Caracterización elemental y molecular mediante espectroscopia	297

8.1.1.4 Test de adhesión (T-peel)	298
8.1.1.5 Análisis del crecimiento microbiológico	298
8.1.1.6 Análisis por Microscopía electrónica de barrido (SEM)	299
8.1.2 Resultados.....	300
8.1.2.1 Caracterización elemental y molecular mediante espectroscopia	300
8.1.2.2 Análisis colorimétrico y Fluorescencia Ultravioleta (UV) tras el envejecimiento acelerado.....	302
8.1.2.3 Test de adhesión.....	304
8.1.2.4 Estudio del crecimiento microbiológico	305
8.1.2.5 Análisis SEM	307
8.1.3 Conclusiones sobre el estudio preliminar sobre la viabilidad del kudzu para su utilización en Patrimonio Cultural.....	309
8.2 Evaluación del kudzu como biocida para su aplicación en pinturas murales y soportes pétreos	311
8.2.1 Estudio de contaminación implícita en los almidones, y creación de metodologías de esterilización	311
8.2.1.1 Materiales y métodos	312
8.2.1.2 Resultados	313
8.2.1.3 Conclusiones.....	314
8.2.2 Estudio del efecto microbiológico inhibitorio del kudzu: estudio de diferentes concentraciones	315
8.2.2.1 Materiales y métodos	315
8.2.2.2 Resultados	317
8.2.2.3 Conclusiones.....	318

8.3 Otros ensayos para el uso del kudzu en la Conservación y Restauración de pintura mural y materiales pétreos	319
8.4 Otros materiales naturales potenciales identificados para el testeo de su comportamiento	320
8.4.1 Planta <i>Moringa Oleífera</i>	321
8.4.1.1 Materiales y métodos	322
8.4.1.2 Resultados	324
8.4.1.3 Conclusiones	325
8.4.2 Arcilla blanca	325
8.4.3 Konjac	327
8.4.4 Aceite de Tung	328
8.5 Conclusiones del capítulo	328
8.6 Referencias	331

CAPÍTULO/CHAPTER 9. CONCLUSIONES GENERALES/ INTEGRATED CONCLUSIONS337

CAPÍTULO/ CHAPTER 10. TRABAJOS FUTUROS/ FUTURE WORKS.....345

ANEXOS	355
Anexo 1	357
Anexo 2	359
Anexo 3	379
Anexo 4	383

RESUMEN

La Conservación y/o Restauración del Patrimonio Construido es fundamental para su preservación, el cual que define nuestro entorno, costumbres y tradiciones, las cuales son, en definitiva, identificadores de un Paisaje Cultural único. Está compuesto de piezas excepcionales de la historia de un territorio y forman parte de la memoria colectiva de una población. A este respecto, las galerías Punta Begoña (Getxo), tienen un extraordinario interés arquitectónico, histórico-artístico y ambiental, pero, sobre todo, son un icono dentro y fuera del municipio, siendo la historia viva de intensos cambios políticos, sociales y económicos. La presente tesis doctoral titulada *“Desarrollo de un protocolo integral para la puesta en valor de los elementos decorativos del salón de las galerías Punta Begoña”*, cumple con los objetivos planteados, y consiguientemente resueltos: la realización de una búsqueda bibliográfica exhaustiva, la evaluación del estado de conservación de los elementos decorativos del salón, la caracterización fisicoquímica de los materiales, para, en definitiva, la creación de protocolos de actuación para su Conservación y Restauración. Además, la tesis ahonda en la recuperación cultural frente a la Memoria Histórica, y por último, el desarrollo de nuevos materiales y metodologías ecológicas de restauración en Patrimonio Construido. Por lo tanto, todo lo expuesto nos lleva a aseverar que se ha realizado un trabajo transdisciplinar.

Se encuentra englobado dentro del Macroproyecto de puesta en valor de las galerías Punta Begoña, que comienza en el 2014 con el acuerdo firmado entre La Universidad del País Vasco UPV/EHU y el Ayuntamiento de Getxo (País Vasco). Los protocolos de actuación recogidos en esta tesis doctoral se han desarrollado para su puesta en marcha en los futuros trabajos de recuperación del salón, y así lograr una restauración integral de todos los elementos decorativos que componen esta estancia.

SUMMARY

The Conservation and Restoration of the built Heritage is essential to preserve the Cultural Heritage, which defines our environment, customs and traditions, which are, in the end, identifiers of a unique Cultural Landscape. It is composed of exceptional pieces of the history of a territory and are a part of the collective memory of a population. In this regard, the Punta Begoña galleries (Getxo) have an extraordinary architectural, historical-artistic and environmental interest, but above all, they are an icon within and outside the municipality, being the living history of intense political, social and economic changes. The present doctoral thesis entitled “*Development of a comprehensive protocol for the enhancement of the decorative elements of the Punta Begoña galleries main hall*”, meets the objectives set, and consequently resolved: the performance of an exhaustive bibliographic research, the evaluation of the state of conservation about decorative elements of the hall, the physicochemical characterization of the materials, for ultimately, the creation of action protocols for their Conservation and Restoration, in addition to delving into the cultural recovery against historical memory, and finally, the development of new materials and ecological restoration methodologies in built Heritage. Therefore, all the above leads us to assert that a transdisciplinary work has been carried out.

It is included in the Macroproject to enhance the value of Punta Begoña galleries, which began in 2014 with the agreement signed between the University of the Basque Country UPV/EHU and the Getxo City Council (Basque Country). The action protocols collected in this doctoral thesis have been developed to be implemented in future interventions work in the main hall, and thus achieve a comprehensive restoration of all the decorative elements that make up this room.



Capítulo 1

Introducción



La Conservación y/o Restauración de Patrimonio Construido es actualmente, uno de los campos de intervención más apasionantes, dado que engloba multitud de factores intrínsecos y extrínsecos; contextos técnicos; históricos y artísticos [1,2]. Todos ellos relacionados entre sí, nos ofrecen una visión real del estado del inmueble. Es por ello, que su Conservación y Restauración, supone un reto para los expertos y profesionales que se dedican a su salvaguarda.

Desde su origen, la Conservación y/o Restauración de Bienes Culturales, se ha centrado, en las entendidas como Bellas Artes: Pintura, Escultura y Arquitectura. Es esta última, la disciplina que cuenta, hoy en día, con amplios debates y controversias en cuanto a sus directrices y criterios. En las últimas décadas y gracias a la evolución y ensanchamiento del concepto de paisaje (Convenio Europeo del Paisaje, Florencia, 2000) [3], podemos decir que la arquitectura es otro agregado cultural del paisaje, forma parte de nuestro imaginario colectivo, más aún, tratándose de edificios monumentales que tienen una duración más extensa en nuestras memorias históricas y en nuestro espacio físico de manera general.

La Conservación y/o Restauración del Patrimonio Construido es esencial para preservar nuestro Patrimonio Cultural, nuestro paisaje, el cual define nuestro entorno, costumbres y tradiciones que son, en definitiva, identificadores de un paisaje cultural único. Por ello, es importante que exista una estrategia investigadora sobre el patrimonio, con independencia de las intervenciones concretas que, en un momento dado, deban realizarse [4], desde una sola perspectiva. Este esfuerzo por conocer debe estar siempre abierto y capaz de enriquecerse de forma constante, pues con ello incrementamos la propia importancia del bien [4]. Además, en los últimos años la inclusión de la ciencia en el arte ha favorecido investigaciones transdisciplinares que han generado una preservación más consciente, más eficiente y menos invasiva gracias a la confluencia de profesionales de diferentes áreas [5-7]. La transdisciplinariedad tiene un incalculable valor para los agentes involucrados, así como para la obtención de resultados robustos y duraderos [8-10].

En este sentido queda integrado el macroproyecto de puesta en valor de las galerías Punta Begoña, en el que participan la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), el Ayuntamiento de Getxo, Diputación Foral de Bizkaia y el Gobierno Vasco.

Las Galerías Punta Begoña están ubicadas en el municipio de Getxo (Bizkaia, España), cuentan con un alto valor arquitectónico y artístico y, por lo tanto, se consideran Patrimonio Cultural relevante del norte de España [11]. Las Galerías fueron construidas en 1918 por el arquitecto Ricardo Bastida (1879, Bilbao, España), quien desde muy joven tuvo contacto directo con el movimiento modernista en Barcelona [12-14]. Horacio Echevarrieta (1870, Bilbao, España), un notable empresario de la época, le encargó construir las galerías con los materiales más innovadores del momento, como el acero reforzado y el cemento Portland [11]. De hecho, este producto se empleó para la construcción de las galerías, siendo uno de los primeros edificios privados en Vizcaya construido con este material novedoso [11]. Sin embargo, su fortuna y sus negocios comenzaron a ser problemáticos en la II República (1931-1939). Finalmente, con la llegada de la Guerra Civil española (1936-1939) y la captura de Bilbao por las tropas de Franco (1937), las galerías fueron ocupadas.

La apropiación del patrimonio civil y privado por parte del régimen franquista fue una realidad durante este conflicto y el período de posguerra. Además, la propaganda política publicitaria fue una de las principales expresiones del franquismo [15]. En este sentido, la sala principal de las galerías se convirtió en un lugar ideal para capturar esta ideología política, que hoy en día, recoge en sus paredes motivos iconográficos enmarcados dentro del periodo franquista, apareciendo en sus muros motivos, escudos, personajes y lemas asociados a dicho régimen. Iconografías que, en la actualidad, se encuentran casi por completo desaparecidas y encierran hipótesis variopintas sobre el origen y la ejecución de estas pinturas. En las paredes aparecen manifestaciones de la supuesta ocupación forzada. Además, al no existir documentación oficial que pruebe esta hipótesis, evidencia la incongruencia entre la iconografía actual de la pintura mural, la historia original de las galerías y la ideología de Horacio Echevarrieta. A todos los efectos, las iconografías del salón principal han generado una gran controversia debido a la falta de documentación fotográfica y documental del aspecto original del salón principal. A día de hoy únicamente existe en la memoria de los ciudadanos que pasaron por ella, memoria clave para entender la historia de este lugar.

Es por ello por lo que este patrimonio, redescubierto apenas hace unos años, alberga un sinfín de cuestiones excepcionales y problemáticas variadas, además de sufrir durante décadas, el abandono institucional y social, relegándolo a un espacio en desuso, maltratado y minusvalorado.

Los acontecimientos sucedidos en las galerías han terminado por situar a estas, y más concretamente, al salón, en un espacio despreciado por los vecinos de Getxo que, con información sesgada, han creado una particular imagen política del bien. Para remediar este hecho, la estrategia de difusión de las investigaciones y el abierto al público en el modelo ya conocido de “abierto por obras” que da a conocer los avances en el Patrimonio Construido, ha mejorado sustanciosamente esta visión.

Dentro del proyecto de “Puesta en Valor de las galerías Punta Begoña (Getxo)” que comienza en el 2014, investigadores de diferentes áreas como historiadores, conservadores y restauradores, geólogos, químicos o arquitectos aportan sus conocimientos de forma continuada para la recuperación del bien. Las investigaciones y estudios recogidos desde todos los ámbitos contribuyen a la toma de decisiones específicas y óptimas para su Conservación y Restauración. Además, la realización de estudios analíticos podría esclarecer los vacíos en los capítulos de la historia de este Patrimonio Construido [16-19].

Punta Begoña es finalmente el cómputo del discurrir de la historia contemporánea en Vizcaya, confirmando lo descrito en la carta de Cracovia (2000) [20]:

“El patrimonio arquitectónico, urbano y paisajístico, así como los elementos que lo componen, son el resultado de una identificación con varios momentos asociados a la historia y a sus contextos socioculturales.”

La precaria conservación de todos sus materiales y el estudio de las distintas problemáticas que alberga el salón es indispensable para una correcta recuperación para otorgar así, una veracidad histórica a este espacio.

La intervención en estos elementos decorativos ha supuesto una oportunidad excelente para conocer exhaustivamente los materiales que constituyen el salón, así como, la evaluación de tratamientos y metodologías innovadoras a emplear tanto en esta obra como en otras de tipología similar. Gracias a esto, se contribuye, primeramente, a ayudar y resolver el vacío de información en torno al salón de las galerías Punta Begoña, y seguido, el análisis y búsqueda de diversos tratamientos que se pueden realizar para su Conservación y/o Restauración.

1.1 Justificación

La realización de esta tesis doctoral conlleva, como en la mayoría de los casos, una gran pasión personal por el proyecto. La orientación hacia la investigación y profundización sobre un Patrimonio ya sea mueble o inmueble, tangible o intangible, o un paisaje, convierte a la tesis en algo más que una mera investigación. Aunque el Patrimonio es percibido como una seña de identidad social y un vínculo con el paisaje, actualmente, no es habitual, ya sea por educación o desconocimiento, tener conciencia de la salvaguarda del mismo.

Por consiguiente, la elaboración de protocolos de investigación es fundamental en los proyectos de Conservación y Restauración de Patrimonio Construido. En el caso del proyecto de las galerías Punta Begoña, este proceso es necesario e imprescindible. La existencia de un vacío en la documentación histórica y fotográfica del salón ha generado lagunas y visiones erróneas de este patrimonio, dada la iconografía actual. Cambiar la perspectiva que se tiene de esta construcción histórica, es una tarea costosa y difícil, pero importante para comprender la historia, los procesos sucedidos en él y, como consecuencia, el valor del mismo.

Por ello, Punta Begoña atañe algo más que a un estudio o una investigación. Aglutina a otros factores como: el propio ciudadano del municipio o localidad, la educación y sensibilidad de estos hacia la cultura, y la memoria histórica de un pueblo. Es, por tanto, por lo que este proyecto tiene una carga añadida más allá del ámbito científico o de contribución a la sociedad: tiene un fuerte impacto en la memoria colectiva, algo esencial para aclarar donde se origina y nace, como se desarrollan los acontecimientos y cuál es el espacio que nos llega en la actualidad.

Dada la singularidad en su historia, sus materiales de construcción y de su exclusiva ubicación, las respuestas a su Conservación y Restauración no son las convencionales, puesto que se plantea un escenario único para llevar a cabo actuaciones en estos campos. Por ello, este proyecto se plantea como una guía esclarecedora para tomar las decisiones óptimas, fundamentadas en un estudio descriptivo, científico y experimental detallado.

La presente tesis, además, aporta nuevas metodologías y materiales naturales para la Conservación y Restauración de pinturas murales, aspecto relevante para la

innovación en nuevos productos, acordes con las actuales directrices europeas que abogan por el cuidado del medio ambiente y del profesional de la restauración.

Por último, la similitud del conjunto histórico Punta Begoña, con otros enclaves en el territorio nacional e internacional, hace de este complejo patrimonial un modelo que contribuirá a los avances realizados en estos casos extraordinarios.

1.2 Objetivos

Teniendo en cuenta el macroproyecto de “Puesta en valor de las galerías Punta Begoña” en el que se enmarca este proyecto y el objeto a estudio, se ha fijado el siguiente objetivo global del presente proyecto de investigación:

“Desarrollo de un protocolo integral para la puesta en valor de los elementos decorativos del salón de las galerías Punta Begoña (Getxo)”

Para la consecución del objetivo anteriormente planteado, se precisan los siguientes objetivos específicos:

- **Realización de una búsqueda bibliográfica y documental**

Búsqueda de documentación bibliográfica exhaustiva histórico-artística. Profundizar en la historia de las galerías Punta Begoña, en concreto, el salón: materiales que componen la pintura mural, los zócalos y suelo. Estudiar su variación en el tiempo en fondos bibliográficos propios del proyecto y externos.

Realización de una base de datos con documentación fotográfica. Fotografiado en el comienzo, desarrollo y final de la intervención, con diferentes técnicas para la evaluación del comportamiento de materiales y sus degradaciones, así como, soporte documental.

- **Evaluación del estado de conservación de los elementos decorativos del salón y documentación fotográfica del salón**

Realización de mapas de daños correspondientes a cada material de forma global localizando todos los agentes implicados en la degradación de las pinturas, morteros, mármoles. Llevar a cabo una documentación fotográfica para recoger el estado del salón.

- **Caracterización fisicoquímica de los materiales compositivos del salón**

Mediante análisis fisicoquímicos de los materiales compositivos, evaluar su estado de conservación, identificación de los principales agentes de degradación, y obtener información sobre las técnicas y/o pinturas subyacentes, que ayuden a rellenar las lagunas históricas del salón.

- **Conservación y Restauración del salón: Creación de protocolos de actuación. Recuperación cultural frente a la Memoria Histórica**

Desarrollo de un modelo de actuación para la recuperación del espacio teniendo en consideración la singularidad de este Patrimonio y los estudios realizados.

- **Puesta en valor del salón**

Desarrollo de herramientas virtuales que permitan difundir el espacio y las tareas de Conservación y Restauración en ejecución.

- **Desarrollo de nuevos materiales y metodologías ecológicas de restauración**

Investigación fundamental de nuevos materiales ecológicos y naturales para la limpieza y eliminación de microorganismos; que puedan llegar a desarrollar nuevos productos, incluso, para la consolidación de superficies policromadas mediante la inclusión de estos en los morteros.

1.3 Metodología

Este proyecto de tesis transdisciplinar ha abarcado diversos ámbitos que competen a la Conservación y/o Restauración de patrimonio inmueble. Por ello, se han abordado los problemas acaecidos en este patrimonio, desde áreas como la Química, la Geología, la Historia y la propia Conservación y/o Restauración. Se ha combinado

el uso de diferentes técnicas y metodologías dentro de estas áreas, para lograr un resultado óptimo. Además, en el desarrollo de la tesis han estado presentes los Principios para la Conservación y Restauración de Pintura Mural (2003) [21] y, los Principios para el análisis, Conservación y Restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico (2003) [22], descritos por ICOMOS (Consejo Internacional de monumentos y sitios). Por ello, en primer lugar, se ha realizado una búsqueda bibliográfica exhaustiva, en archivos tanto nacionales, como del País Vasco. A su vez, gracias a la recopilación de datos históricos y fotográficos llevada a cabo por el Grupo Patrimonio Construido de la UPV/EHU (GPAC), participante del proyecto en el que se engloba esta tesis doctoral), se ha podido aglutinar información relativa al salón. Los testimonios locales recogidos han resultado ser una buena fuente de origen para descifrar el estado anterior del salón hasta la situación actual. Paralelamente, y a lo largo de todo el proceso de realización de esta tesis, se ha fotografiado el salón mediante imágenes de planos generales, y en detalle, las paredes vistas y las traseras del mismo, además de, los anexos (1ª crujía, baño y cocina) y el jardín superior, para obtener de forma visual y rápida un conocimiento de los procesos que le afectan y los avances en la Conservación y Restauración. Esto ha permitido hacer comparaciones del salón.

Tras ello, se elaboraron dos mapas de daños específicos para las pinturas murales y los mármoles del salón. Fueron clasificados según las diferentes patologías y alteraciones. Este paso permitió determinar las zonas más afectadas y hacer una composición general del estado del salón. El exámen visual de las paredes, apoyo esta acción. Estos mapas fueron fundamentales para proceder a la elaboración de un plan de muestreo, y la posterior caracterización de estas zonas. Se analizaron mediante instrumentos ópticos (microscopio óptico, lupa binocular, microscopio óptico de barrido (SEM), fotografía infrarrojo cercano (NIR)), técnicas químicas como las espectroscópicas (Espectroscopía Raman, Fluorescencia de Rayos X (XRF) y Difractómetro de rayos X (XRD), Espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier (FTIR)) y las cromatográficas (Cromatografía iónica).

Una vez finalizadas estas tareas previas de reconocimiento y recogida de información esencial, se trazó un plan de diseño de metodologías para su recuperación. Estas actuaciones se han basado en estudios científico-técnicos llevados a cabo en otros inmuebles de contextos similares, además de, estudios histórico-artísticos. Es-

tos últimos, han podido servir como base en cuestiones como los criterios de intervención en patrimonio franquista y adecuar las metodologías, teniendo en cuenta la Ley de Memoria Histórica 52/2007 [23]. En este punto, la producción de probetas para la investigación de metodologías acordes ha sido esencial, ya que han permitido en primer lugar, no dañar el salón, y posteriormente, conocer profundamente la creación de las pinturas murales y los elementos decorativos del salón.

En todo el desarrollo de la tesis doctoral, se ha abogado por el empleo de las técnicas y materiales de restauración lo menos dañinas posibles con el medio ambiente y con los profesionales que ejecuten estas directrices. Derivado de este empeño, se han investigado posibles materiales naturales como productos en la restauración de pinturas murales.

Finalmente, toda la compilación de estas investigaciones permitirá actuaciones óptimas en la recuperación del salón de las galerías Punta Begoña y en otros patrimonios construidos que cuenten con alguna o varias de las características de este. Por ello, es necesaria la divulgación llevada a cabo durante la duración de esta tesis a través de artículos científicos, congresos, charlas y talleres, así como musealización de los avances y los estudios llevados a cabo.

A continuación, se muestra un esquema (Fig.1.1) de las fases de la metodología seguidas para la consecución de los puntos descritos en apartado 1.2:



Figura 1.1. Esquema adaptado al proyecto del salón de las galerías Punta Begoña del desarrollo habitual en la metodología de intervención de Bienes Culturales. Fuente: Consejería de Cultura y Patrimonio Histórico, Junta de Andalucía. *Criterios y Metodología en las actuaciones en Conservación de Bienes*. <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/culturaypatrimoniohistorico/areas/bienes-culturales/actuaciones-conservacion/paginas/criterios-bienes.html>.

1.4 Fuentes: síntesis de las referencias bibliográficas

La realización de esta tesis doctoral se ha fundamentado en múltiples fuentes bibliográficas de diferente índole, pudiéndolas clasificar en 5 grupos dependiendo de su origen. La profundización en el trabajo ha sido paulatina, al requerirse, en los diferentes estadios, una bibliografía específica, con un comienzo más generalista, hasta fuentes bibliográficas más específicas y en muchos casos escasas, por las casuísticas particulares que surgen entorno a este edificio y más en concreto al salón.

La recopilación de información se ha distribuido de la siguiente manera.

1. Grupos de Investigación de la Universidad.
2. Documentación fotográfica.
3. Memoria colectiva e histórica.
4. Documentación Bibliográfica.
5. Artículos de investigación.

1. Inicialmente, mencionar uno de los puntos en los que el intercambio de información resultó ser una base *ad hoc*¹ imprescindible y necesaria. Gracias a la puesta en común entre los grupos de investigación de las distintas áreas, este se ha visto modificado en el tiempo, por sus propias características, pudiéndose así, lograr mejores resultados.

2. Mediante la documentación fotográfica, se han resuelto disyuntivas importantes acerca de Punta Begoña y su construcción inicial. Parte de este fondo fotográfico de carácter particular (familiares de Horacio Echevarrieta, fotógrafos profesionales, etc.) o de origen público (vecinos y ayuntamiento), ha recogido, en gran parte, los cambios que el complejo de las galerías ha sufrido a lo largo de los años. En el caso concreto del salón, la documentación fotográfica es escasa, y únicamente existen 2 fotografías de paredes opuestas y de los años 90, perspectiva que da poca información acerca de cómo fue en su origen este espacio.

¹ “Se emplea como locución adjetiva con el sentido de 'adecuado, apropiado, dispuesto especialmente para un fin". Real Academia Española.

3. Al ser un edificio tan controvertido y hermético para el resto del municipio en sus primeras etapas (Horacio Echevarrieta lo disfrutaba de manera personal con amigos o personas influyentes de negocios), y posteriormente, un lugar olvidado y abandonado, su historia y comprensión han sido malinterpretadas. La recopilación de información oral (memoria colectiva) a través de testimonios directos de la propia familia, o simplemente ciudadanos de a pie, se ha hecho imprescindible para recrear el recorrido al que se ha visto sometido Punta Begoña.

4. La documentación bibliográfica se ha recopilado, por un lado, a través de archivos de la Diputación Foral de Bizkaia, Ayuntamiento de Getxo, Fundación Indalecio Prieto, y, por otro lado, mediante la consulta de actuaciones en patrimonios similares a Punta Begoña, o que reúnen características idénticas en cuanto a materiales, técnicas, ubicación, condiciones de deterioro y visión sociopolítica.

5. La consulta, en bases de datos internacionales, de artículos de investigación, ha resultado ser una gran fuente de información sobre los materiales compositivos del salón, su comportamiento, y productos de conservación y restauración actuales, así como de los procesos de degradación de estos materiales.

1.5 Referencias

- [1] Bonilla, J. A. T. (2004). Consideraciones que deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. *Conserva*, 8, 102-122. https://www.academia.edu/download/53587562/restauracion_pdf.pdf
- [2] Iscarsah. (2004) *Recomendaciones para el Análisis, Conservación y Restauración Estructural del Patrimonio Arquitectónico*. <http://www.icomoscr.org/doc/teoria/ICOMOS.2003.recomendaciones.analisis.conservacion.restauracion.patrimonio.arquitectonico.pdf>
- [3] Carta Convenio Europeo del Paisaje (2000). Observatori del Paisatge. http://www.catpaisatge.net/fitxers/docs/convenis/CEP_spanish.pdf
- [4] Centro Superior de Investigaciones Científicas. (2016). *Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico Arquitectónico y Arqueológico*. <https://www.eea.csic.es/laac/investigacion-laac/conservacion-y-restauracion-del-patrimonio-historico-arquitectonico-y-arqueologico/>
- [5] Matteini, M., & MOLES, A. (2001). *Ciencia y restauración*. Editorial Nerea.
- [6] Gómez, M. L. (1998). *La restauración: examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Cátedra. Madrid: Cátedra.
- [7] Sánchez Martínez, M., & Álvarez Gasca, D. E. (2011). El papel de la Química en la restauración de monumentos. *Acta Universitaria*, 21, 101–106. <https://doi.org/10.15174/au.2011.43>
- [8] Lima, J. A. L., González, L. I. P., Díaz, M. F. H., & Rocha, R. A. M. (2012). La restauración de bienes culturales como testimonio de un procedimiento multidisciplinar. Un ejemplo en el retablo del Gran Poder de Dios, Puerto de la Cruz (Tenerife). *Catharum: Revista de Ciencias y Humanidades*, (12), 37-52. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3986335.pdf>
- [9] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2015). *Plan Nacional de Investigación en Conservación del Patrimonio Cultural*. <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/plan-nacional-de-investigacion-en-conservacion-del-patrimonio-cultural/patrimonio-historico-artistico/20706C>
- [10] Cirujano, C., Laborde, A., & Prado, F. (2012). La restauración del Pórtico de la Gloria en la Catedral de Santiago de Compostela. *Patrimonio Cultural de España*, 6, 183–195. <https://www.academia.edu/download/30332178/CirujanoLabordePradoPorticoGloria.pdf>

- [11] Aktuart. (2019). *¿Qué Son Las Galerías?*. Galerías Punta Begoña. <https://puntabegoña.getxo.eus/que-son-las-galerias/>
- [12] Más Serra, E. (2000). *Ricardo Bastida un arquitecto para Bilbao*. Bilbao: Fundación BBK, 2000.
- [13] Azpiri, A.(1997).*En torno al urbanismo de Ricardo Bastida: criterios y procedimientos. Bidebarrieta*, 2, 163-169.
- [14] Más Serra, E. (2001). *Arquitectos municipales de Bilbao*. Bilbao: Ayuntamiento de Bilbao, Área de Cultura y Turismo, 79-81.
- [15] Hernández, Á. L. (1992). *Arte e ideología en la España de la postguerra (1939-1951)*. [Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=14423>.
- [16] De Benedetto, G. E., Fico, D., Margapoti, E., Pennetta, A., Cassiano, A., & Minerva, B. (2013). The study of the mural painting in the 12th century monastery of Santa Maria delle Cerrate (Puglia-Italy): characterization of materials and techniques used. *Journal of Raman Spectroscopy*, 44(6), 899–904. <https://doi.org/10.1002/jrs.4298>
- [17] Gebremariam, K. F., Kvittingen, L., & Nicholson, D. G. (2016). Multi-analytical investigation into painting materials and techniques: The wall paintings of Abuna Yemata Guh church. *Heritage Science*, 4(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40494-016-0101-6>
- [18] Fioretti, G., Raneri, S., Pinto, D., Mignozzi, M., & Mauro, D. (2020). The archaeological site of St. Maria Veterana (Triggiano, Southern Italy): Archaeometric study of the wall paintings for the historical reconstruction. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 29, 102080. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102080>
- [19] Angelini, I., Asscher, Y., Secco, M., Parisatto, M., & Artioli, G. (2019). The pigments of the frigidarium in the Sarno Baths, Pompeii: Identification, stratigraphy and weathering. *Journal of Cultural Heritage*, 40, 309–316. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.04.021>
- [20] Carta Cracovia. (2000). *Grupo Español de Conservación*. <https://www.geiic.com/2006/07/04/2000-carta-de-cracovia/>

[21] Carta ICOMOS: Principles for the preservation and conservation-restoration of wall paintings. (2003). ICOMOS. https://icomos.es/wp-content/uploads/2020/01/wallpaintings_e.pdf.

[22] Carta ICOMOS, Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico. (2003). ICOMOS. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi70NDIx6TsAhXE2-AKHxjNBmwQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.icomos.org%2Fcharacters%2Fstructures_sp.pdf&usg=AOvVaw1RxZJiaTBeQEA7o6cFCdd6

[23] Cortes Generales del Gobierno de España. (2007,27 diciembre). Ley 52/2007. *Por la que se reconocen y amplían derechos y se establecen medidas en favor de quienes padecieron persecución o violencia durante la guerra civil y la dictadura*. Boletín Oficial del Estado 2007-22296. <https://www.boe.es/eli/es/l/2007/12/26/52/con>



Capítulo 2

Estado de la cuestión



En relación con el estado de la cuestión, se desglosan a continuación, diferentes bloques para tener en cuenta: fuentes histórico-artísticas sobre el arte en el franquismo y la conjunción de este con la Ley de Memoria Histórica; fuentes sobre la Conservación y Restauración en Patrimonio Construido y pinturas murales; y, por último, fuentes analíticas en relación con la caracterización de materiales.

En la actualidad, las arquitecturas y manifestaciones franquistas son cada vez más denostadas, debido a la madurez que ha adquirido la sociedad frente a este conflicto y la ayuda de la creación de leyes como la *Ley de la Memoria Histórica (Ley 52/2007 de 26 de diciembre)* que entró en vigor en el 2007, por la que se reconocen y amplían derechos y se establecen medidas en favor de quienes padecieron persecución o violencia durante la guerra civil y la dictadura [1]. Es por ello que, paulatinamente, se han ido borrando del contexto urbano simbologías o exaltaciones franquistas en este tipo de edificios, además de las manifestaciones en inmuebles privados que muestran estas representaciones hacia la vía pública. Comprendían una fuerte connotación propagandística y, además, se buscaba una intención de relegar al olvido todo lo contrario al régimen (arte, costumbres, folklore...etc.). Así, se fueron instaurando, desde el fin de la guerra civil arquitecturas, emblemas, placas, estatuas y murales en las ciudades y pueblos, tanto en espacios públicos, como privados. Los debates generados por la retirada de estos símbolos siguen presentes en nuestros días, como así lo aborda Jesús de Andrés Sanz (2006) en *Los símbolos y la memoria del Franquismo* [2] y constituyen un punto de conflicto para numerosos casos dentro del territorio español.

El estudio de este momento histórico se ha afrontado desde varios puntos de vista, como: el político, el económico o el social. Existen autores que desgranar el periodo de la Guerra Civil y la dictadura desde el punto de vista de los artistas relegados al ostracismo en el mundo de las Bellas Artes. Son escasos los estudios dedicados a la profundización del estilo artístico del régimen franquista, con publicaciones destacadas como la de Ángel Llorente (1995) en el *Arte e ideología en el franquismo (1936-1951)* [3]. Estas publicaciones ahondan, a diferencia de otras, en la parte compositiva, las técnicas más empleadas y los autores más importantes en ese periodo. Además, para la recuperación y tratamiento de este tipo de espacios, Alfonso Muñoz Cosme, recoge en su obra *Arquitectura y memoria. El patrimonio arquitectónico y la*

Ley de Memoria Histórica [4], cómo llevar a cabo un plan de reutilización de los elementos arquitectónicos del pasado para su transformación, al igual que, Julián González Fraile y Óscar Navajas Corral, en *Ley de Memoria Histórica: Estrategias para recuperar y comunicar el Patrimonio de la Guerra Civil Española* [5].

Por lo que respecta a las corrientes actuales de Patrimonio Construido, existen numerosos casos en los que se tratan de forma separada los elementos que nos encontramos en el salón de Punta Begoña. Actualmente, una de las guías sobre los criterios de actuación y metodología a seguir es la carta de Cracovia del 2000 en la que se muestran los principios para la Conservación y Restauración del Patrimonio Construido, así como las recomendaciones de otros organismos ICOMOS, Instituto Getty, Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE), etc.

En el caso de los elementos decorativos que no son las pinturas murales en sí mismas, existen cartas de recomendaciones y guías, como el proyecto Coremans [6] publicado por el Ministerio de Educación y deporte, que trata los materiales pétreos en general. Aunque lo más específico lo encontramos en artículos que incluyen los materiales del salón en obras exentas, es decir, esculturas, escudos o decoraciones a forma de remates en muros. Por el contrario, como revestimiento de paredes, es menos habitual encontrar actuaciones al respecto.

Respecto a las intervenciones en soporte mural, es desde los orígenes de la Conservación y Restauración que se viene actuando en este tipo de obras. Por ello, aunque ciertas tareas y productos no han cambiado a lo largo de los años, las últimas décadas traen consigo un avance significativo tanto en la metodología como en los materiales de uso específico. De tal manera que se encuentran bibliografía por antonomasia que siguen vigentes hoy en día, como, “*La pintura mural: su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas*”, escrito por Ascensión Ferrer Morales [7] y “*La pintura mural: conservación y restauración*” de César del Pino Díaz [8], que analizan y exponen la pintura mural mediante técnicas tradicionales y la problemática de estas.

Sin embargo, las pinturas murales del siglo XX son actualmente, grandes desconocidas. Las técnicas de ejecución y los materiales en este periodo fueron evolucionando, lo que dio la posibilidad a los artistas de la época de variar ampliamente su creatividad. Mientras que estas revoluciones artísticas iban en aumento, alcanzado

su auge en la década de los 60 y 70, por los avances en la industria química, los trabajos y metodologías de restauración se estancaban. Pasadas unas décadas, comienzan a surgir degradaciones, problemáticas diversas y complejas derivadas del empleo de estos materiales modernos. Actualmente, continúan los esfuerzos por detener y entender estas reacciones por parte del ámbito profesional y académico. En el 2008 una entidad de referencia como es el Getty Institute, de los Ángeles, redactó unas pautas sobre los problemas y actuaciones en el arte contemporáneo, recogidas de una reunión en Nueva York, “Conservation Issues of Modern and Contemporary Art (CIMCA) Meeting” [9]. Más específicamente, “*Conservation Issues in Modern and Contemporary Murals*” [10], redactado en el 2015 por varios autores internacionales, contempla diferentes tipos de murales que se exponen en ubicaciones dispares a lo largo del planeta. También, las Jornadas de Conservación de Arte Contemporáneo, organizadas por el Museo Reina Sofía de Madrid, acercan anualmente a casos de estudio particulares e inéditos. Pero al ser un campo, el de la pintura mural contemporánea, tan amplio, cada caso implica un nuevo reto para la Conservación y Restauración.

Por último, al igual que sucede con otras obras en distintos soportes, ha aumentado la necesidad de realizar análisis fisicoquímicos para conocer en profundidad la obra de arte y nuevos materiales. Por ello, gran parte de los artículos que tratan el patrimonio, traen consigo una caracterización de materiales desde diferentes puntos de vista y con diferentes expertos [11-13]. A nivel estatal aparecen ya desde el 2008 las publicaciones “*La ciencia y el arte VI. Ciencias experimentales y conservación del patrimonio*” [14], realizadas por el Ministerio de Cultura y Deporte del Gobierno de España, que ponen en valor a la ciencia, aunque en los inicios es dirigida hacia otros intereses: industria, medicina, ingeniería es, posteriormente, adaptada a la Conservación y Restauración de Bienes Culturales, y el desarrollo de nuevos materiales para estos ámbitos.

2.1 Contextualización geográfica

El edificio de las galerías Punta Begoña se ubica en el municipio de Getxo en la provincia y territorio histórico de Vizcaya, dentro de la comunidad autónoma del País Vasco, en el Norte de España. Cuenta con una superficie de 11,89 km² y se sitúa a 47 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar) de altitud enfrente de la playa de Ereaga.

Las galerías se ubican prácticamente en el extremo suroeste del municipio frente al Puerto de Bilbao y diversas industrias (Fig.2.1.a). Estas actividades industriales y su correspondiente impacto paisajístico y medioambiental posicionan a Getxo entre uno de los municipios de Vizcaya más afectados por la contaminación ambiental, pese a no tener registrada ninguna actividad contaminante en su propio municipio [15] (Fig.2.1.b).

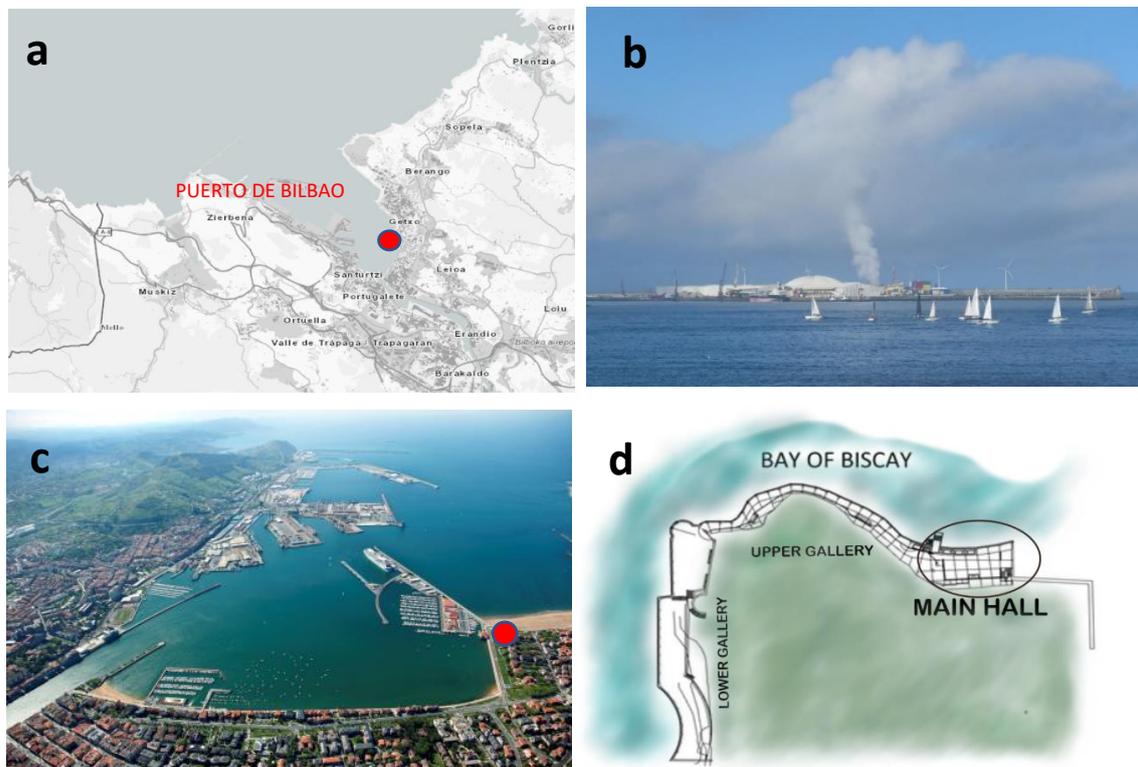


Figura 2.1 .a) Situación del Puerto marítimo de Bilbao frente a las galerías, Fuente: Google maps, b) Contaminación atmosférica provocada por el Puerto de Bilbao, c) Imagen de la bahía del Abra, con Punta Begoña situada en la esquina inferior derecha. Fuente: Sociedad Ibérica de Construcciones Eléctricas, S.A. (SICE). www.sice.com y d) Plano de distribución de las galerías NW y SW

Por su situación geográfica y paisajística es un elemento muy interesante y está incluido entre los monumentos protegidos de Getxo. En cuanto a la disposición de las galerías, una de ellas se ubica en la cara Noroeste, con vistas a la playa de Ereaga y otra en la cara Suroeste, frente a la entrada lateral de la bahía del Abra como se aprecia en la Figura 2.1.c y d.

Los vientos predominantes de la zona entran por el Mar, concretamente desde el Noroeste de la bahía [15], afectando más a la galería Suroeste, cuya posición está en un nivel inferior, aunque el salón también se ve en parte afectado por este agente.

2.2 Breve historia

El origen de las galerías Punta Begoña comienza con la adquisición de los solares ubicados en la zona llamada Atxekolandeta por parte de Horacio Echevarrieta (1870-1963). Su padre, Cosme Echevarrieta, republicano reconocido de la época (Fig.2.2.a) y gran empresario minero [16], deja los negocios familiares en herencia a su hijo, quien desde joven ya mostraba la genética empresarial de su padre. Horacio, gracias al manejo de su economía, agranda este imperio, a través de los años con su participación o creación de diversas empresas, como, por ejemplo: Iberia, Cementos Portland, Astilleros de Cádiz, Saltos del Duero (la actual Iberdrola), entre otras. También se le atribuye la intromisión en el mundo militar con diversos proyectos, como la construcción de un submarino (Fig.2.2.b).

Así, entabla relación de negocios con múltiples personalidades y cargos políticos del S.XIX, tanto nacionales, como internacionales. Tal y como se indica en "*Horacio Echevarrieta. El capitalista republicano*" de Pablo Díaz Morlán, este heredó una marcada ideología republicana que le hizo dedicarse a la política, en los primeros años, como representante de la unión de republicanos y socialistas en las cortes de Madrid [16]. Pero abandono pronto esta faceta activa de la política, y contó siempre con el apoyo de los diferentes gobiernos españoles, siendo considerado uno de los personajes más relevantes e influyentes de la época [16,17]. En esta finca de Atxekolandeta, decide construir su casa en 1910, la cual reforma con posterioridad. Dichas reformas fueron realizadas por el arquitecto Gregorio de Ibarreche [17].

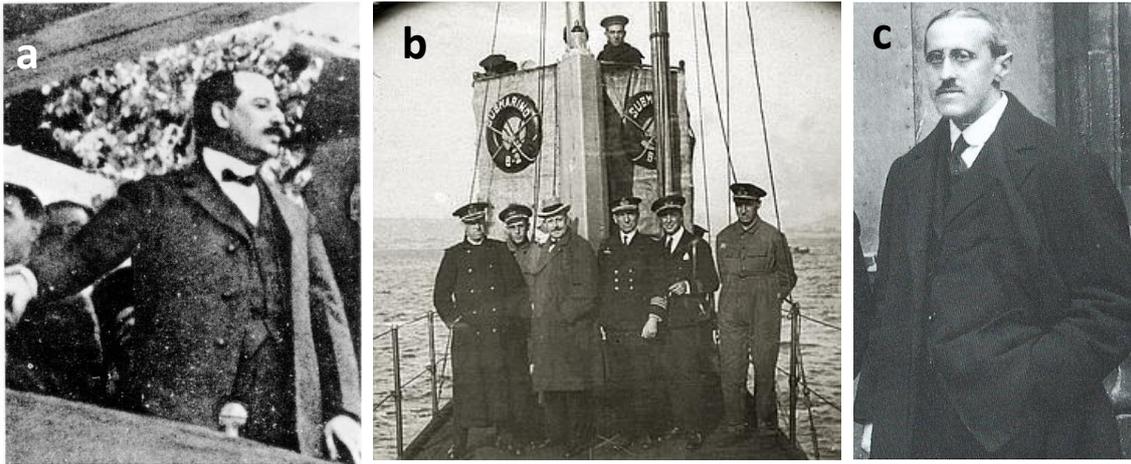


Figura 2.2. a) Horacio Echevarrieta dirigiendo la palabra al público en un mitin conjuncionista en Eibar (1912). Fuente: Colección de Bernardo Estornés Lasa, b) Horacio en la cubierta del submarino mandado construir por él. Fuente audiovisual: Tráiler de 'El último magnate. Fuente: periódico El Correo. <https://www.elcorreo.com/vizcaya/20120221/mas-actualidad/cultura/echevarrieta-201202211256.html>, y c) Ricardo Bastida. Fuente: Enciclopedia de Bilbao. www.bilbaopedia.com.

Este terreno es parte del Flysch de la costa vasca [18], que forma un acantilado junto a la única carretera/paseo de la zona. El punto de inflexión para que comenzase la construcción de estas galerías tiene lugar tras la caída de unas piedras, y la consiguiente peligrosidad de esta formación geológica para el transeúnte.

A partir de 1918, Horacio Echevarrieta manda diseñar las galerías al arquitecto Ricardo Bastida (1879-1953) (Fig.2.2.c), que desde unos años atrás, ya contaba a sus espaldas con renombrados proyectos realizados en toda España. Sin embargo, fue en Bilbao donde se notó más su influencia, ya que proyectó varios de los edificios que pueden observarse hoy en día [19-22]. Con su estilo modernista, adquirido en Barcelona durante su etapa de juventud, diseña unas galerías que pasan a convertirse en uno de los hitos constructivos del municipio de Getxo [19], debido a ser uno de los primeros edificios de hormigón armado de Vizcaya [23].

Las galerías Punta Begoña, cuentan con dos corredores a modo de mirador que circundan todo el exterior del edificio (Fig.2.3.a), una terraza-jardín en la zona de la azotea y un salón donde se realizaban los actos sociales, así como, reuniones privadas de negocios. La casa de Horacio conectaba con las galerías por el jardín superior (Fig.2.3.b). Se diseñan, principalmente, para el disfrute de la familia Echeva-

rrieta y de sus allegados durante la época estival. El carácter innovador y emprendedor de Horacio, le hace interesarse por los nuevos materiales y tecnologías. Por ello, ordena para la construcción de las galerías, los materiales más novedosos del momento. Para lo que se vale, de la utilización del hormigón armado en la estructura de estas. Incluye para la decoración de los corredores y el salón, materiales decorativos de alta calidad, como los mármoles del salón y las cerámicas de los muros de las galerías.

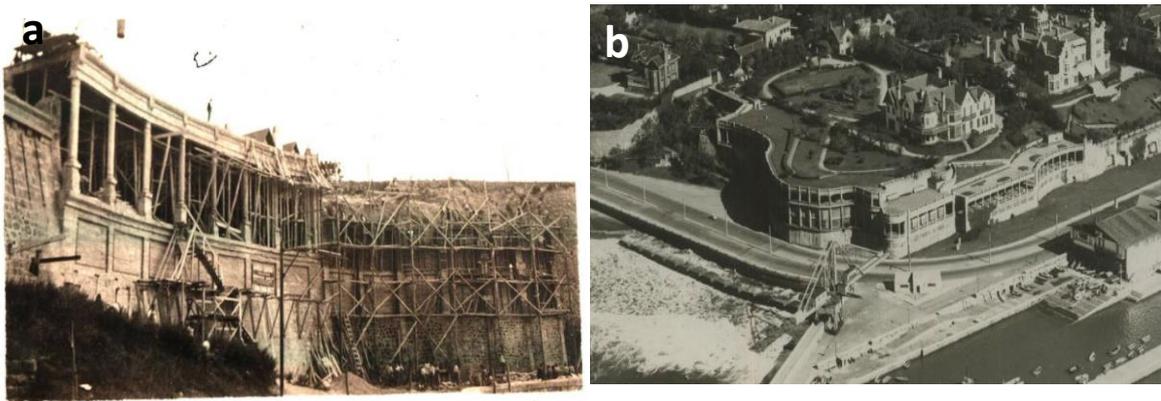


Figura 2.3. a) Momento de la construcción de las galerías. Fuente: GPAC-UPV/EHU, y b) Finca de la casa particular de Horacio Echevarrieta en la que aparecen las galerías. Fuente: GPAC-UPV/EHU.

La Guerra Civil española, junto con las malas decisiones tomadas en el negocio de los Astilleros de Cádiz, sumen a Horacio en una situación económica preocupante que deriva en la cesión de la empresa. Se cree, aunque no existe documentación que contraste esta información, que esta situación le lleva a negociar un acuerdo con el bando nacional (franquistas y falangistas), en el que las galerías pasan a ser edificio militar durante la guerra. Dada su ideología republicana, Horacio no vuelve a entrar en las galerías hasta su muerte.

Tras el paso del ejército del aire italiano por las galerías, estas se destinan a comedor social en la postguerra, y sirven de propaganda para el régimen franquista [24,25]. Desde entonces, las galerías entran en un periodo de abandono y deterioro paulatino. Es durante esta época cuando más se acrecienta su degradación. La combinación de varios factores como: la ocupación indeseada de las galerías, los actos

vandálicos reiterados y la contaminación ambiental, mezclados con la indeterminación durante años sobre su uso, por parte de las instituciones, presenta, hoy en día, un edificio enfermo.

Actualmente, solo se cuenta con la recopilación de información desde el comienzo del “Proyecto de puesta en valor de las galerías” en el 2014. En cuanto al salón, no existe constancia de la autoría de sus pinturas, ni de su decoración original. Sin embargo, las galerías Punta Begoña tienen un elevado interés arquitectónico, histórico y artístico. Además, suponen un símbolo de referencia dentro del municipio de Getxo al ser parte de su historia reciente.

2.3 Documentación fotográfica del salón de Punta Begoña

Hoy en día, se sigue sin tener datos fotográficos del interior del salón de la época de 1918, ni de las decoraciones supuestas que tenían los muros. Es de suponer que la ideología liberal de Horacio estaba en contraposición de las pinturas que se observan en el salón. Aun así, gracias a la investigación llevada a cabo para esta tesis en los fondos de archivos y bibliotecas, junto con la colaboración con GPAC-UPV/EHU, se ha podido recopilar información escasa, pero valiosa acerca como eran sus paredes.

Por un lado, se ha recogido la documentación referente a la construcción de las galerías y de sus posteriores restauraciones o rehabilitaciones. Existen planos de las mismas creados por Ricardo Bastida en el que diseña el aspecto futuro de estas. Conjuntamente a esta documentación, se ha podido localizar un boceto realizado a mano alzada propuesto por el arquitecto a modo de decoración de las paredes centrales del salón (Fig.2.4). En este boceto, las paredes contenían iconografías de paisajes, además de, ornamentaciones vegetales en los laterales y en la cornisa. También aparece una chimenea recargada de elementos, que diverge del actual diseño, algo más austero.

Por otro lado, a través de la recopilación de testimonios orales, se ha constatado que los elementos marmóreos del salón (suelo y zócalos), no han sido cambiados a lo largo de la historia de las galerías. Estos fueron escogidos, en consecuencia, a lo detallado por el propio Horacio Echevarrieta. No obstante, como se ha comentado, solo existen 2 fotografías que datan de 1990 sobre el aspecto que albergaba el salón en esa época. Fotografías cuya propiedad es de un vecino del municipio, realizadas

desde dos puntos de vista (Fig.2.5) y mostradas en un blog sobre el patrimonio de Getxo [26]. Se observa en ellas un salón apenas deteriorado, que ya contaba con la seña franquista en sus paredes.

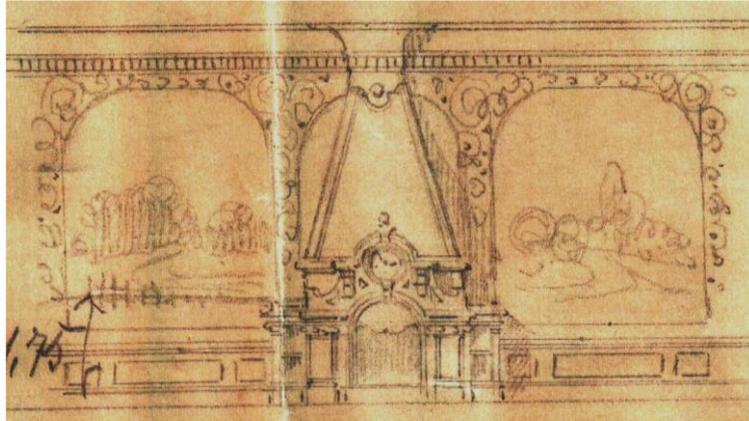


Figura 2.4. Boceto realizado por Ricardo Bastida para la proyección de las pinturas murales del salón. Fuente: GPAC-UPV/EHU.

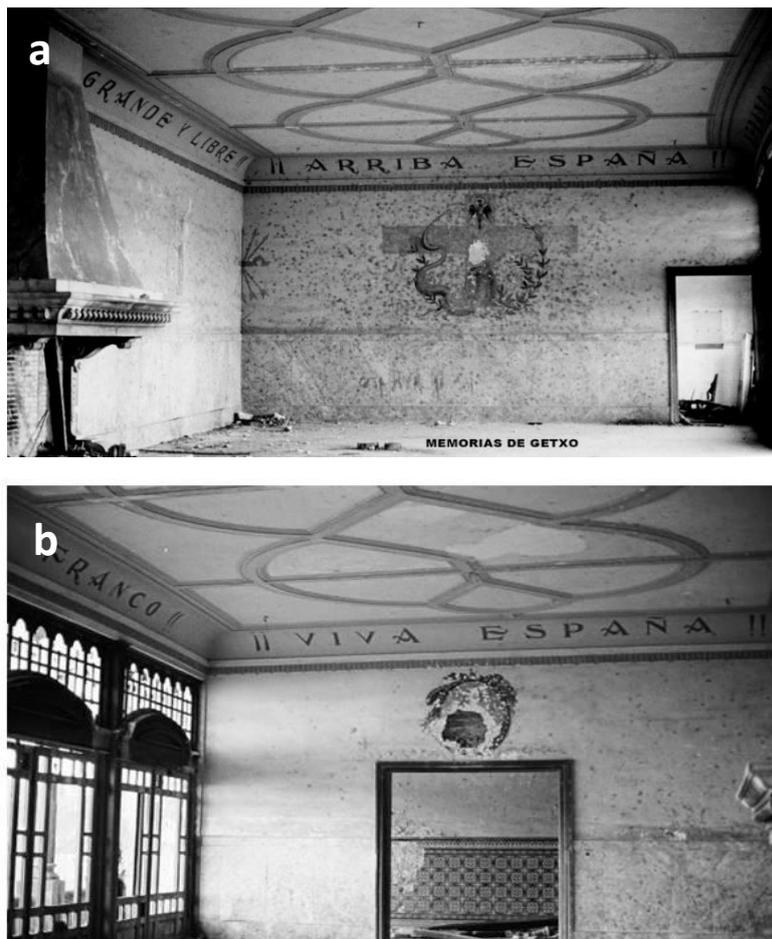


Figura 2.5. a) Fotografía de la pared derecha del salón y b) Fotografía de la pared izquierda del salón. Fuente: Blog Memorias de Getxo. <http://getxosarri.blogspot.com/2014/08/las-murallas-de-punta-begona.html>.

Con anterioridad al comienzo del proyecto (2014), existen varias imágenes realizadas de una rehabilitación anterior. Así, en el 2007, se tomaron varias instantáneas del interior del salón, ver Figura 2.6.

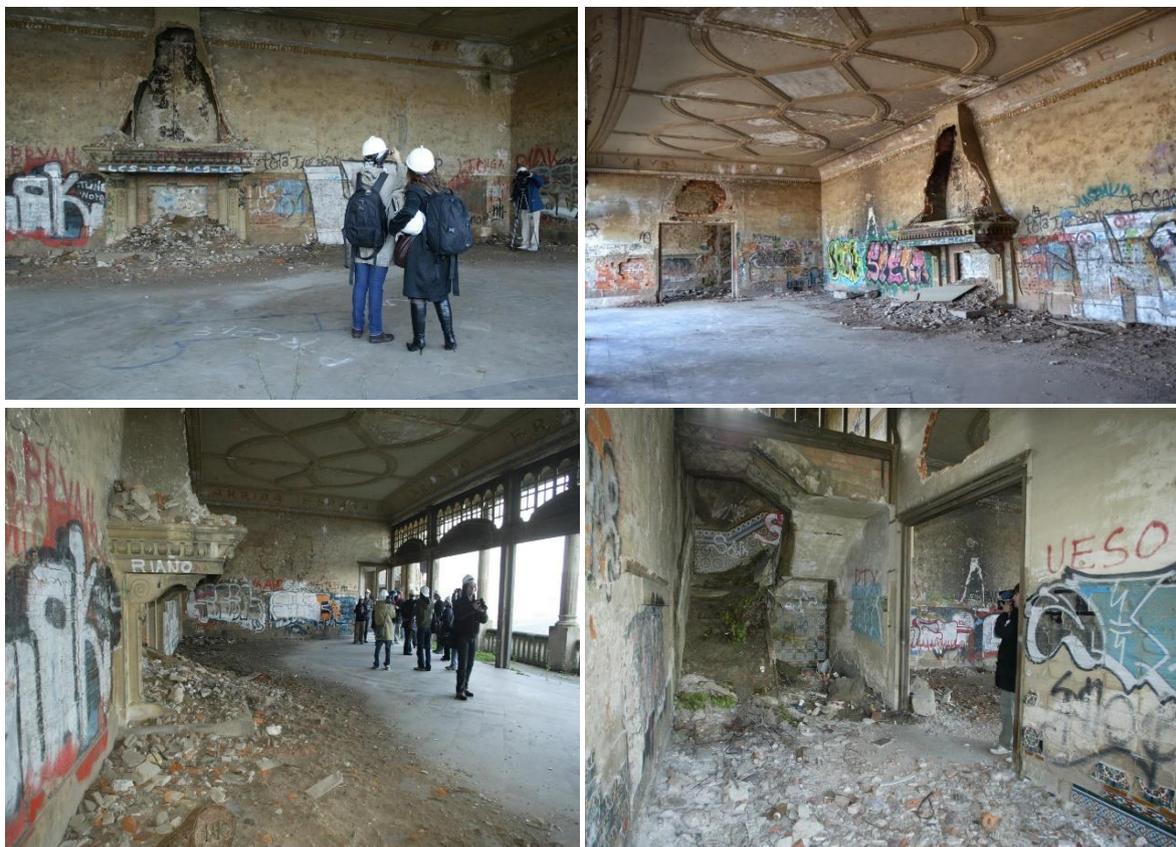


Figura 2.6. Distintas fotografías de estado del salón y 1ªcrujía en el año 2007. Fuente: GPAC-UPV/EHU.

Estas fotografías, constatan la situación de abandono en la que se hallaba este espacio, pero de forma añadida, sirven como un punto intermedio visual de las degradaciones registradas hasta ese momento, y de las que estaban por llegar entre el periodo 2007-2014. El comienzo de las restauraciones pone en evidencia como, en tan solo 7 años de diferencia, estos deterioros han causado ostensibles daños permanentes en los elementos decorativos del salón.

2.4 Descripción y elementos compositivos del salón

Este singular patrimonio, se compone de varios espacios: las dos galerías exteriores (inferior y superior), los jardines exteriores y el salón principal. Este último, es el espacio más significativo del edificio, ubicándose en la galería superior con acceso directo a la casa de Horacio Echevarrieta, hoy en día, demolida. Es una sala diáfana, que cuenta con unas dimensiones de 20,5 m de largo, 7,85 m de ancho y una altura de 5,3 m. El salón está compuesto por 4 paredes, tres de ellas son los muros laterales y pared frontal, y la cuarta es el cerramiento de madera (opuesto a dicha pared frontal) que hace de entrada y mirador hacia la playa de Ereaga. Tiene una chimenea en el centro (mitad pared 2 y 3), y está decorada en sus cuatro paredes con pinturas murales que comienzan a una altura de 1,80 m. Para una mejor comprensión del espacio, se añade una imagen de un boceto realizado en 3D, en el que se especifican la numeración y disposición de las paredes (Fig.2.7.a). En la pared lateral izquierda, una puerta de doble hoja (hoy en día desaparecida) da acceso a la denominada 1ª crujía, que conectaba con las escaleras de subida al jardín superior (techo del salón). Por otro lado, en la pared lateral derecha en la zona de unión respecto al cerramiento de madera, existe una puerta de anchura 1,20 m, da acceso al antiguo baño y cocina. Actualmente, no se cuenta con la puerta, pero sí sigue existiendo el vano.

La entrada principal al salón tenía un gran ventanal de madera y cristal, con una puerta ubicada frente a la chimenea (Fig.2.7.b).

Cada una de sus cuatro paredes contiene diferentes iconografías con una gama cromática limitada. En los distintos muros aparecen simbología carlista y falangista, escudos de Bilbao y Bizkaia, e imágenes y consignas contextualizadas en el régimen franquista.

Los materiales empleados en el salón de Punta Begoña son de una calidad alta para la decoración de una estancia. Concretamente, podemos encontrar cuatro grandes grupos dependiendo de su naturaleza:

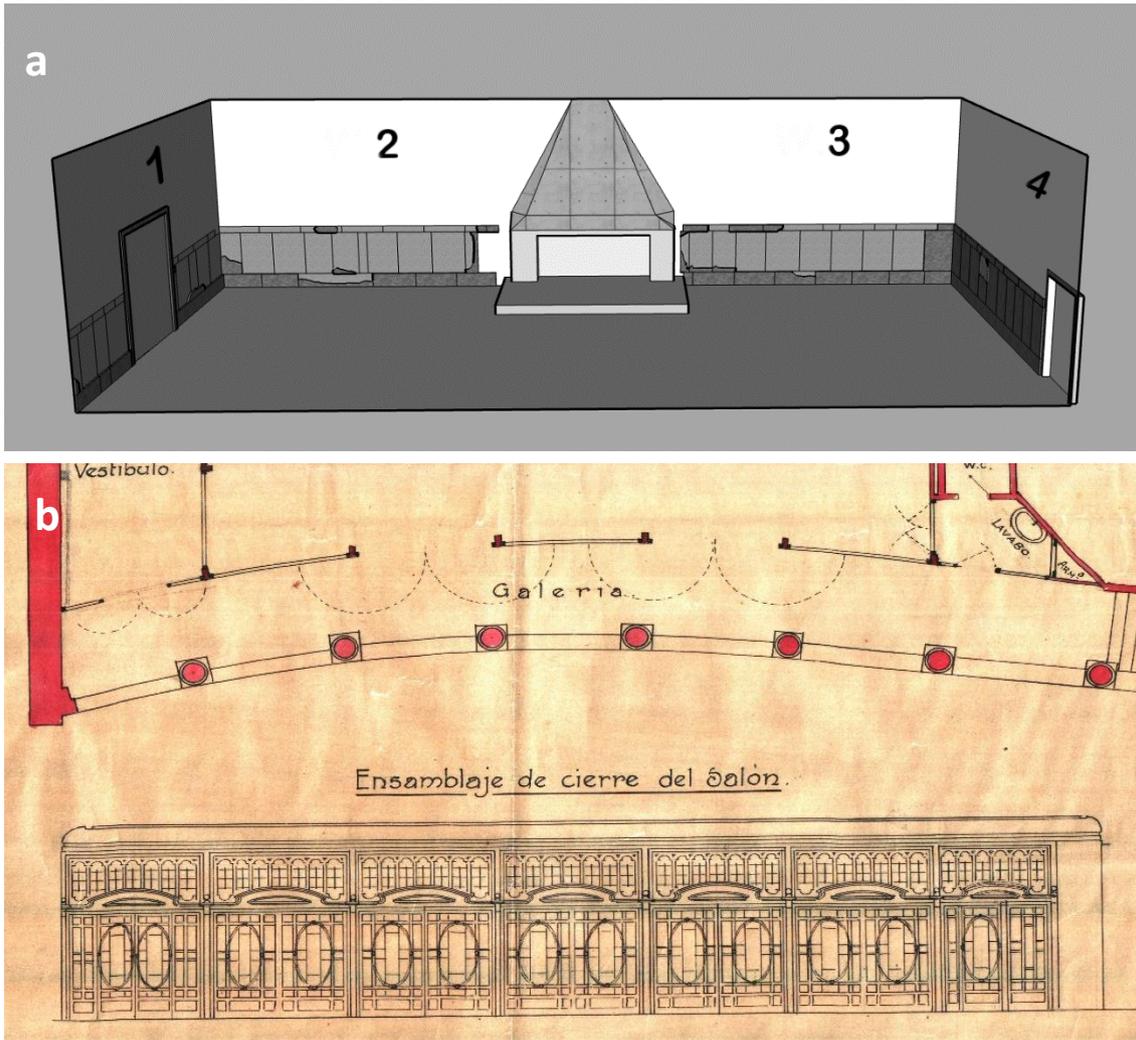


Figura 2.7. a) Denominación de las paredes del salón para esta investigación y b) Boceto de la documentación de arquitecto Ricardo Bastida acerca del cerramiento de madera del salón (vista alzada) y plano del salón (vista planta) Fuente: GPAC-UPV/EHU.

i. Elementos decorativos de mármol y piedra

Los mármoles son de diferentes procedencias y características. Estos ocupan la mayor área dentro de las superficies del salón. Este material se describe en el Capítulo 3 de esta tesis. Por otro lado, como decoración adherida a la pared central, se encuentra la chimenea, que está compuesta por granito y piedra artificial, que no se trata en esta investigación.

ii. Pinturas murales

Comienzan a una altura de 1,80 m en las cuatro paredes que componen el salón. Además, hay que incluir techo y cornisas. Recogen diferentes iconografías y decoraciones en relieves. Estas se describen en el Capítulo 4 de la tesis.

iii. Madera

La pared que hace de cerramiento situada enfrente de la pared 2 y 3, se realizó con madera proveniente de Asia (Fig.2.7.b). Los análisis de laboratorio han establecido que la especie de madera con la que se construyeron las carpinterías en 1917 es la Teca asiática (*Tectona Grandis*). Esta madera de gran valor va en concordancia con los materiales de alta calidad encontrados en el salón y fue bien escogida para su ubicación y uso [27]. En el 2019, este cerramiento se ha restaurado completamente con parte de la madera que aún seguía colocada, y trozos encontrados en las labores de desescombro. Se describe más ampliamente en el Capítulo 4 de esta tesis. Además, se puede ver el informe del análisis llevado a cabo por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en el Anexo 1.

iv. Cristales

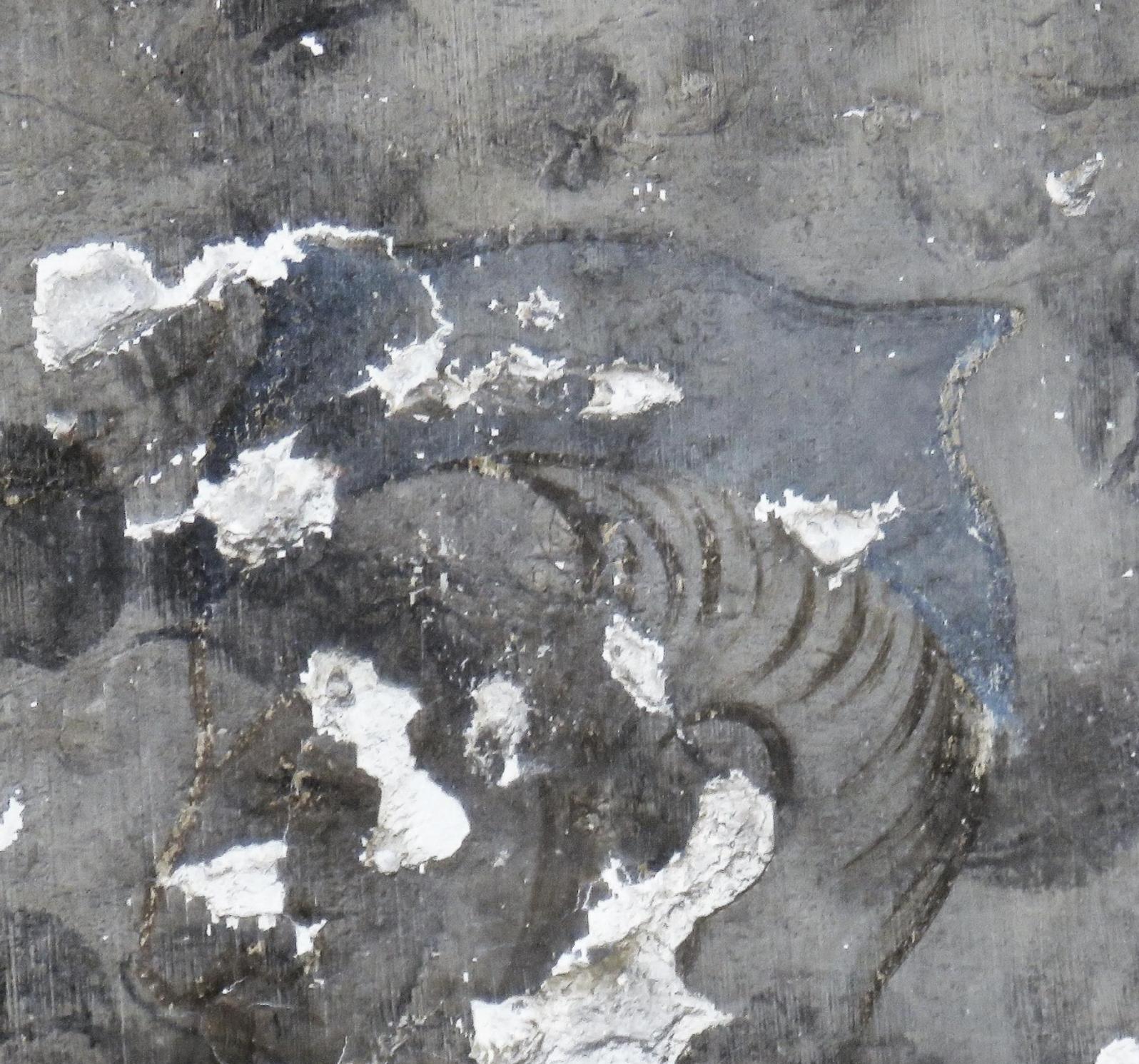
Además, la madera de este cerramiento formaba un conjunto decorativo con cristales punteados de “tipo Catedral” y ligeramente opacos. La gran mayoría se han roto y/o perdido con el paso de las décadas. Su análisis por parte del CSIC, ha determinado sus características y composición. Sin embargo los resultados no han sido accesibles aunque no era de especial relevancia, este material, para la presente investigación.

2.5 Referencias

- [1] Cortes Generales del Gobierno de España. (2007,27 diciembre). Ley 52/2007. *Por la que se reconocen y amplían derechos y se establecen medidas en favor de quienes padecieron persecución o violencia durante la guerra civil y la dictadura*. Boletín Oficial del Estado 2007-22296. <https://www.boe.es/eli/es/l/2007/12/26/52/con>
- [2] de Andrés Sanz, J. (2006). *Los símbolos y la memoria del Franquismo*. Fundación Alternativas.
- [3] Hernández, Á. (1992). *Arte e ideología en la España de la postguerra (1939-1951)*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=14423>
- [4] Muñoz Cosme, A. (2009). Arquitectura y memoria: el patrimonio arquitectónico y la ley de Memoria Histórica. *Patrimonio Cultural de España* n.º 1. 88-101. http://www.mecd.gob.es/culturamecd/dms/mecd/cultura-mecd/areas-cultura/patrimonio/mc/patrimonioculturale/n-1/capitulos/10_PCE1_Arquitectura_memoria.pdf Google Scholar.
- [5] González Fraile, J., Navajas Corral, O. (2011). *Ley de Memoria Histórica: estrategias para recuperar y comunicar el patrimonio de la Guerra Civil española*. *EBRE* 38, 6:185-201.
- [6] Laborde, A.(2013). *Proyecto COREMANS: «Criterios de intervención en materiales pétreos»*. Madrid; España: Secretaría general técnica Subdirección General de Documentación y Publicaciones.
- [7] Ferrer Morales, A. (1998). *La pintura mural. Su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas*. Sevilla: Editorial Universidad de Sevilla, 2ª Ed.
- [8] del Pino Díaz. C. (2004) *La pintura mural: conservación y restauración*, Dossat Ediciones, Madrid, Spain.
- [9] The Getty Institute. (2008, 2-4 de mayo). *Conservation Issues of Modern and Contemporary Art (CIMCA) Meeting*. [Ciclo de Conferencias]. https://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/modpaints/CIMCA_meeting_jun08.pdf
- [10] Sanchez-Pons., M, Shank. W., Fuster Lopez, L.(2015). *Conservation Issues in Modern and Contemporary Murals*. Cambridge Scholars Publishing.

- [11] Pérez García, M. D. C., García Diego, F. J., Merello Giménez, P., D'Antoni, P., Fernández Navajas, A., Ribera i Lacomba, A., ... & D'Antoni, H. L. (2013). Ariadne's house (Pompeii, Italy) wall paintings: A multidisciplinary study of its present state focused on a future restoration and preventive conservation. *Materiales de Construcción*, 63(311), 449-467. <http://hdl.handle.net/10251/40645>
- [12] Angelini, E., Grassini, S., Corbellini, S., Parvis, M., & Piantanida, M. (2010). A multidisciplinary approach for the conservation of a building of the seventeenth century. *Applied Physics A*, 100(3), 763-769. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00339-010-5654-8>
- [13] Escorteganha, M. R., Santiago, A. G., Magosso, H. A., Richter, F. A., & Costa, T. G. (2013). Conservation state of mural paintings from a historic house in Florianópolis-SC, Brazil. A multidisciplinary approach. *International Journal of Conservation Science*, 4(1).
- [14] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. *La ciencia y el arte VI. Ciencias experimentales y conservación del patrimonio*. Secretaría General técnica. <https://sede.educacion.gob.es/publivena/la-ciencia-y-el-arte-vi-ciencias-experimentales-y-conservacion-del-patrimonio/conservacion-restauracion-patrimonio-historico-artistico/21242C>
- [15] Prieto-Taboada, N., Ibarrodo, I., Gómez-Laserna, O., Martínez-Arkarazo, I., Olazabal, M. A., & Madariaga, J. M. (2013). Buildings as repositories of hazardous pollutants of anthropogenic origin. *Journal of Hazardous Materials*, 248, 451-460. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.01.008>
- [16] Díaz Morlán, P. (1999). *Horacio Echevarrieta (1870-1963). El capitalista republicano*. Madrid: LID Editorial empresarial.
- [17] Landda, I. (2007, 30 de noviembre). *La historia de las Galerías de Punta Begoña*. Blog Getxo. <http://getxo.ilanda.info/2007/11/la-historia-de-las-galeras-de-punta.html>. Acceso el 20 de abril 2020.
- [18] Orue-Etxebarria, R. X., Badillo, J. M., Apellaniz, E., & Ortega, J. F. (1990). *Estudio estratigráfico-micropaleontológico de la serie aflorante en la playa de Ereaga (Getxo, Bizkaia). KOBIE (Serie Ciencias Naturales) Bilbao*. https://www.bizkaia.eus/fitxategiak/04/onda-rea/Kobie/PDF/3/Kobie_19_ESTUDIO ESTRATIGRAFICO-MICROPALEONTOLOGICO DE LA S.pdf
- [19] Más Serra, E. (2000). *Ricardo Bastida un arquitecto para Bilbao*. Bilbao: Fundación BBK, 2000.

- [20] Rodríguez-Escudero, P., & Velilla, J. (2000). Ricardo Bastida: proyecto de construcción de casas baratas y económicas. In *Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción (2000)*, p 927-934. Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, Universidad de Sevilla. https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/62396/CNHC3_107Rodriguez_escudero.pdf?sequence=1
- [21] Azpiri Albístegui, A. (2000). La aportación del Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro a la V Asamblea Nacional de Arquitectos en el año 1949. *Los años 50: la arquitectura española y su compromiso con la historia*, Pamplona, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Navarra, 101-107.
- [22] Portilla, M. G., & Gangoiti, J. M. B. (2001). *Los orígenes de una metrópoli industrial: la Ría de Bilbao* (Vol. 2). Fundación BBVA.
- [23] Aktuart. (2019). *¿Qué Son Las Galerías?. Galerías Punta Begoña*. <https://puntabegona.getxo.eus/que-son-las-galerias/>
- [24] López-Sanvicente, A. B. (2018). Arquitecturas efímeras y escenografías de propaganda franquista durante la guerra civil española. *Archivo Español de Arte*, 91(362), 159-174. <https://doi.org/10.3989/aearte.2018.11>
- [25] Hernández, Á. L. (1992). *Arte e ideología en la España de la postguerra (1939-1951)*. [Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=14423>.
- [26] Llanos, K. (2014, 11 de agosto). *Las murallas de Punta Begoña*. Blog Memorias de Getxo. <http://getxosarri.blogspot.com/2014/08/las-murallas-de-punta-begona.html>
- [27] Landa-Ochandiano Arquitectos. Restauración de las carpinterías de madera de las galerías de Punta Begoña Informe arquitectos Landa (Julio 2017). Fondo del proyecto galerías Punta Begoña.



Capítulo 3

Los mármoles del salón. Descripción y estado de Conservación



La decoración con materiales nobles y de cierta opulencia, como son los mármoles, ha sido habitual a lo largo de la Historia, sobre todo, en casas y arquitecturas pudientes. Ya desde la antigua Grecia, el mármol era habitual en la creación de esculturas. Aunque, los primeros en comenzar a explotar y emplear el mármol para la construcción arquitectónica fueron los romanos [1]. Por ello, la decoración con mármoles de gran calidad era habitual en los palacios y viviendas importantes [2,3]. Aportaban suntuosidad a las estancias, que, gracias a sus diferentes vetas y coloraciones, desarrollaban un papel decorativo dentro de las mismas. Además de esta característica, ejercían una función de protección del muro frente a agentes externos. Sin embargo, a pesar de su función de recubrimiento, es bien sabido que los materiales de revestimiento generalmente exhiben una vida útil más corta que la estructura del propio edificio [3], ya que están expuestos de una forma más directa a agentes externos.

Debido a que este elemento era un bien costoso, solo adquirido por personas con estatus económico alto, es habitual ver en numerosos patrimonios religiosos y privados, la técnica del estuco marmoleado. Este se componía de una mezcla de yeso, cal y pigmento [4,5], que actuaba como imitación de una piedra marmórea. Decoraba muchas de las paredes que hoy en día visualizamos en estas arquitecturas, similares al mármol pasando inadvertidas al ojo humano.

En el caso de las galerías, estas se construyeron, como se ha comentado en capítulo 1, con materiales novedosos en el ámbito arquitectónico y de gran calidad en cuanto al decorativo. Esto puede apreciarse a lo largo de las galerías, que cuentan con recubrimientos de cerámica sevillana en las paredes [6]. Dentro de los materiales empleados, una parte relevante de estos, son los mármoles del salón, tanto los situados en el suelo, como en las paredes a modo de zócalo.

El paso de los años ha generado la visión que tenemos hoy en día, ya que, en su origen, al estar pulidos, sus colores eran mucho más vivos de lo que se distinguen en el presente. Además, es una de las zonas más castigadas del salón, sobre todo, por su continuado uso (mármoles ubicados en el suelo). La calidad de estos materiales empleados ha resultado ser la mejor barrera contra estas degradaciones generadas por su uso intensivo.

Se distinguen dos zonas: por un lado, el zócalo perimetral que recorre las 4 paredes que componen el salón, y por otro, los mármoles de diferente composición

que recubren el suelo de este, formando un dibujo geométrico de forma rectangular, circunscritos unos en otros. Existen cuatro tipos de mármoles diferentes: Blanco Carrara, Rojo Ereño, Gris Bardiglio y Yellow Benou, entre los cuales tan solo uno es de origen autóctono, el mármol de Ereño. La caracterización de los mármoles, se ha realizado por el grupo de investigación de Hidrogeología (HGI-UPV/EHU), dentro del contexto del proyecto de puesta en valor de las galerías Punta Begoña [7].

En el subapartado 3.1, se profundiza sobre cada uno de los diferentes mármoles que componen el suelo, así como, la descripción de los mismos.

3.1 El suelo

En cualquier estancia habitual, es el suelo el que recoge mayor cantidad de suciedad y degradaciones debido al uso intensivo al que se le somete. Esto es fiel reflejo de la actualidad en el suelo del salón de Punta Begoña. Este, se encuentra enmascarado con una capa de suciedad, que se han depositado con el paso de los años.

El mármol más significativo, por su área de extensión, es el blanco de Carrara, que ocupa casi la totalidad de la superficie del suelo. Perimetralmente se encuentran diferentes tipos de mármol a modo de franjas decorativas: Rojo Ereño, Gris Bardiglio y Yellow Benou. Son algunos de los tipos de rocas ornamentales más preciados y costosos que se han utilizado a lo largo de la Historia. La disposición y dibujo creado por los mármoles en el suelo se puede ver en la Figura.3.1.

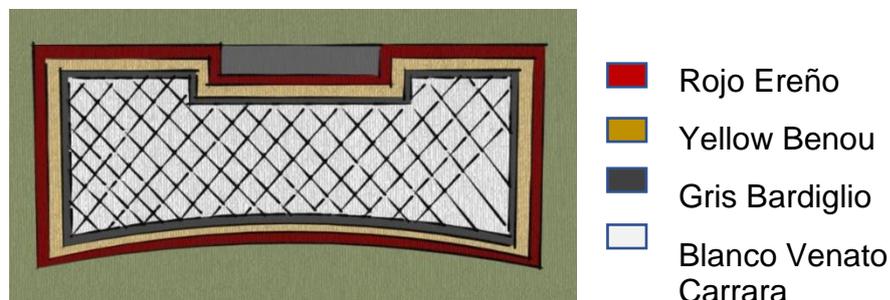


Figura 3.1. Boceto explicativo de la situación de cada mármol en el suelo del salón.

El aspecto negruzco (Fig.3.2) que presenta en el momento actual no era el que contaba en su origen. Esto se ha constatado, a través de los ensayos, por parte del grupo de investigación HGI-UPV/EHU, los cuales, una vez realizado el pulido, mostraron el color y brillo originales del mármol. Lo que ha dado lugar, a matices tonales en cada uno de sus diferentes tipos que muestran el color y las propiedades de la piedra dándole “efecto espejo” [7].



Figura 3.2. Parte derecha del suelo del salón. Se puede observar como el mármol de Carrara es el más abundante en comparación con los demás tipos de mármol.

Según este estudio, la pérdida de material al pulirse la muestra se situó dentro del rango de 280 μm a 330 μm , lo que ha demostrado ser una medida aceptable para el pulido del mármol del suelo. Y, a la par, el parámetro de la luminosidad (L) varió de 2,63 en muestras iniciales al 100,99 en algunos de ellos tras su pulido, siendo en todo caso, un cambio significativo [7].

3.1.1 Mármol Blanco Venato de Carrara

Es frecuente relacionar el mármol de Carrara con el arte de la escultura [8] teniendo como obra destacada el David de Miguel Ángel. Pero este mármol también ha sido y es utilizado, después de tantos siglos extrayéndolo, como decoración de paredes por la pureza de color y luminosidad. Su origen está ubicado en las canteras

de Massa-Carrara y Lucca en la Toscana, conocidas, principalmente, por su mármol blanco (Blanco Carrara).

Este tipo de mármol se sitúa en el mosaico central del salón, ocupando casi la totalidad de la superficie del suelo. La visión actual que tenemos del mármol Blanco de Carrara difiere de la que tuvo en origen, un mármol blanco recién pulido con ve-teado en gris. Hoy por hoy, después de décadas de “maltrato”, presenta un color grisáceo uniforme.

El examen petrológico llevado a cabo por HGI-UPV/EHU, dictamina sus caracte-rísticas: mármol puro, de color blanco con ciertas vetas en color grisáceo, identifi-cándose con calcita (CaCO_3 , estructura romboédrica), y que cuenta con granos de forma subhedral y euhedral de tamaño máximo 0,7mm [7].

Se distribuye por el suelo en baldosas cuadradas de 28 cm de lado, y ocupa una superficie total de 40 m² aproximadamente (Fig.3.3). El punto inicial de colocación de las baldosas se encuentra a 3 m de la puerta principal, y está marcado con un clavo de metal. Desde este punto comienza las diagonales de todo el salón. Se re-cortan las baldosas en el plano de unión de este mármol con la franja del mármol Gris Deba.



Figura 3.3. Disposición de las baldosas centrales con respecto al perímetro exterior.

3.1.2 Marmol Yellow Benou

Este mármol se conoce genéricamente como Brèche de Benou Jaune o Brèche de Vedôme y surge en el área de Bilhères (en la región pirenaica francesa de Béarn) [7]. Según el informe petrológico realizado por HGI-UPV/EHU, es un mármol impuro debido a la presencia de una amplia variedad de texturas cristalinas y diferentes, que varían de amarillo a blanco, con zonas de fractura llenas de materiales violáceos, lo que le otorga el efecto brechoide² [7].

A simple vista, como la propia denominación dice, es un mármol con numerosas grietas, dependiendo de las vetas obtenidas en la cantera. Este mármol recorre todo el perímetro del salón, en piezas rectangulares de dimensiones 0,5 m de ancho x 1,20 m de alto, según dimensiones de la plancha y su ubicación (Fig.3.4). Por ello, para el anclaje de algunas, se recortó o se amplió este largo, no así el ancho que siempre tiene una medida de 0,5 m.

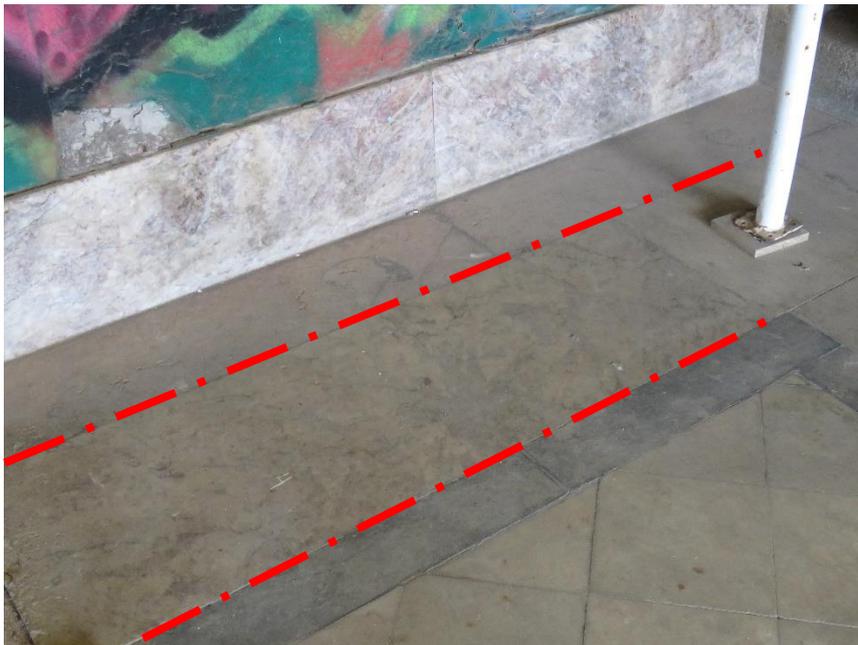


Figura 3.4. Ubicación del mármol Yellow Benou con respecto a los demás mármoles que componen el suelo.

² Brechoide: Término empleado en geología para designar a un elemento geológico con brechas o fisuras naturales.

3.1.3 Caliza Roja de Ereño

Esta caliza decorativa de color rojo con abundantes bivalvos procede de Ereño y Gauteguiz-Arteaga, en la provincia de Vizcaya. Su característica principal es el color rojo intenso, que esta generado por una pigmentación de hematite (Fe_2O_3) y que contrasta con las rudistas blancas³ encajadas en él [9]. Existen vestigios de la explotación de esta piedra ornamental desde el siglo IV-V d.C [10]. (Fig.3.5.a) [7].

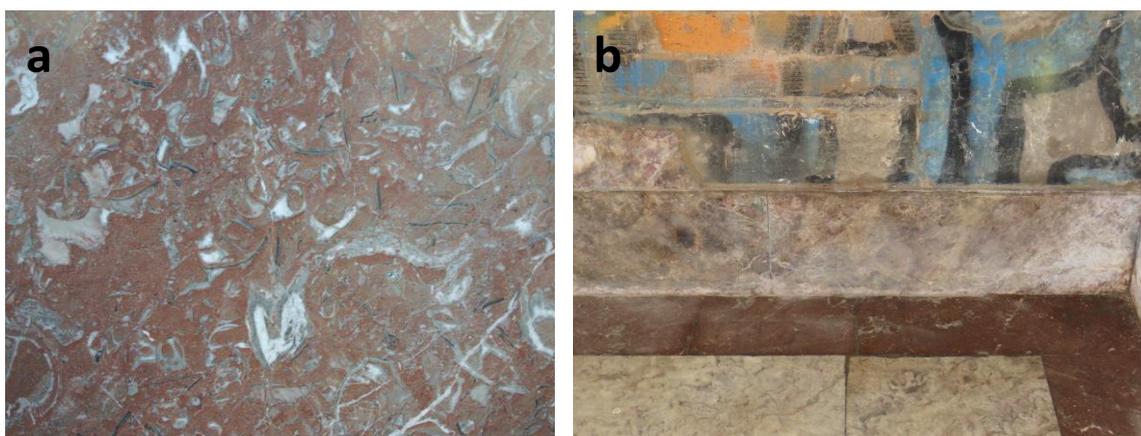


Figura 3.5. a) Imagen de cerca de la baldosa de Ereño, y b) Relación de esta con respecto al resto.

Esta roca ornamental de naturaleza cálcica se sitúa en el extremo exterior del perímetro del salón, con una anchura de 30-31 cm, que probablemente se empleó en esta zona para delimitar con este color intenso el espacio del suelo (Fig.3.5.b).

3.1.4. Mármol Gris Bardiglio

El Bardiglio es un mármol gris de Italia, que se extrae de las mismas canteras que el Carrara. Esta variedad de grano fino se caracteriza por su color gris, debido a

³ Es un bivalvo (tipo de molusco extinto) sedentario que vivió fijo al fondo del mar por medio de la valva inferior. Vivían parcialmente enterrados en el sedimento [11].

su abundancia en pirita criptocrystalina (FeS_2). Son frecuentes las vetas, generalmente de color gris oscuro a negro [7]. Concretamente, su tamaño máximo de grano se sitúa por encima del Blanco de Carrara, con un rango de 1- 1.1 mm [7].

Se conoce su extracción y utilización desde tiempos romanos, concretamente, esta variedad gris se explotaba desde el siglo II.a.C [12]. Sus vetas blancas le dan unas características particulares a cada paño de este mármol (Fig.3.6.a).

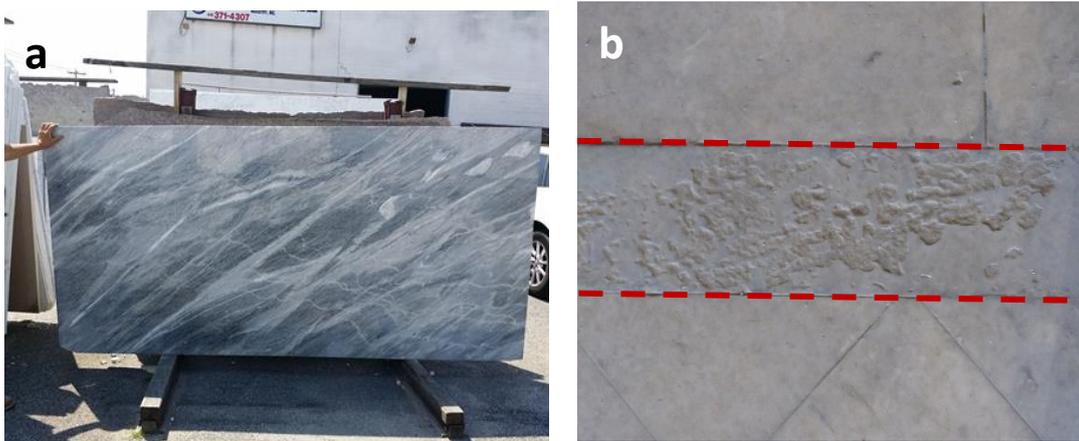


Figura 3.6. a) Plancha de mármol Gris Bardiglio. Fuente: Personal Marbles. <http://www.personal-marble.com/marmol-blanco-placas-pisos-revestimientos-produccion.htm>. Actualmente se comercializa con diferentes veteados más o menos intensos y, b) Aspecto de la loseta del mármol Gris Bardiglio del suelo del salón.

La franja que ocupa en el suelo se sitúa entre 14-15 cm, según el corte de la baldosa y la zona a cubrir (Fig.3.6.b). Y delimita la baldosa central de mármol blanco de Carrara.

3.2 Los zócalos

Los mármoles que recubren las paredes del salón son otro de los elementos decorativos que tienen más presencia en la estancia. A pesar de que hoy en día no se conservan muchos de los paños completos, nos indican la majestuosidad que aportaban al salón, sobre todo, como se ha recalcado con el pulido inicial que tendrían

estos. Los paños de mármol situados en los muros a modo de decoración de las paredes se han identificado, al igual que los ubicados en el suelo, como mármol de Yellow Benou. Difiere del existente en dicho suelo, en el color de la veta, algo más amarilla y rosácea que la del pavimento.

La primera hipótesis de la desaparición de los zócalos fue la del expolio y/o destrozo de los mármoles verticales, por ser más fáciles de retirar que los colocados en el suelo y, por las amplias dimensiones de cada paño. Pero los estudios petrológicos realizados al respecto, además de las campañas de recogida de numerosas piezas de mármol entre los escombros del salón realizadas a lo largo del desarrollo de la presente tesis doctoral, han puesto en evidencia la abundante pérdida derivada de esa característica brechoide de estos. Por lo tanto, se contempla la posible caída y desprendimientos de parte de estos por agentes que favorecen el fisurado ya implícito en este tipo de mármol y como consecuencia, la rotura de las piezas.

3.2.1 Descripción y disposición de las piezas

Los zócalos se dividen en tres partes diferenciadas por su relieve y dimensiones (Fig.3.7). La zona que parte desde el suelo cuenta con una altura de 0,38 m y un grosor de 3,5 cm, con una terminación redondeada, que besa perfectamente con el siguiente tramo. Este segundo tramo es un paño de mármol rectangular y plano de 2,5 cm de grosor y 1,15 m de altura. Por último, el tercer tramo que ejerce de remate de dicho zócalo tiene una altura de 0,2 m y un grosor de 3,5 cm, y cuenta, en su altura máxima, con un corte curvo que alcanza la pared.



Figura 3.7. Medidas y colocación de los tres componentes del zócalo.

Las dimensiones en anchura de estos tres paños de mármol varían indistintamente, de su posición en las paredes del salón. Se pueden encontrar paños inferiores desde los 98 cm hasta los 118 cm; en paños intermedios desde los 35 cm hasta los 92 cm, y en los superiores van desde los 33,5 cm hasta los 116 cm.

La inexistencia de la mayoría de los paños y partes faltantes de estos hace que no sea posible determinar la anchura inicial de los mármoles de gran parte de las paredes. La recopilación de algunas de estas medidas se realizó gracias al mortero de unión que hizo de molde, con un grosor de 2-3 cm, que aún perdura en varios puntos, y que, gracias a la huella impresa del paño, facilitó la medida del comienzo y el fin de esa placa, así como, sucesivamente con las demás piezas.

3.2.2 Sistema de anclaje

Al quedar desprovistas las paredes de los paños de mármol, se ha podido observar el sistema que emplearon en la construcción del salón para el anclaje de las piezas (Fig.3.8 a, b y c).

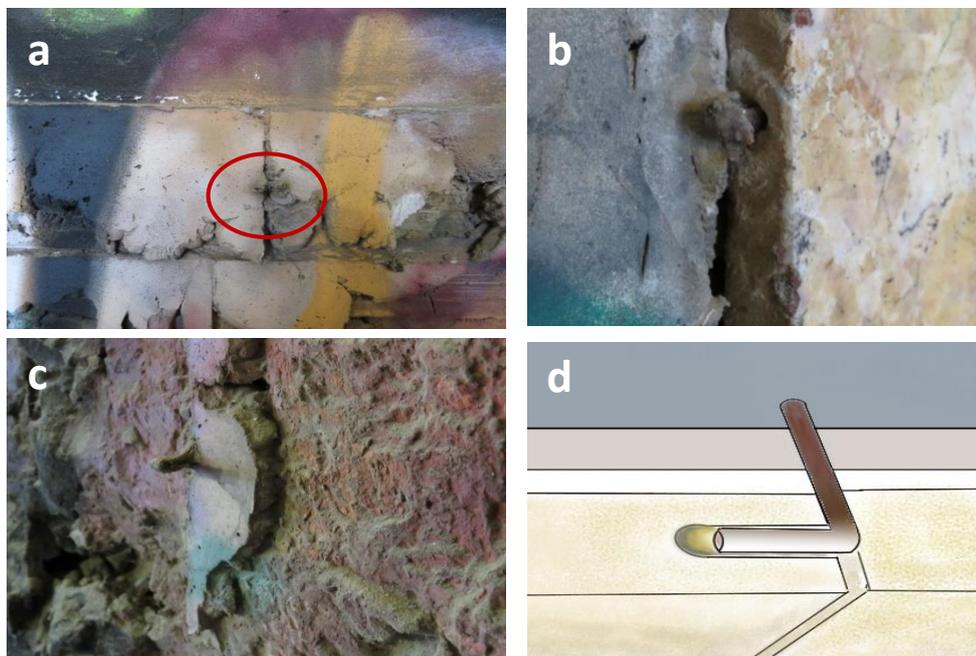


Figura 3.8. a, b y c) Estado de los pernos en el mortero de unión de las paredes y, d) Boceto explicativo de la posición y forma del perno metálico.

Tal y como se explica en la "*Guía técnica del mármol Macael*", estas sujeciones se denominan anclajes ocultos, que quedan embebidos en cajeados realizados, para tal efecto, en los cantos de la placa de mármol. Es el más utilizado por su asepsia estética, resolviéndose habitualmente mediante "puntos" o "ranuras". El anclaje consta de una pletina en L con el borde inferior resaltado para su empotramiento en una ranura longitudinal en el borde de la pieza de mármol (Fig.3.8.d) [13].

Los paños centrales que recubren el zócalo se encuentran adheridos a los muros por un mortero vertido desde la parte superior, entre el hueco de la pared y la plancha de mármol. O en su defecto, con un mortero adherido a la cara interna de la plancha de mármol y al soporte de ladrillo de la pared. Es de suponer que este mortero de unión se aplicó muy fluido. Esto se observa en las zonas donde actualmente no existe mármol, en donde aparece un cúmulo de masa de cemento cola en el área inferior y en algunos puntos de las esquinas donde iría colocada la placa. En la parte superior y media no existe este mortero de unión (Fig.3.9).



Figura 3.9. Parte de un paño central de mármol que un sigue en pie. Se puede observar cómo no hay mortero de unión entre el mármol y la pared.

3.3. Agentes de deterioro y patologías comunes en los mármoles del salón

El emplazamiento y la casuística que posee Punta Begoña hacen de este patrimonio un lugar idóneo para el afloramiento de problemas tanto intrínsecos como

extrínsecos a él. La confluencia de diversos agentes de degradación que suceden en el edificio y en el entorno, generan daños, en alguno de los casos, irreversibles en los materiales, cambiando sus características visuales, pero también sus características intrínsecas y, por lo tanto, su comportamiento [14].

Tanto el suelo como los zócalos de este espacio conviven en un ambiente de iguales características, es decir, las degradaciones que se han encontrado en ellos son las mismas para todos. Aunque es lógico que, no todos los tipos de materiales, así como morteros de unión y ubicaciones dentro del salón, reaccionan de similar manera ante los mismo agentes. Por ello, se han aglutinado agentes comunes a todos ellos. A continuación, se detallan cuáles son, y que consecuencias se pueden atribuir en estos materiales marmóreos.

3.3.1 El agua

Comúnmente, las rocas, sea cual sea su naturaleza, se ven deterioradas cuando se sitúan al exterior, y quedan a la merced de la humedad del aire y la climatología [15], siendo más notable este daño en ambientes como el del municipio de Getxo con un índice de contaminación elevado, que, agregándose a la frecuente pluviosidad, terminan generando la lluvia ácida, uno de los factores más degradantes del mármol que se encuentra en Punta Begoña.

El agua retenida por el manto de tierra y hierba del jardín superior (15 cm. aprox.), penetra través de las raíces en el hormigón y en sus armaduras (Fig.3.10.a, b) [16]. Esta agua se filtra y desciende hacia el techo y las paredes del salón. Además de esta entrada, la pendiente con la que cuenta esta explanada superior dirigía el agua por la parte derecha del edificio, encaminándola hacia la pared izquierda (Pared 1) del salón (Fig.3.10.c, d y e). Esta situación se ha repetido durante años, en los que el agua ha conseguido horadar esta pared de ladrillos y disuelto el cemento para encontrar la vía de escape hacia esta zona.

El proceso por el que se disuelven los componentes de los materiales es sencillo de comprender. Además de esto, la reprecipitación de los compuestos disueltos por el agua pueden moverse por la red de poros, donde tras el secado, cristalizan creando tensiones internas que pueden provocar la ruptura de los materiales [15].

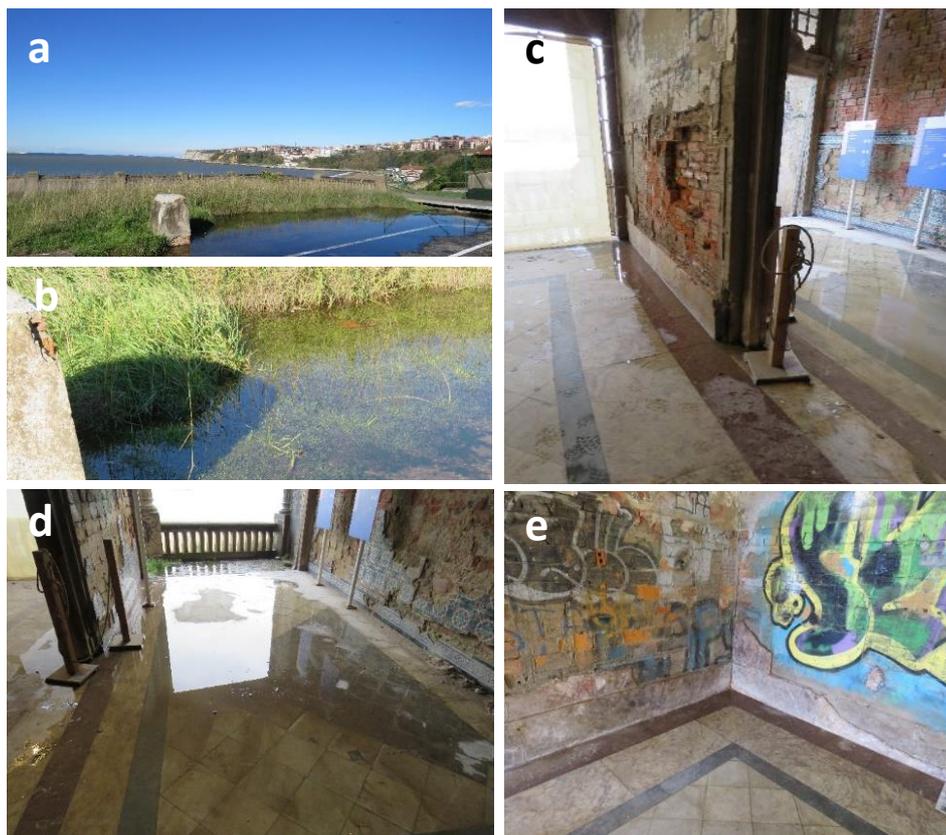


Figura 3.10. a, b) Jardín superior (techo del salón) inundado por las lluvias y, c, d, e) Vistas de la crujía anexa al salón y pared contigua del mismo.

Por todo esto, esta lluvia ácida puede ser la responsable de esta descohesión de ciertas partes de los mármoles del salón (Fig.3.11).



Figura 3.11. Detalle de los desprendimientos del mármol de los zócalos. El agua, junto con otros agentes, facilita la fisura de este tipo de mármol.

Por otro lado, la corrosión de los pernos de sujeción de los paños puede ser debida a la humedad que aporta el acantilado y las aguas que discurren por él, que, a través del anverso del muro, absorbe el ladrillo y alcanza al perno. El empleo de pernos metálicos (de hierro) para la sujeción de las planchas de mármol, ha tenido como consecuencia en la oxidación del perno. Las piezas metálicas son fácilmente oxidadas en contacto con el oxígeno del aire. Además, la acción del agua y de los cloruros y sulfatos provenientes del aerosol marino y de la contaminación atmosférica, respectivamente, son los agentes más importantes de corrosión. Así, las piezas metálicas pueden generar óxidos, hidróxidos, sulfuros, sulfatos y carbonatos dependiendo de la química de su entorno (Fig.3.12) [17,18].

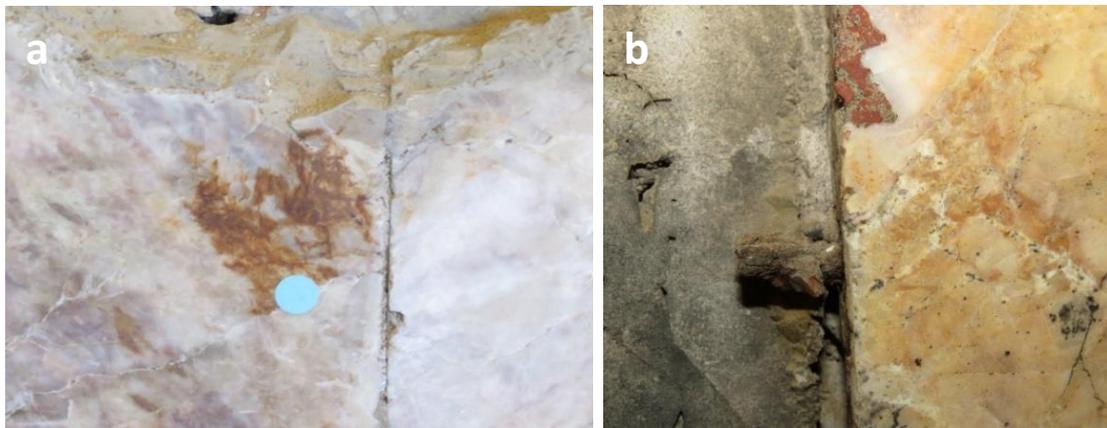


Figura 3.12. a y b) Detalle del afloramiento de manchas relacionadas con los compuestos derivados de la oxidación de los pernos en el mármol coincidentes con los puntos de agarre de estos.

Como consecuencia de la lixiviación del hierro, debido a su corrosión, se forman manchas rojizas en los mármoles en las áreas colindantes al perno, debido a su porosidad. Esta pigmentación ha penetrado en la losa a pesar de su grosor considerable. Este efecto es más notorio en los paños de coloración rosácea.

Además, el hierro del perno al expandir su diámetro por la corrosión [19], ha originado fracturas en el mármol, ya de por sí con una característica brechoide. En muchas zonas, se ha terminado de desprender el paño de mármol o parte de este.

3.3.2 Agentes antropogénicos

El abandono de las galerías, por parte de la familia Echevarrieta primero, y el consistorio “getxotarra” después, dejaron durante décadas el complejo de Punta Begaña abierto a continuas incursiones vandálicas indeseadas.

Son numerosos los desperfectos ocasionados, mostrándose los más evidentes, como son los grafitis distribuidos por las galerías. Estos grafitis llegaban a superponerse hasta alcanzar un total de 21 tintas diferentes, como se verá en detalle en los siguientes capítulos. Las zonas preferidas para estos actos vandálicos son los mármoles del salón, en toda su extensión, así como, la parte de las pinturas murales cuyo acceso les era más asequible en altura (menos de 1,75 m). La aplicación de las tintas sobre estos ha resultado tener una doble función contrapuesta. Por un lado, una función protectora, ya que ha consolidado el propio mármol, que cuenta desde el origen con una mala conservación. Pero, por otro lado, perjudicial, ya que las tintas han penetrado en los poros y vetas de este material (Fig.3.13), por lo que se hace difícil su eliminación, así como las consecuencias que podría tener en un futuro en el propio paño.



Figura 3.13.a) Detalle de las tintas dentro de las vetas del mármol y, b) Grado de afección de los grafitis en los paños de mármol.

De forma paralela a estas degradaciones, se encuentran los daños por impacto, incisiones, y grafitis (Fig.3.14). Dentro de este factor de degradación hay que incluir la mala praxis en el empleo del espacio a la hora de intentar dar nuevos usos a este patrimonio olvidado.

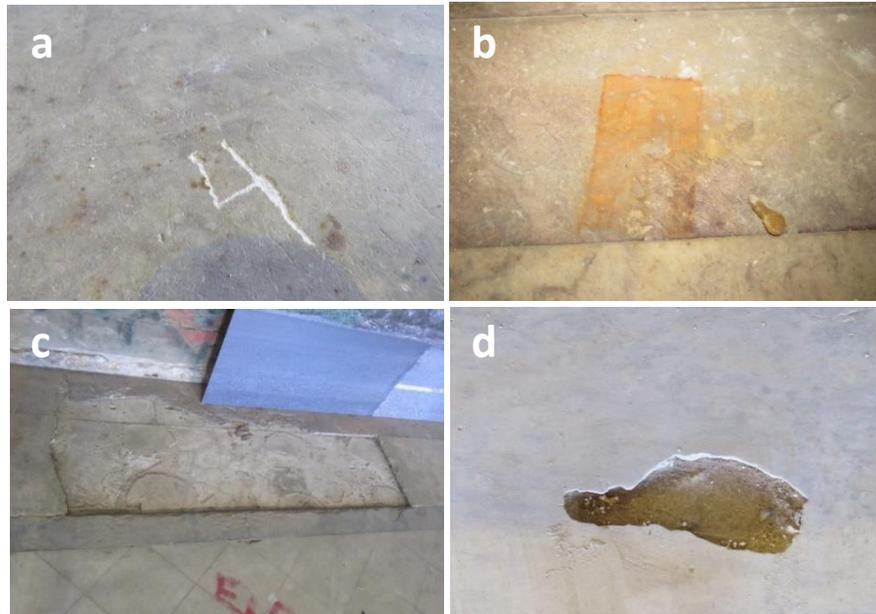


Figura 3. 14. a) Incisión realizada con un objeto punzante, b) Mancha de herrumbre provocada por un puntal de hierro mal apoyado y sin protección, c) Baldosas perdidas pertenecientes al mármol Yellow Benou y Rojo Ereño. El empleo por parte de operarios de andamios con ruedas metálicas y de gran peso han provocado la rotura de las piezas y, d) Hueco de dimensión aproximada 19 cm x 12 cm de origen desconocido.

Todas estas afecciones provocadas por el factor humano propician el inicio de la penetración y actividad de otros agentes, además de dañar irreversiblemente el mármol.

3.3.3 Contaminación biológica

Entre los agentes de degradación, uno de los principales es el de los contaminantes biológicos: hongos, bacterias, líquenes y algas, aunque en mayor medida son los hongos, los cuales de forma habitual, pueden provocar coloraciones de diferente aspectos, además de picado y desprendimientos superficiales [14]. Estas afecciones

microbiológicas se han dado de manera aislada tanto en suelo como en los zócalos del salón (Fig.3.15). Tras unos episodios continuados de lluvias torrenciales en junio del 2018, proliferaron, en un punto concreto del suelo cercano a la chimenea, micro zonas con contaminación biológica, debido en gran parte, al agua que percolaba por uno de los agujeros del techo del salón.

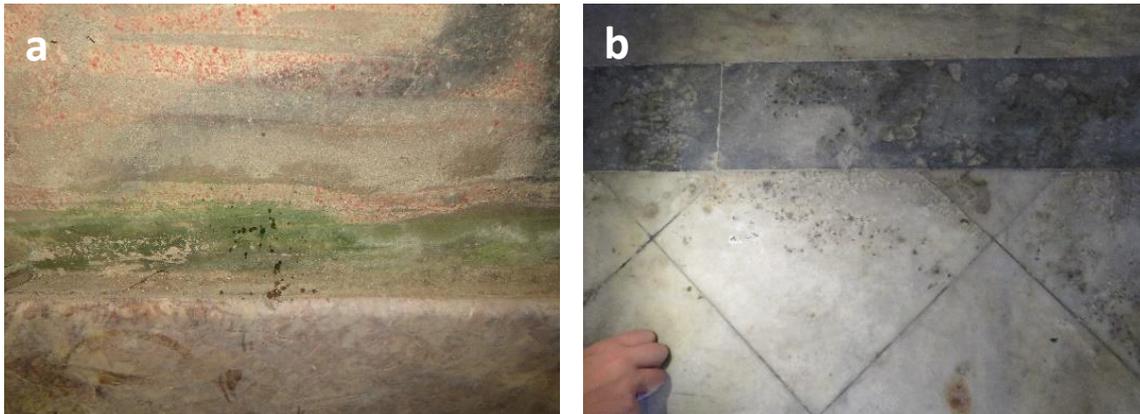


Figura 3.15. a) Pátina microbiológica en uno de los zócalos de mármol, concretamente en la pared 3, la cual, recibe más aporte de agua que las demás y, b) Crecimiento de colonias de hongos que horadan el mármol del suelo. Estos se encuentran situados también próximos a la pared 3.

Las grandes cantidades de tierra en las que se apoya el salón (alcanzan la mitad longitudinal de este), junto con las aguas que se deslizan por el acantilado, ayudadas por la condensación del agua retenida, favorecen el crecimiento y el aporte continuo de humedad a estos microorganismos. Estos, además de la evidente problemática cromática que generan, y el deterioro mediante el anclaje de los microorganismos que pueden llegar a disolver el material [20]. Y generar un aporte considerable de iones y nitratos, debido a sus excrementos, lo que añade sales al material [21].

3.3.4 Degradaciones provocadas por aves

Las aves son una de las plagas más comunes que se dan en el patrimonio edificado. Se reproducen de forma acelerada, creando sus nidos en las oquedades de las fachadas, recovecos que llenan de desechos, guano, arena, tierra, paja, palo,

etc. (Fig.3.16.a). Además del problema estético e higiénico, sus excrementos presentan ácidos que pueden reaccionar con los materiales, degradándolos [22]. Concretamente, en el salón de las galerías, este hecho perjudica, de forma notable, a los mármoles situados en el suelo. Los nidos se ubican en el techo del salón donde existe una cámara abierta al exterior (fachada) por donde acceden fácilmente (Fig.3.16.b). La proliferación de palomas en Punta Begoña ha sido un hecho constatable año tras año. La falta de objetos disuasorios y de mallas de protección, ha ayudado a la aparición de nidos, casi en cualquier hueco de las galerías, especialmente, en el salón, al estar este más resguardado del exterior y no disponer de su cerramiento original de madera.



Figura 3.16. a) Excrementos de palomas en el suelo del salón, llegándose a acumular varias capas y, b) Nidos de palomas en las estructuras actuales de acceso a las galerías.

Las zonas más afectadas por esta plaga han sido los techos, por la creación de nidos en las oquedades de estos, y los suelos, por recibir las defecaciones, aunque también las paredes han recogido algunos de estos excrementos.

Con relación a los suelos, los mármoles han sufrido durante meses la acumulación de excrementos de palomas (guano) que ha provocado decoloraciones visuales, y deterioros en la consolidación del propio mármol. Como se ha explicado en el

anterior apartado, en el caso de los microorganismos, los excrementos de estos animales también presentan nitratos, fosfatos y ácidos úricos que pueden reaccionar con los materiales [21].

3.3.5 Sales solubles, agentes atmosféricos y aerosoles marinos

Además de los agentes previamente descritos, hay que destacar otros igualmente dañinos, como es: la naturaleza de los materiales empleados, tanto de la piedra ornamental, como de los morteros de unión. Aunque en muchas ocasiones los “defectos” o “impurezas” del material se hacen patentes a través de la acción continuada de los otros agentes de deterioro comunes.

Estas sales: sulfatos, nitratos, cloruros y carbonatos, en ocasiones, pueden provenir de los propios materiales de construcción. Sin embargo son los sulfatos, los cuales provienen de la contaminación ambiental y/o de los morteros, los más habituales, y los que crean mayor degradación en el Patrimonio Construido [23]. Las rocas granulares, porosas y con algo de arcilla son favorables a la alveolización, no obstante, pueden aparecer en otros muchos materiales. Esta degradación es ayudada por los vientos predominantes y la situación geográfica, sobre todo, en zonas cercanas al mar, que traen consigo el aerosol marino, además de la acción de las sales solubles [14,24].

Las sales formadas en los materiales pueden provenir de diferentes fuentes, y según esto se podrían clasificar del siguiente modo [21]:

3.3.5.1 Sales procedentes de la alteración química de los materiales

Los sulfatos son compuestos utilizados en la formulación de los morteros o presentes como impurezas, en cualquier caso, en concentraciones pequeñas. Por tanto, estos morteros, son propensos a contener sales ya desde su manufactura, y provocan degradaciones. Aun así, pueden disolverse en agua y migrar por los materiales formando sales (eflorescencias) [21]. Este caso, es muy habitual de ver en el suelo del salón y se acrecienta con el paso del tiempo, al abarcar más área y diferentes espacios. Además, las propias “impurezas” del mármol, con el paso del tiempo, trepan a

la superficie de este, y crean manchas de coloraciones diferentes según su origen (Fig.3.17.a).



Figura 3.17. Pequeñas manchas redondas de color anaranjado, presumiblemente impurezas generadas por las partículas metálicas del mármol blanco de Carrara.

3.3.5.2 Sales procedentes del suelo

Los substratos de tierra, favorecen la presencia de sales, debido a la acción de los microorganismos que están presentes en ellos [21, 25]. Estas ascienden por las paredes del salón por capilaridad. En el caso del salón, el aporte de sales de este origen procede del jardín superior y del propio acantilado en el que se apoya el salón con el que tienen contacto las paredes 2 y 3, además del suelo. El agua de lluvia percolada busca evaporarse a través de las baldosas del suelo (Fig.3.18). Este fenómeno se da con más frecuencia tras días de lluvias y a las que se suman días posteriores de temperaturas cálidas.



Figura 3.18. Detalle del posible rezumado de los morteros de unión de las baldosas del suelo de mármol blanco de Carrara, debido a las sales provenientes del subsuelo del salón.

3.3.5.3 Sales procedentes de la contaminación atmosférica

Se pueden encontrar en el salón dos tipos de sales con origen atmosférico, pero de diferente índole. Los contaminantes más comunes en la atmósfera son CO₂, SO₂ and NO_x [26,27].

A través de los estudios en los morteros y los ladrillos de las galerías Sur y Noroeste, que se detalla en el capítulo 5, se ha constatado la presencia de sales, tanto de origen marino, como las provenientes de la actividad portuaria y el tráfico rodado [28].

La proximidad al Mar Cantábrico facilita la entrada de este tipo de aerosoles marinos que no encuentran impedimento para entrar directamente a un espacio, el salón, sin cerramiento exterior (reconstruido en el año 2019).

Por otro lado, también existe un aporte importante de contaminantes que circulan en la atmósfera desde el puerto de Bilbao [29], que cuenta una actividad portuaria elevada. A todo esto, hay que sumar el tráfico existente en la carretera anexa al complejo, que bordea y recibe, según los vientos dominantes, más carga de contaminantes en unas zonas que en otras.

3.4 Mapeo del suelo

A continuación, se muestra el mapeo de las degradaciones de los diferentes mármoles que componen el suelo del salón (Fig.3.19).

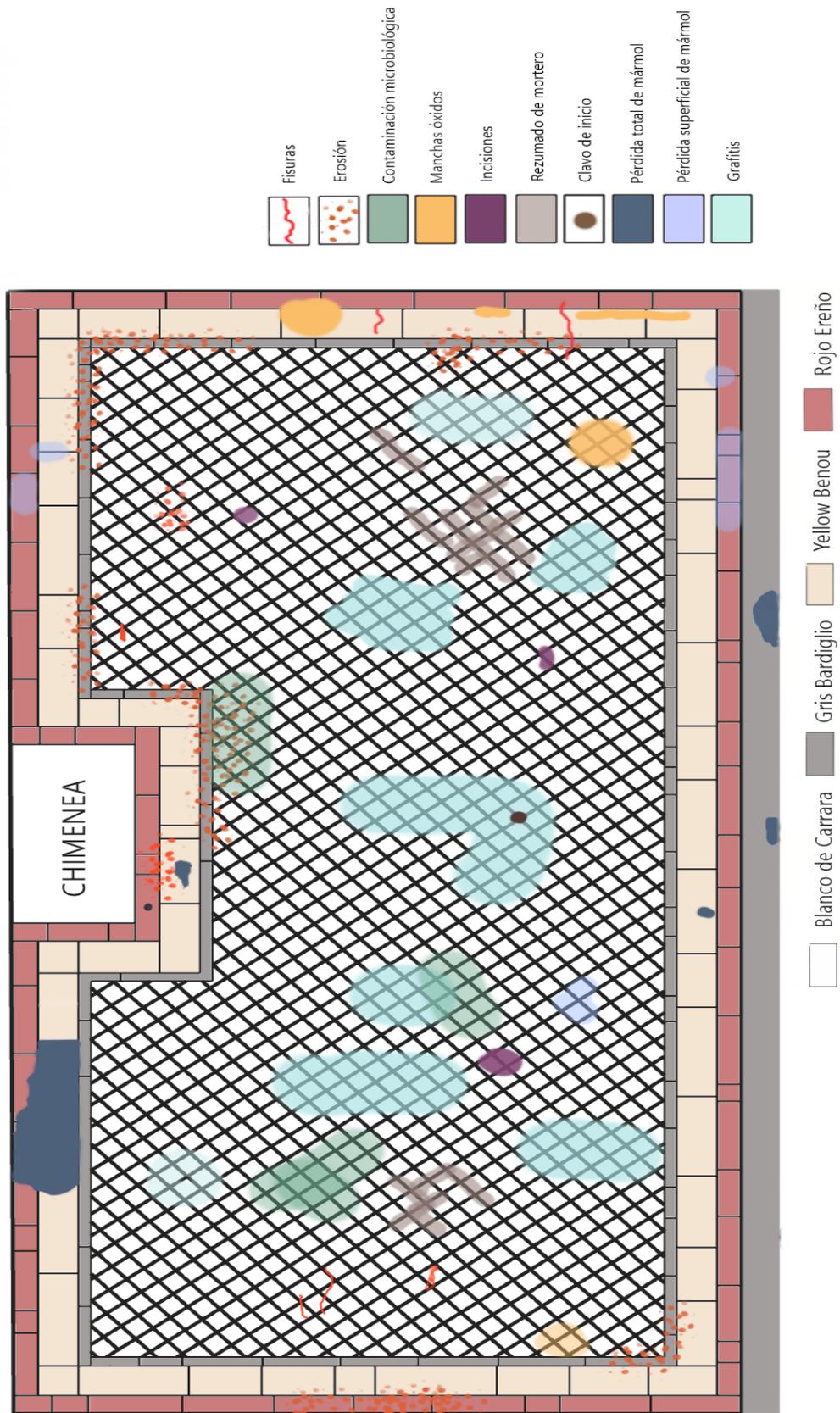


Figura 3.19. Mapa de daños del suelo del salón.

3.5 Mapeo de los zócalos

El registro de los paños de mármol se ha realizado contemplando únicamente la degradación más patente, a parte de los grafitis, que cubrían todos los mármoles dejando muy pocas zonas libres de ellos. Por tanto, se muestran a continuación, la disposición de los mármoles de los zócalos en las 4 paredes, y las pérdidas del soporte (Fig.3.20, 3.21,3.22 y 3.23).



Figura 3.20. Mapa de daños de los zócalos de la pared 1.

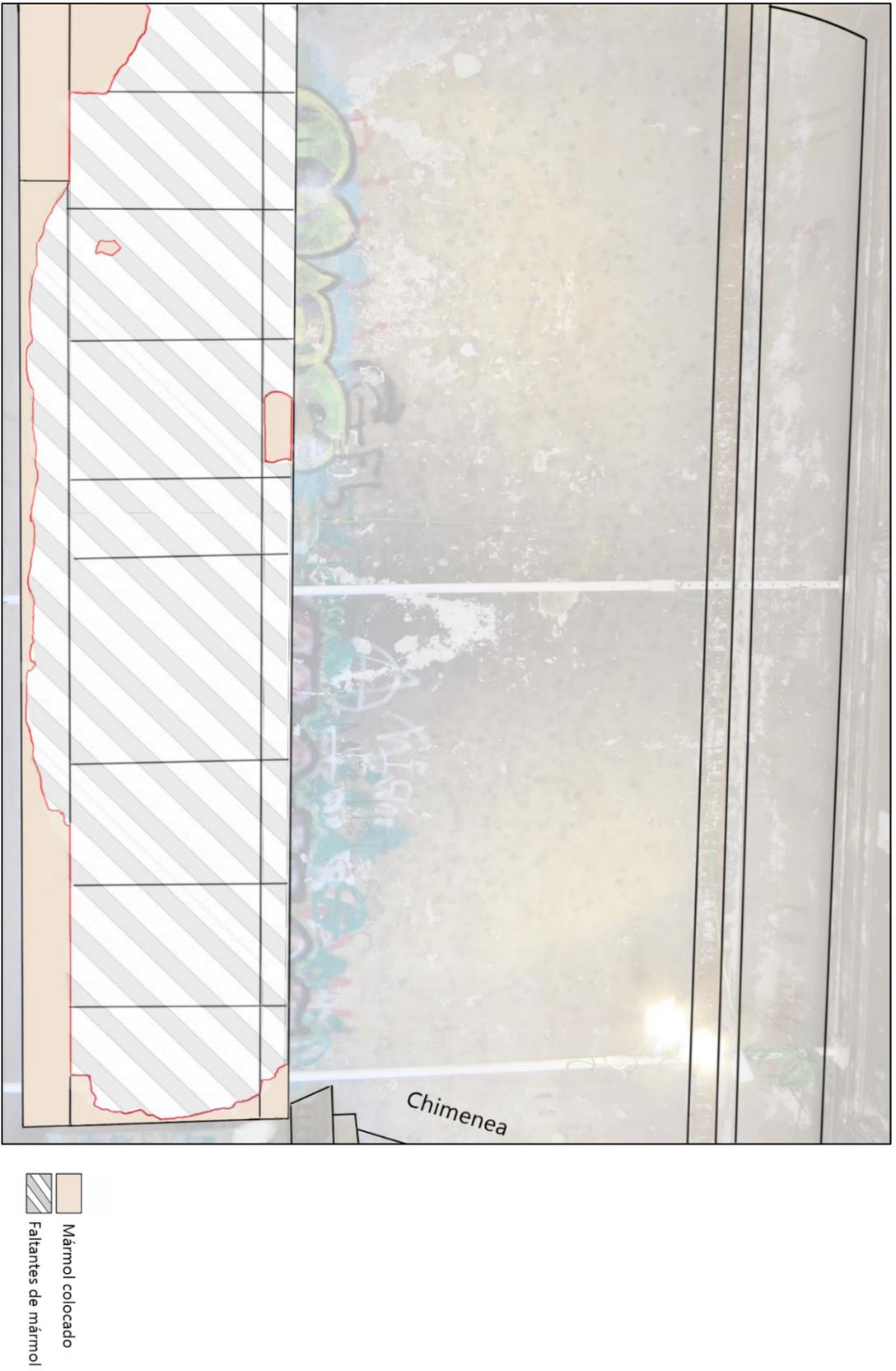


Figura 3.21. Mapa de daños de los zócalos de la pared 2.



Figura 3.22. Mapa de daños de los zócalos de la pared 3.

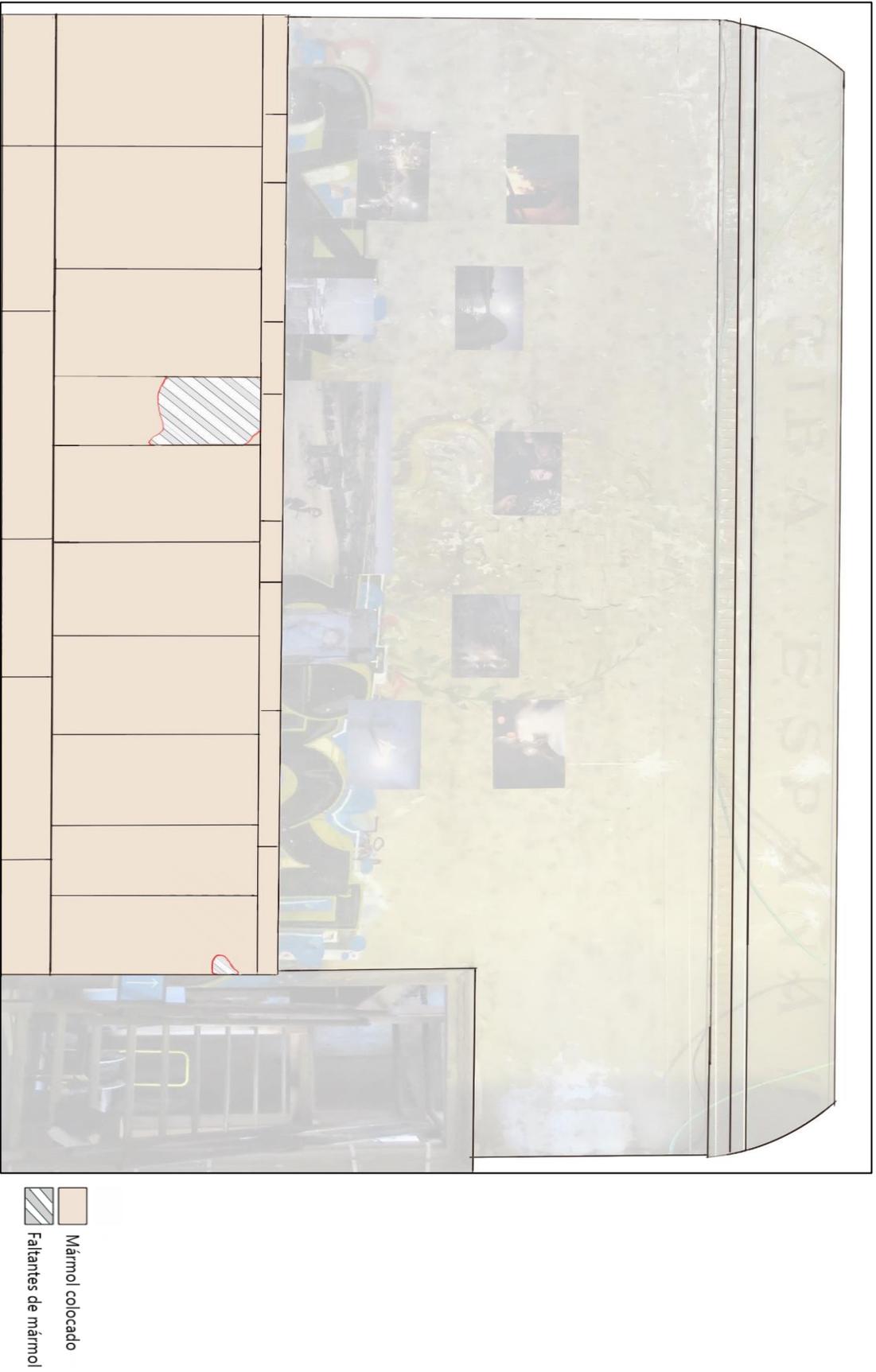


Figura 3.23. Mapa de daños de los zócalos de la pared 4.

3.6 Conclusiones del capítulo

Los mármoles empleados en a la decoración del salón, son materiales nobles y de alta calidad. Las cuatro variedades de esta piedra ornamental (Blanco Carrara, Yellow Benou, Gris Bardiglio y Rojo Ereño) utilizadas, se han visto afectadas de diferente manera.

Con respecto al suelo, donde aparecen estos 4 tipos, cuenta con un aspecto grisáceo y pérdida de brillo debido al paso del tiempo y la desprotección frente a la climatología externa. Además, el principal foco de degradación es el sustrato de tierra en el que se apoya. Este, aporta humedad de forma continua, lo que provoca que el mármol se deteriore paulatinamente. Aún con todo ello, el suelo se mantiene en buenas condiciones, exceptuando, el Gris Bardiglio, que tiene una mayor sensibilidad a los agentes de deterioro.

En cuanto a los zócalos, la propia característica del tipo de mármol, Yellow Benou, ya de por sí con tendencia al fisurado, ha provocado la pérdida de casi 3 de las 4 paredes al completo. Esto, la hipótesis inicial del hurto de las losas de mármol en sus años de abandono. Además, el sistema de enganche de estas losas con la pared, mediante pernos metálicos, ha sido perjudicial, dado que estos se han corroído por el ambiente húmedo, y han perdido su función de agarre. Por último, los morteros de empleados en la construcción del salón fueron escasos y mal colocados, lo que también ha derivado en la pérdida de adherencia de los zócalos con la pared.

Finalmente, los grafitis, situados principalmente en las paredes, sobre todo en la pared 4, han penetrado en los poros del mármol. Sin embargo, también han creado una protección para los mármoles frente a la contaminación externa, debido a la gran cantidad de capas que presentan.

Por todo ello, con la información obtenida del análisis visual de los mármoles, se ha realizado una documentación de estos, se han identificado los potenciales agentes de deterioro y se han elaborado mapas de daños exhaustivos que permitan abordar el siguiente paso de la intervención.

3.7 Referencias

- [1] Henry, A. (2015). *Stone conservation: principles and practice*. Routledge.
- [2] Cunchillos, M. C., & de Zaragoza, E. D. (1998). El empleo privado del mármol en el Valle del Ebro. *Caesaraugusta*, 74, 13-36. http://www.academia.edu/download/31806081/2000_marmoles_Velilla_caesaraugusta74.pdf
- [3] Gherardi, F., Kapridaki, C., Roveri, M., Gulotta, D., Maravelaki, P. N., & Toniolo, L. (2019). The deterioration of Apuan white marble in contemporary architectural context. *Journal of Cultural Heritage*, 35, 297-306. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1296207418300931?casa_token=xhUWuegLYMcAAAAA:-IDECj9vE5G0-G69qpnSLA3NOqpevq4yvX-Ww6HUNC8ZL4ncxpiFkQYJ-BwkVD7WixTNxXQCzPg
- [4] Massinelli, A. M., & Strinati, C. (1997). *Scagliola: l'arte della pietra di luna*. Roma: Editalia.
- [5] Cavallini, M., & Chimenti, C. (2010). *Pietre & marmi artificiali. Manuale per la realizzazione e il restauro delle decorazioni plastico-architettoniche di esterni e interni*. Alinea Editrice.
- [6] Madariaga, I., Lama, E., Calparsoro, E., Prieto-Taboada, N., Arana, G., Laso, M. D. R., & Madariaga, J. M. (2019). Enhancement and recovery of the tiles affected by atmospheric pollutants in the Galleries of Punta Begoña, Getxo (Bizkaia). *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 58(4), 161-170. <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2018.11.001>
- [7] Damas Mollá, L., Uriarte, J. A., Aranburu, A., Bodego, A., Balciscueta, U., García Garmilla, F., Antigüedad, I., & Morales, T. (2018). Systematic alteration survey and stone provenance for restoring heritage buildings: Punta Begoña Galleries (Basque-Country, Spain). *Engineering Geology*, 247, 12–26. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.10.009>
- [8] Mercadal, M. P. L. (1997). Problemas petrográficos en la identificación de mármoles clásicos: diferenciación de Carrara y Borba. *Caesaraugusta*, 73, 279-288. <https://ifc.dpz.es/recursos/publicaciones/21/23/32lapuentemercadal.pdf>
- [9] Gobierno Vasco. (s.f). *Inventario lugares de interés geológico en la comunidad autónoma del País Vasco. Lig 15 Kanteragorria de Ereño* http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r49u95/es/contenidos/informacion/lig/es_def/adjuntos/015.pdf
- [10] Pereda, I. (2004). Las canteras históricas en Bizkaia: extracción y difusión del "rojo Ereño" "negro Markina" y "gris Mañaria". *KOBIE (Serie Añejos)*. Diputación Foral de Bizkaia, 6(2), 733-744. https://www.bizkaia.eus/descargar_documento.asp?url=fitxategiak/04%2Fondarea%2FKobie%2FPDF%2F6%2FKobie_6_vol_1y2_anejos_LAS%20CA

NTERAS%20HIST%C3%93RICAS%20EN%20BIZKAIA_%20EX-

TRACCI%C3%93N%20Y%20D.pdf¶m=1&hash=36ec295609c2b914f40c0378b4163bcc

[11] Merino, F.M. (s.f). *Fósiles Bivalvo Rudista - Pseudotoucasia*. Red Jaen- Rudistas. <http://www.redjaen.es/francis/?m=c&o=57482>

[12] Rodríguez, J. C. R. (2016). El uso del mármol Lunense en la epigrafía de ámbito público. El caso de "Tarraco" en época alto imperial (siglos I y II). *Cuadernos de Arqueología de la Universidad de Navarra*, 24, 103-120. <https://revistas.unav.edu/index.php/cuadernos-de-arqueologia/article/view/3950>

[13] Fundación marca Macael. (2020). *Guía técnica del mármol Macael*. <https://macaelmarmol.com/wp-content/uploads/2014/10/GUIA-TECNICA-DEL-MARMOL-BLANCO-MACAEL.pdf>

[14] Laborde, A. (2013). *Proyecto COREMANS: «Criterios de intervención en materiales pétreos»*. Madrid; España: Secretaría general técnica Subdirección General de Documentación y Publicaciones.

[15] Méndez Vivar, J. (1997). Importancia de la química en la conservación de monumentos de piedra caliza y mármol. *Educación Química*, 8(4), 225-230. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.1997.4>.

[16] Uriarte, J. A., Damas Mollá, L., Sagarra, M., Aranburu, A., García, F., Antigüedad, I., & Morales, T. (2020). Characterization of complex groundwater flows in the environment of singular buildings by combining hydrogeological and non-destructive geophysical (ground-penetrating radar) techniques: Punta Begoña Galleries (Getxo, Spain). *Hydrological Processes*, 34(4), 1004-1015. <https://doi.org/10.1002/hyp.13635>

[17] Manning, M. (1988). Corrosion of building materials due to atmospheric pollution in the United Kingdom. *Air Pollution, Acid Rain and the Environment*, 18, 37-66. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-2735-3_4

[18] Duran, A., Herrera, L. K., Jimenez, D. H., Pere-Rodriguez, J. L., & Justo, A. (2009). Study of degradation processes of metals used in some artworks from the cultural heritage of Andalusia, Spain. *Revista de metalurgia*, 45(4), 277-286. <https://pdfs.semanticscholar.org/2e7c/fb4d393d4204fb1ea52d0cf606e77e5665dc.pdf>

[19] Scott, D. A., & Eggert, G. (2009). *Iron and steel in art: corrosion, colorants, conservation*. Archetype.

- [20] Saiz-Jimenez, C. (1994). Biodeterioration of stone in historic buildings and monuments. In *Mycotoxins, wood decay, plant stress, biocorrosion, and general biodeterioration* (pp. 587-604). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9450-2_45
- [21] Grossi, C. M., & Esbert, R. M. (1994). Las sales solubles en el deterioro de rocas monumentales. Revisión bibliográfica. *Materiales de Construcción*, 44(235), 15-30. <https://doi.org/10.3989/mc.1994.v44.i235.579>
- [22] Calderón, M. L. S. (2009). Daños que provocan las palomas. *Revista de Clases historia*, (6), 5. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5162649.pdf>
- [23] Alonso Rodríguez, F. J., Esbert Alemany, R. M., Ordaz Gargallo, J., & Vázquez Menéndez, P. (2006). Análisis del deterioro de los materiales pétreos de edificación. *ReCoPar*, 3, 23-32. <http://hdl.handle.net/10651/8891>
- [24] Prieto-Taboada, N., Fdez-Ortiz de Vallejuelo, S., Veneranda, M., Lama, E., Castro, K., Arana, G., ... & Madariaga, J. M. (2019). The Raman spectra of the Na₂SO₄-K₂SO₄ system: Applicability to soluble salts studies in built heritage. *Journal of Raman Spectroscopy*, 50(2), 175-183. <https://doi.org/10.1002/jrs.5550>
- [25] Morales, S. G. (1996). *Metodología de diagnóstico de humedades de capilaridad ascendente y condensación higroscópica, en edificios históricos*. [Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid]. E.T.S. Arquitectura (UPM). http://oa.upm.es/10159/1/SOLE-DAD_GARCIA_MORALES.pdf
- [26] Palomo, A., Blanco-Varela, M. T., Martínez-Ramírez, S., Puertas, F., & Fortes, C. (2002). Historic mortars: characterization and durability. New tendencies for research. *Advanced Research Centre for cultural heritage interdisciplinary projects, Fifth Framework Programme Workshop*. http://www.arcchip.cz/w09/w09_palomo.pdf
- [27] Morillas, H., Maguregui, M., García-Florentino, C., Marcaida, I., & Madariaga, J. M. (2016). Study of particulate matter from Primary/Secondary Marine Aerosol and anthropogenic sources collected by a self-made passive sampler for the evaluation of the dry deposition impact on Built Heritage. *Science of the Total Environment*, 550, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.080>
- [28] García-Florentino, C., Maguregui, M., Morillas, H., Balziskueta, U., Azcarate, A., Arana, G., & Madariaga, J. M. (2016). Portable and Raman imaging usefulness to detect decaying on mortars from Punta Begoña Galleries (Getxo, North of Spain). *Journal of Raman Spectroscopy*, 47(12), 1458-1466. <https://doi.org/10.1002/jrs.4949>

[29] Prieto-Taboada, N., Ibarondo, I., Gómez-Laserna, O., Martínez-Arkarazo, I., Olazabal, M. A., & Madariaga, J. M. (2013). Buildings as repositories of hazardous pollutants of anthropogenic origin. *Journal of hazardous materials*, 248, 451-460. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.01.008>



Capítulo 4

Los muros del salón. Descripción y estado de Conservación



A cada tipo de soporte mural y a cada época, suelen corresponderse unas técnicas pictóricas diferentes, tanto desde la prehistoria, como hasta la actualidad [1,2]. En los comienzos del s. XX, los movimientos histórico-artísticos en Europa, se centraron en el renacimiento de la pintura mural: fresco, encáustica, mosaicos, pinturas a la cal y muchas otras técnicas tradicionales que se redescubrieron. Los manuscritos antiguos fueron traducidos y estudiados para profundizar en el conocimiento sobre la ejecución de las pinturas murales [3].

El complejo patrimonial Punta Begoña es un ejemplo de ello, sin embargo, sus orígenes fueron diferentes. Las pinturas del salón, así como, la concepción del resto de las galerías se realizó por parte de Horacio Echevarrieta, con los materiales más innovadores del momento, pero con la supuesta llegada del bando nacional franquista a las galerías, cambio por completo las paredes del salón.

Al igual que sucedió en el panorama italiano, el fascismo, dentro del arte, se instauró como la gran herramienta política propagandística. A pesar de la llamada al “glorioso pasado” y las técnicas de pintura tradicionales, la industrialización del mercado del arte cambió radicalmente la relación entre el artista y los materiales. Excepto para casos aislados, existió un desconocimiento manual y práctico de las técnicas de pintura tradicionales. Los artistas emulaban lo clásico, con mezclas de materiales nuevos y tradicionales, sin entender su comportamiento y composición [3].

Las pinturas murales de las galerías son pinturas que denotan una técnica poco cuidada y, en algunos casos, una ejecución tosca y burda. Aunque como se describirá más adelante, existen diferencias entre las distintas zonas de pintura mural dentro de las paredes. Todas ellas arrancan en la terminación del zócalo inferior. En concreto, la altura mínima a la que se encuentran es 1,70 m, hasta llegar aproximadamente, y de forma generalizada, a los 3,5 m de altura. Esta distancia respecto al suelo ha sido beneficiosa para la preservación de estas, ya que los grafitis que se encuentran en las paredes apenas tocan las pinturas, reduciendo así, ese agente antropogénico de degradación.

Además de estos actos vandálicos, están presentes otras degradaciones: las causadas por el agua y la humedad que generan graves daños; los agentes intrínsecos de los propios materiales constitutivos, y los contaminantes atmosféricos. Todos

ellos, junto con el abandono sufrido por parte de las instituciones y la ciudadanía del municipio, han elevado el estado de conservación de las mismas a un nivel alarmante.

Una labor eficaz y óptima de Conservación y Restauración de las pinturas murales, pasa por realizar una tarea de observación, recopilación de conocimientos e investigación. Es decir, profundizar en los materiales de los que está compuesta, incluyendo en este apartado de análisis, las afecciones que generan las degradaciones: origen, proceso y su comportamiento de forma aislada y junto con los múltiples materiales de la obra.

En este capítulo se describen, de forma minuciosa, cada uno de los muros que componen el espacio del salón, pormenorizando en la descripción de los conjuntos iconográficos que aparecen en las paredes ornamentadas con pinturas, la composición de los estratos pictóricos y los agentes de deterioro.

Para una mejor comprensión de lo que es el espacio y situación de las paredes, se han clasificado estas, comenzando con la pared izquierda respecto al acceso al salón principal, desde el cerramiento de madera. Esta primera pared se denomina pared 1, para, a continuación, y siguiendo el recorrido en dirección a las agujas del reloj, abordar la pared frontal, dividida por una chimenea central en dos mitades simétricas: pared 2 y pared 3. A la derecha del salón se ubica la pared 4.

Posteriormente, como apartados diferentes, se han clasificado el techo del salón y el cerramiento de madera y cristal de la entrada principal.

4.1 Descripción iconográfica

Es en los muros del salón donde se hace más patente el paso de los diferentes momentos históricos dentro del conjunto Punta Begoña. Las expresiones artísticas, que hoy en día se ven en esta habitación, son consecuencia de un conflicto bélico, la Guerra Civil española. La supuesta toma de este patrimonio por parte del bando nacional deja en los muros iconografías militares y de exaltación al régimen franquista y falangista.

El paso de los años ha dificultado su conservación, perdiéndose paulatinamente, y siendo complicada su lectura.

Teniendo en cuenta la ideología de Horacio Echevarrieta, y el cuidado diseño del resto del conjunto arquitectónico, es de suponer que esta no era la decoración original. Así, las pinturas que posiblemente decoraban el salón, al construirse este en 1918, han quedado tapadas por estas nuevas capas de preparación y película pictórica. Es necesaria, por lo tanto, la identificación de las pinturas actuales, para vislumbrar y poder determinar si existe alguna pintura original entre ellas. Este aspecto se detallará en el capítulo 5, pero antes de esto, es necesaria realizar una la catalogación de las iconografías, ya que, resulta imprescindible en su futura restauración, si la hubiese, o para recoger información histórica y realizar tareas de sensibilización acerca de este conflicto en el municipio de Getxo.

4.1.1 Pared 1

Es la situada a la izquierda de la entrada principal del salón, y hace las funciones de separación de ambientes o espacios. El vano de la puerta, de dimensiones, 2,87 m x 2,75 m, hoy por hoy desaparecida, de la que únicamente quedan los dinteles que soportan el muro, separa la 1ª crujía, que da acceso a la galería superior a través de unas escaleras que están actualmente en desuso, por el riesgo de derrumbe que presentan. Esta pared cuenta con una largura de 9,32 m.

A través del examen visual, se observa, en la parte superior de la pared (cornisa), el lema franquista “¡¡Viva España!!” en color rojizo. Esta franja del muro superior recorre todo el perímetro del salón con una ligera curva que desciende desde el techo, hasta la pared. Situada justo debajo del lema descrito, recorre igualmente, la pared, una cenefa lisa en tono azul. Del mismo modo, y justo situado por debajo de esta primera cenefa, se encuentra otra cenefa decorada en alto y bajo relieve.

Se tiene constancia, por los fragmentos desprendidos en algunas zonas, que esta cenefa, en dos niveles, contiene un entramado de cuerda que afianza la estructura creada con yeso. Este entramado es visible en las zonas más deterioradas.

Dicha decoración está realizada en dos colores, el altorrelieve con coloración rojiza y poca densidad de color, y el fondo en color amarillo (Fig.4.1).

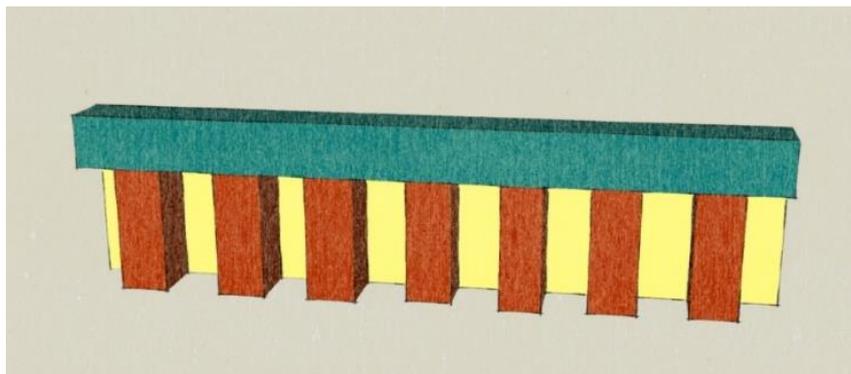


Figura 4.1. Recreación 3D de la cenefa superior del salón.

Por otro lado, en el agujero de grandes dimensiones que se ubica encima del dintel de la puerta de acceso a la 1ª crujía, se encontraba, según testimonios orales, un busto de Francisco Franco (dirigente franquista y dictador español 1892-1975) dibujado. De ahí las intencionadas y repetidas agresiones que ha sufrido esta zona de la pared 1. Este deterioro alcanza también el soporte de la habitación contigua por la parte trasera (doble muro).

La pared 1, apenas presenta pinturas murales, únicamente 3 motivos decorativos son los que se pueden apreciar, no sin requerir de esfuerzo visual. El primero y más visible de los conjuntos, se sitúa en el ángulo izquierdo del dintel de la puerta. Se puede suponer que en su origen tenía mayor longitud que lo que observamos hoy en día, recorriendo todo el dintel. Representa el escudo del cuerpo de aviación del ejército español (Fig.4.2).

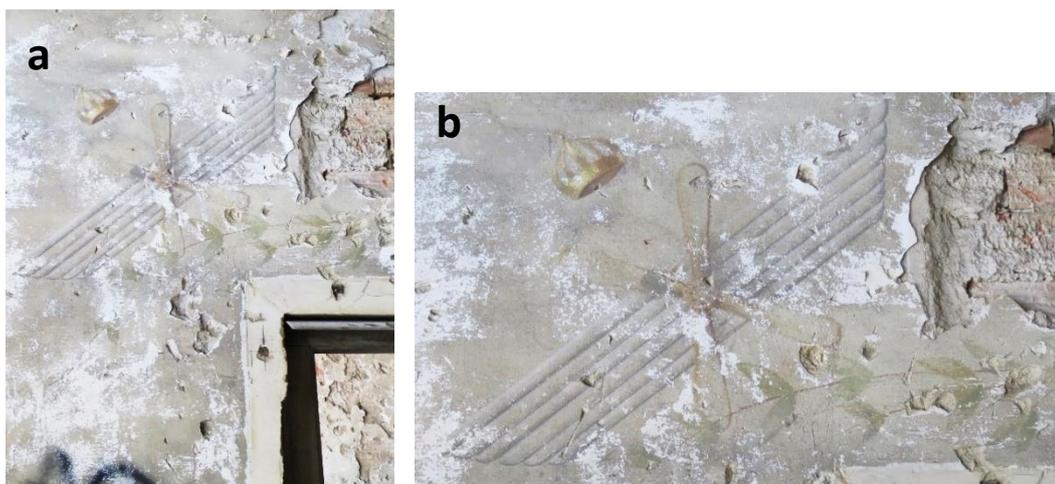


Figura 4.2. a) Detalle del símbolo ubicado en la esquina superior izquierda del dintel de la puerta de acceso a la 1ª crujía, y b) Ampliación de la zona descrita.

Este escudo presenta en el centro 6 alas, una encima de la otra, realizadas en blanco, gris y negro, que imitan un aspecto metálico. En el medio de estas, se sitúan dos aspas de avión cruzadas de color marrón, y por encima de ellas, una corona real española en dos gradaciones de amarillo creando reflejos dorados. Este escudo con corona se podría pensar que hiciera referencia a Horacio Echevarrieta y su participación en Iberia, compañía de aviación en la que estuvo implicado desde su creación. Horacio, republicano declarado, supuestamente no aceptaba tal institución (la monárquica).

Sin embargo, y mediante una búsqueda exhaustiva, se han comparado los escudos utilizados en los comienzos del s. XX (Fig.4.3), que son similares a los representados en las galerías Punta Begoña, comprobando que las coronas de estos, en época de la república, no llevaban la cruz en su remate superior, sino que eran coronas murales [4,5]. Según la información del organismo del ejército del aire, este es un escudo o Rokiski⁴ habitual en el cuerpo de aviación a partir de 1923 cuando la Infanta Beatriz lo diseña y se mantiene hasta la llegada de la segunda república (1931-1939)” [5].

⁴“En lenguaje coloquial se conoce como "Rokiski" al emblema de plata que llevan sobre el uniforme aquellos que están en posesión de algún título aeronáutico, y el nombre le viene del de Luis Rokiski, un estupendo grabador que entre el año 1939 y el de su muerte hacia 1965, realizó los emblemas "de pecho" para todos los aviadores de aquella época” [4].

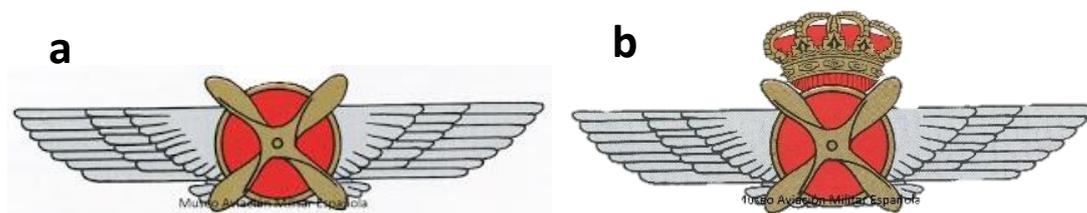


Figura 4.3. a) Emblema de la Aviación Militar Española en época de la segunda república. En él, se han eliminado las aspas centrales y la corona española. “Este concretamente es el título de piloto militar, que mucha gente confunde con el emblema del Ejército del Aire”. Fuente: Blog Museo militar aviación española y, b) Primer emblema de la Aviación militar creado por la Infanta Beatriz. Fuente de ambas imágenes y texto: Bourdon, C. (2017, 24 de abril). Cuando la estrella roja formaba parte del emblema de la aviación militar española. Museo aviación militar española Blog. <http://museoaviacionmilitares-paola.blogspot.com/2017/04/cuando-la-estrella-roja-formaba-parte.html>

Debajo de este escudo se sitúa una rama de laurel que presenta una ligera caída hacia el suelo. Se compone de tres ramas en orden decreciente de longitud, siendo la más corta, la situada encima del dintel de la puerta. Son dos colores los que componen el motivo decorativo: el color marrón que dibuja las ramas y el verde de las hojas. En este verde se aprecia, a nivel visual, como hay zonas más claras y otras más oscuras, siendo el objetivo del artista o artistas, el simular volumen. Es en el otro extremo del dintel, donde se sitúa una rama similar a esta de laurel, aunque, debido a los deterioros sufridos, es casi imperceptible.

Por otro lado, situado a la derecha de la puerta, aproximadamente a 1,5 m, y a 1,8 m de altura, se encuentra un conjunto iconográfico cubierto casi en su totalidad por los grafitis. Únicamente, es visible la parte derecha del mismo. Aunque al comienzo del proyecto, este escudo no fue identificado, tras las limpiezas posteriores, se relacionó con la banda de música del ejército militar, por su forma de arpa en color amarillo. Cruzan en su mitad, dos cuerdas en tono ocre que son apenas discernibles (Fig.4.4).

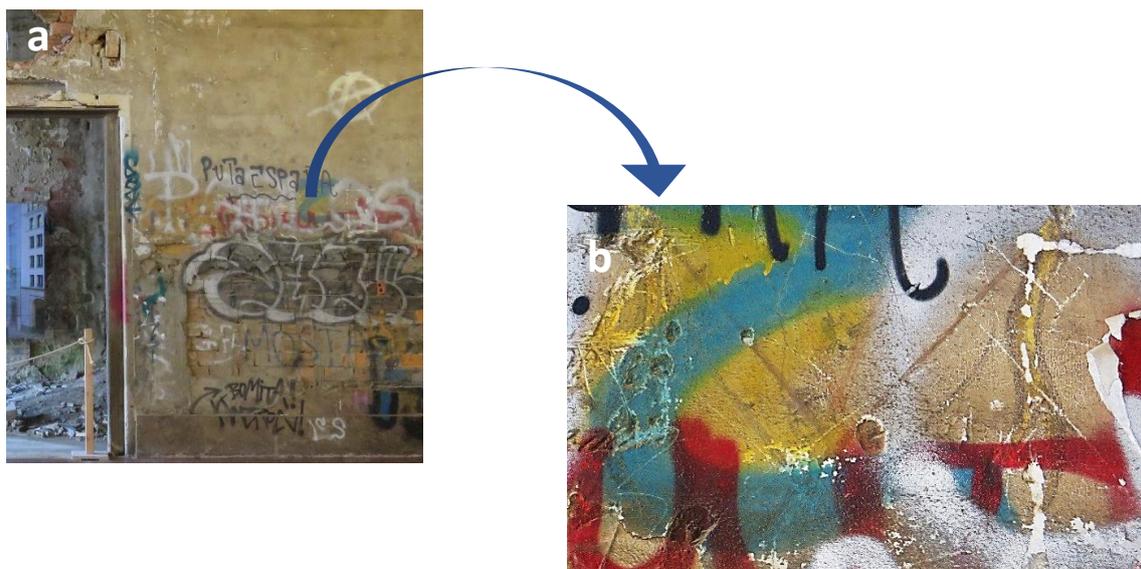


Figura 4.4.a) Esquina derecha del vano de la puerta donde se encuentra el escudo y, b) Ampliación del detalle decorativo que se encuentra cubierto por multitud de tintas de grafitis.

Si continuamos hacia la parte derecha del muro, encontramos uno de los escudos más visibles del salón, sobre todo, por la envergadura que tiene este en la pared (Fig.4.5.a). Es un escudo simétrico que comparte su otra mitad con la pared 2. Se trata de la cruz de Borgoña, o cruz carlista, utilizada por una de las facciones del franquismo, los Carlistas [6].

Este escudo en su origen debería ser de coloración rojiza intensa, pero el paso del tiempo, y los agentes de deterioro, lo han convertido en una veladura grisácea mate. De forma generalizada, también, se combina con un grisáceo casi negro (Fig.4.5.b).

El relleno rojizo de dicha cruz es uniforme desde una perspectiva lejana, pero a medida que se reduce distancia, se aprecian huecos o faltantes de pigmento, tal vez por la rugosidad de la pared o por el deterioro de esta capa pictórica.

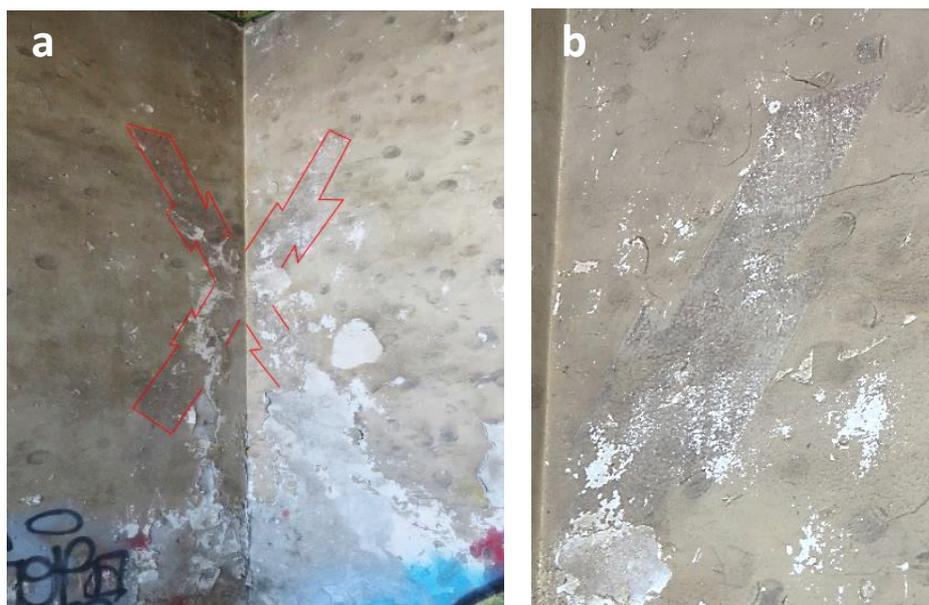


Figura 4.5. a) Escudo de la cruz carlista o de Borgoña ubicado en la esquina izquierda del salón y b) Imagen de detalle, donde se observa una coloración grisácea.

Esta cruz tiene unas dimensiones aproximadas de 1,10 m de altura y 0,6 m de anchura. Por todo el perímetro de la misma se puede constatar cómo, en el contorno de la figura, existe un punteado negro (Fig.4.6. a y b). Este punteado corresponde con la técnica denominada estarcido [7], que se realiza a través de un dibujo preparatorio (sinopia) (Fig.4.6.c), a escala real, perforado con pequeños agujeros los contornos de las figuras y, mediante una muñequilla rellena de pigmento, se traspasa el dibujo al mortero para facilitar después, el dibujado del mismo (Fig.4.6.d). Esta técnica aparece en varios conjuntos dentro del salón.

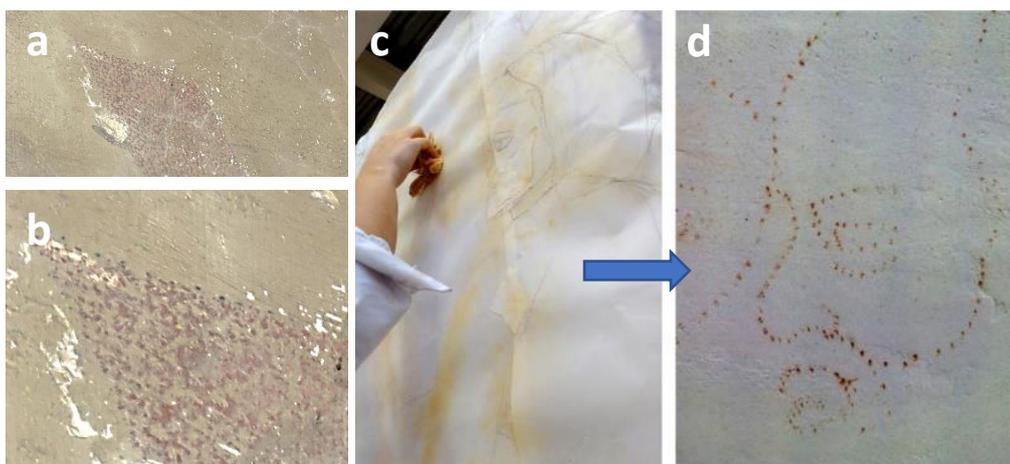


Figura 4.6.a) Esquina izquierda de la cruz carlista, b) Detalle del punteado (estarcido) que se visualiza en la cruz carlista, c) Imagen explicativa de realización del estarcido en pintura mural Fuente: Universidad Politécnica de Valencia.(2015). Glosario de términos de Conservación y Restauración.<http://glosario.lidr.webs.upv.es/postout/1823/estarcido> y, d) Marcas de pigmento que quedan en la pared para el dibujado.

4.1.2 Pared 2

Las paredes 2 y 3, son las situadas enfrente del cerramiento principal de acceso a las galerías, separadas en dos mitades, de manera simétrica, por medio de una chimenea central, la cual, inicia a ras de suelo y asciende hasta el techo. La pared 2 es la situada a la izquierda, y pared 3 a la derecha.

Al igual que la pared 1, esta pared también cuenta con una cornisa superior, que alberga la zona curvada donde se lee la continuación del lema franquista anterior: “España una”, en la misma coloración. Por debajo de esta curva, recorre la pared, la cenefa lisa en tono azul y, debajo de esta, una cenefa con altorrelieve amarillo y rojo, siguiendo la estructura de todo el salón. La largura de esta pared es 7,7 m.

En esta pared, se aprecian unos motivos iconográficos que tienen simetría con los que aparecen en la pared 3.

El siguiente motivo, que se muestra en este muro, es el correspondiente a tres personajes masculinos que representan las tres facciones del franquismo. Cada uno de los personajes cubre su cabeza con un elemento diferente: el primero una gorra

azul (Falange), el segundo con una boina roja (requeté) y el tercero con un casco militar (soldado nacional) [6] (Fig.4.7.a).



Figura.4.7. a) Fotografía retocada de los personajes centrales. Fuente: GPAC-UPV/EHU, y b) Imagen actual del conjunto iconográfico de los tres personajes ubicados en la pared 2.

Tiene unas medidas aproximadas de 2,5 m de alto y 4 m de ancho y, actualmente, se encuentra tapado, de forma parcial, por la degradación provocada debido a múltiples hogueras (Fig.4.7.b).

El personaje situado a la izquierda de la composición refiere a la falange española, y se encuentra únicamente esbozado con trazos de coloración rojiza. Sujeta con ambas manos un fusil dirigido hacia la izquierda, al igual que los demás, que también miran hacia la izquierda. El personaje central del conjunto representa a un soldado requeté con boina inclinada de color amarillo. Este color no corresponde con el bando carlista, al que hace referencia, ya que este ornamento sería de color rojo. Se desconoce si el autor o autores de esta pintura mural han podido cambiar el tono de este objeto, o si, por el contrario, ha sufrido una degradación del pigmento/aglutinante, tornándose amarillo. Además de esta zona coloreada, se aprecia una mínima parte de la cara del personaje de color naranja. Este individuo, sujeta también una bayoneta que apenas se distingue, al igual que el resto del cuerpo, debido al trazo simple de las líneas que lo dibujan. El tercer y último personaje representa un soldado. Esta casi

por completo desaparecido, solo existe la película pictórica de una parte de la cabeza y un solo ojo. Sujeta también un arma, trazada solo por su contorno.

Situado a la derecha de esta iconografía principal, se encuentra el escudo del ejército de la Marina española (Fig.4.8). Es uno de los escudos más visibles, ya que se ubica, a una altura de 1,8 m, justo por encima del zócalo de mármol.

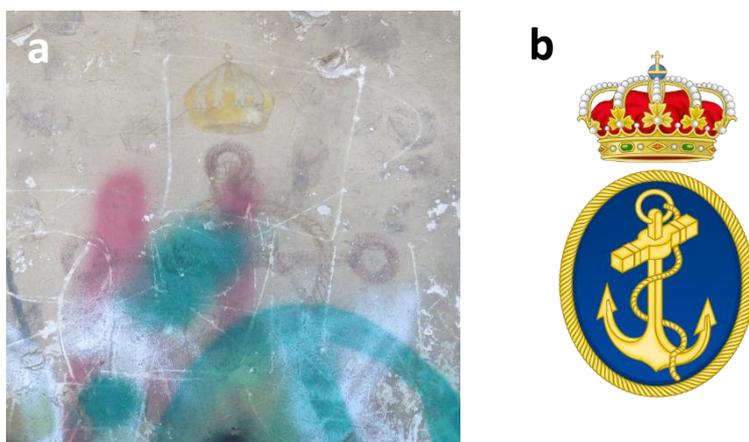


Figura 4.8. a) Imagen actual del escudo de la marina representado en la pared 2, y b) Escudo oficial de la Marina del Ejército español. Fuente: Ejército de la Marina española. <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/iniciohome/prefLang-es/>

Remata el escudo una corona real en color amarillo, con sombras ocre, asemejándose al dorado que se repite en el resto de los escudos del salón. Debajo de esta, se sitúa un ancla en color rojo oscuro con una cuerda en trazos marrones. No se consigue ver el brazo del ancla debido a los grafitis que se superponen por encima.

A continuación, se describen los dos escudos más reseñables del salón, situados a ambos lados del tiro de la chimenea. A la derecha de esta, el escudo de armas de la ciudad de Bilbao (Fig.4.9.a y b) con: la iglesia de San Antón, la ría de Bilbao y dos lobos encima del puente. La iglesia está realizada en colores amarillo, verde y azul, que consiguen mezclas que recrean los ladrillos de la fachada (Fig.4.9.c). El agua del río está realizada en azul celeste, con toques blancos, y por último, los lobos se representan en rojo oscuro. Se observa una singularidad en estos: están efectuados con la técnica del cartón mediante incisión indirecta, utilizada para trasponer el dibujo con ayuda de la sinopia, aún, con el mortero fresco (Fig.4.10). Sus medidas

aproximadas son de 1,5 m de alto y 1,15 m de ancho. En este caso, las incisiones realizadas en los contornos de la figura, se identifican así, y no como incisiones directas, por tener una hendidura suave en forma de U en el mortero, y no en forma de V, como sucede con las incisiones mediante herramienta encima del mortero fresco.



Figura 4.9. a) Imagen del escudo al inicio del proyecto, b) Escudo de la Villa de Bilbao. Fuente: Blog. Basas, Manuel.(2015). www.bilbao.eus y c) Fotografía retocada para resaltar los colores del escudo.



Figura 4.10. Detalle de uno de los lobos del escudo, en el que se pueden apreciar, las incisiones en su contorno.

4.1.3 Pared 3

El emblema de esta pared, situado en la cornisa superior, es “Grande y libre”, en coloración rojiza y rematando la frase de la pared 2. Esta pared tiene una largura de 7,8m.

En la misma ubicación que el escudo de Bilbao, pero al lado contrario del tiro de la chimenea, se encuentra el escudo de Bizkaia. Representado por el árbol de Gernika, con una copa frondosa, en color verde brillante, superponiéndose a una cruz en color ocre (Fig.4.11.a). El tronco, representado en el mismo color, alberga en su recorrido descendiente dos lobos: el primero aparece detrás del tronco y, el segundo situado por encima de este. Ambos lobos, al igual que sucede en el escudo de Bilbao, están realizados mediante incisión indirecta en el perímetro de las figuras, en color rojo oscuro. El escudo de Bizkaia, tal y como lo vemos en el salón, es una adaptación que estuvo vigente desde el s. XV hasta el s. XIX, a partir del cual, se eliminaron los lobos situados en el tronco (Fig.4.11.b) [8].

Ambos escudos son las representaciones más fáciles de observar a primera vista, aunque el grado de deterioro y, la pérdida de los detalles en la pintura hace que hoy en día, apenas se distingan los elementos.

Debajo se encuentra otro pequeño escudo, justo al comenzar el zócalo de mármol inferior, que representa el escudo de la legión española (Fig.4.12.a), con sus tradicionales armas: alabarda, arcabuz y ballesta (Fig.4.12.b). Se visualizan también, los puntos de contorno realizados para el estarcido del dibujo.

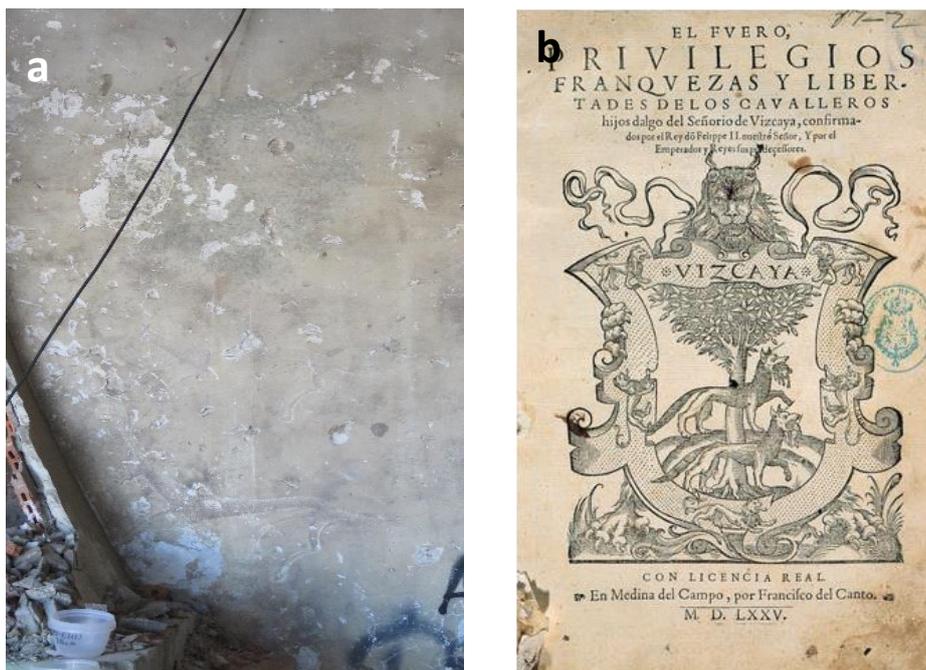


Figura 4.11. a) Fotografía del escudo de Bizkaia en su posición junto al tiro de la chimenea, y b) Escudo de Bizkaia hasta el s. XIX. Fuente: Blog Hispanismo.(2009) <http://hispanismo.org/senorios-vascongados/10532-la-cruz-del-escudo-de-vizcaya.html>



Figura 4.12. a) Fotografía del escudo semi cubierto por grafitis, y b) Imagen del escudo de la legión española actual. Fuente: Wikipedia.(2020) Legión española. https://es.wikipedia.org/wiki/Legi%C3%B3n_Espa%C3%B1ola

Por otro lado, aparece separado de los demás conjuntos, una pintura situada en la parte izquierda, próxima a la zona del remate superior del zócalo de mármol

(Fig.4.13.a). Es posible que represente una gota de agua en color azul con sombra en azul más oscuro. Además, no se pudo confundir con un grafiti o con otra pintura contemporánea, ya que -tiene en su perímetro- unas marcas de estarcido en color negro (Fig.4.13.b). Las medidas de esta gota son de 30 cm x 20 cm.



Figura 4.13. a) Ubicación de la pintura, y b) Detalle ampliado en el que se observa como existe una pintura mural en este punto.

De forma simétrica a la pared 2, existen 3 personajes femeninos dibujados (Fig.4.14.a) en la numerada como pared 3. La primera mujer, comenzando por la izquierda del conjunto, tiene su cabeza girada hacia la parte izquierda. Cuenta con un cabello en color ocre y carnaciones en color naranja. Los ojos están pintados en blanco y azul intenso. En el derecho, a simple vista, se puede ver una mancha azul que cubre el ojo, pintada con posterioridad, presuntamente, por su intensidad y diferente tono. Lleva un vestido en color verde que luce unos volantes en el cuello, de color blanco. En la mano derecha tiene sujetas un par de agujas de tejer y una prenda, a medio tejer, en tonos anaranjados, similares a los contornos de los personajes masculinos de la pared 2. Esta mujer calza zapatos de tacón en color marrón y, se le puede ver parte de la pierna en un color naranja intenso. Referenciándose así, a la

parte de la sección femenina que era la encargada de las labores del hogar, como el coser.



Figura 4.14. a) Fotografía del conjunto al inicio del proyecto, b) Portada de la revista “Y”, Revista para la mujer de la sección femenina del franquismo. Fuente: Biblioteca Nacional de España. Revistas para la mujer. <http://hemerotecadigital.bne.es/issue.vm?id=0027340260&search=&lang=es> y, c) Fotografía de las enfermeras franquistas. Fuente: Fundación Francisco Franco. Pilar Primo de Rivera y Sáenz de Heredia. (2012). <https://fnff.es/caballeros-y-damas-de-la-fnff/251539093/pilar-primo-de-rivera-y-saenz-de-heredia.html>

La mujer situada en el centro de la composición tiene su cuerpo de espaldas, y dirige su cabeza hacia la parte inferior derecha del salón. Es una pintura con trazos más sutiles que las anteriores. Sujeta con ambos brazos una taza en la que se puede leer, “Auxilio social”, en color blanco. Lleva un vestido azul claro, habitual en las mujeres de la sección femenina [9], tal y como se puede observar en la Figura 4.14.b,

pero lo tapa casi en su totalidad con el delantal blanco. Las piernas se observan nuevamente en color naranja.

En último lugar, se observa una mujer con vestido y cofia blancos, que realiza el saludo fascista con la mano derecha levantada y con mirada hacia este lado de la pared. La faz de esta mujer queda tapada por este gesto al completo, únicamente, es visible parte del cabello rubio. El vestido que la cubre también se extiende hasta los pies. Representa a las llamadas Margaritas Carlistas (Fig.4.14.c), mujeres dedicadas al cuidado de los combatientes que caían heridos en la guerra [10].

El siguiente escudo en la pared 3, se ubica entre el conjunto de mujeres anteriormente descrito y, la esquina derecha del salón. Apenas se vislumbra una media luna en color blanco y algunos trazos rectilíneos en marrón (Fig.4.15.a). Después de un arduo trabajo de búsqueda de documentación bibliográfica y de archivos de imágenes, se ha encontrado la relación con el escudo de los llamados regulares del ejército español (Fig.4.15.b).

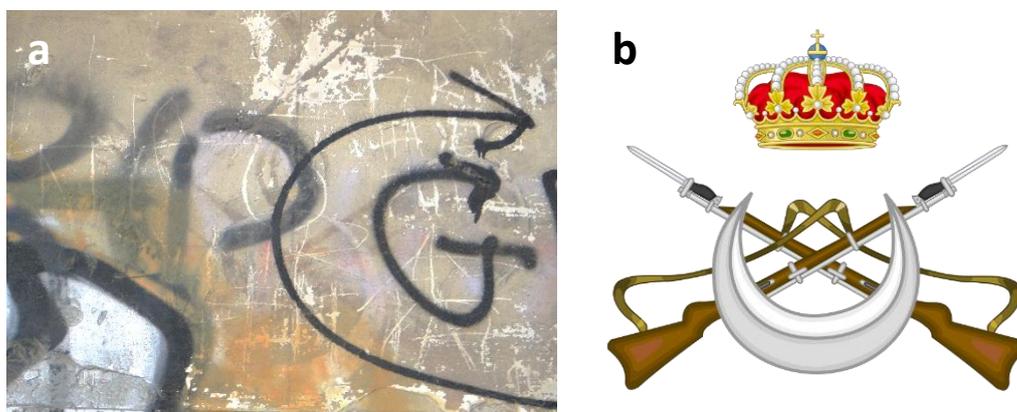


Figura 4.15. a) Escudo tapado por grafitis, y b) Escudo perteneciente al grupo de fuerza regulares indígenas del ejército español. Fuente: Cabrero, J. J. M. (2012). La fuerza de regulares. 100 años de historia. Presente y futuro. Pre-bie3, (2), 33. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7453897.pdf>

Este grupo militar se creó en 1911 en África con personal indígena [11]. Durante la Guerra Civil española llegaron hasta el Norte de la Península para apoyar al bando nacional.

Por último, en la esquina derecha de esta pared pictórica 3, se representan dos escudos, uno en mayor tamaño, escudo de la falange española (FE de las JONS) y, por debajo, otro de menor tamaño, el escudo del grupo de artillería del Ejército de Tierra español. El primero en color rojizo, al igual que en la esquina contraria del salón, cuenta con unas dimensiones de 1,54 m de largo y 1,4 m de ancho, con la línea de simetría ubicada en la unión de ambas paredes (Fig.4.16.a). Lo componen 5 flechas en dirección al techo, cruzadas horizontalmente por un yugo (Fig.4.16.b).

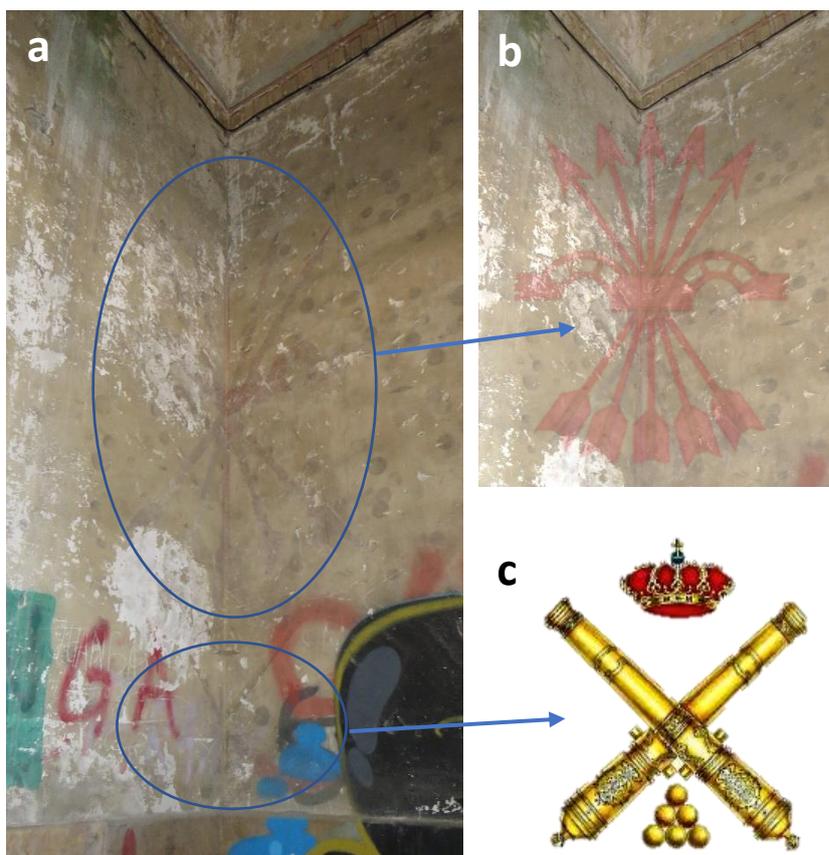


Figura 4.16. a) Esquina que une las paredes 3 y 4, en la que se ubican los dos escudos, b) Superposición del escudo de FE de las JONS en su posición en la pared, y c) Escudo de la artillería del Ejército de Tierra. Fuente: Twitter. <https://twitter.com/umegob/status/805318713188765698>.

El segundo escudo tiene un tamaño de 0,5 m de largo y 0,78 m de ancho. Lo forman dos cañones cruzados entre sí, con una corona en la parte superior, en tonos

amarillos. Debajo de las aspas que forman los cañones, se visualizan 3 esferas, a modo de bolas de cañón, en color amarillo, al igual que la coloración del resto del escudo (Fig.4.16.c).

4.1.4 Pared 4

Esta pared cuenta nuevamente con la cornisa perimetral en la que se puede leer la frase: ¡¡Arriba España!! La pared completa cuenta con una largura de 9,09 m.

Se caracteriza por la diferencia en la textura de la película pictórica, más gruesa y empastada, además de, la viveza de sus colores. La pintura central de grandes dimensiones, que se ubica en el centro, abarca al completo la altura de esta pared, llegando casi hasta la cenefa superior. Su iconografía es prácticamente ilegible. En la zona izquierda se dibuja una bandera bicolor (roja y amarilla), que ondea y crea un semicírculo. También se incluye una rama de laurel por detrás de esta. A la derecha, vuelven a aparecer ramas de laurel, una con más longitud que la otra y diferentes tonalidades de verde que crean un efecto volumétrico. Por detrás de estas dos pinturas, se encuentra una cruz latina con el segmento izquierdo en color rojo y el derecho en color amarillo (Fig.4.17).

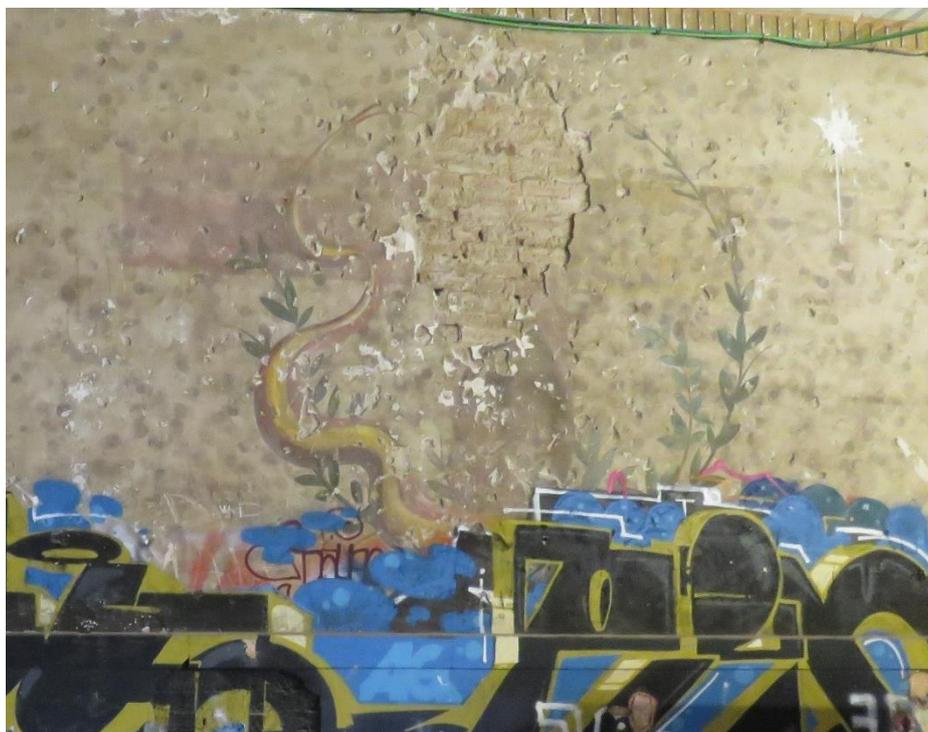


Figura 4.17. Iconografía central de la pared 4.

En la mitad central de estas decoraciones semicirculares y, encima de la cruz latina, se percibe la supuesta representación del General franquista, José Antonio Primo de Rivera (1903-1936). En los inicios de este trabajo documental de tesis doctoral, se supuso, bien por informes previos de los grupos de investigación, bien por observaciones visuales, que esta imagen mostraba una virgen. Es posteriormente, en las tareas de restauración, cuando se ha comprobado que es un busto posicionado de perfil. Además, este dato es conocido por los testimonios orales recogidos. Actualmente, la parte alta de esta pintura se encuentra desaparecida, lo que correspondería a la cabeza del busto. Remataba esta imagen, un águila franquista, del cual únicamente queda visible medio cuerpo.

Por otro lado, a la derecha de esta pared se sitúa la puerta, de dimensiones 2,9 m x 1,3 m, que da acceso a los antiguos servicios y cocina. En el dintel de esta puerta se halla el símbolo de la salud o también llamada copa de Higia, en color blanco azulado con una serpiente en color verdoso. Este símbolo está rodeado por una corona vegetal con su coloración bastante perdida (Fig.4.18). Cuenta con dos ramas de laurel, por la parte izquierda, (Fig.4.19.a), y roble a la derecha (Fig.4.19.b), situadas justo por debajo de la copa Higia, decoran la zona del dintel de la puerta. Esta iconografía desentona con el resto de las pinturas de origen político y militar, lo que podría significar el uso dado a la supuesta ocupación: hospital de campaña.



Figura 4.18. Detalle de la corona que remata el dintel de la puerta derecha del salón.

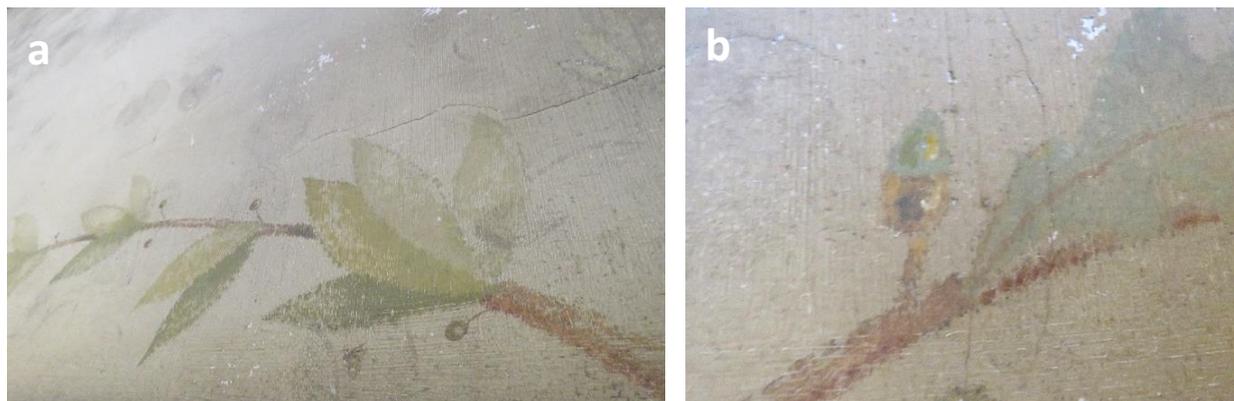


Figura 4.19. a) Rama de laurel a la derecha con sus frutos y, b) Pequeñas ramas de roble con los frutos, bellotas.

4.1.5 Techo

El techo del salón está formado por dos superficies de hormigón armado entre las cuales hay una cámara de 1,5 m de altura. Estas placas subdivididas en parcelas más pequeñas acogen las placas de yeso que componen el techo.

El fondo está decorado con molduras, también de yeso, en doble altura, recreando formas geométricas cuadradas y circulares unidas entre sí (Fig.4.20.a). Existe un tramo desaparecido, a la izquierda de este, en el que esta geometría se rompe (Ver mapa de daños techo en el subapartado 4.3.2).

Así mismo, se han recogido testimonios orales en los que declaran haber visto estas molduras pintadas en color rojo y amarillo. Actualmente, tiene un color marrón claro para el fondo, y marrón oscuro para estas molduras.

Tras las limpiezas efectuadas en el techo del salón mediante brocha, se descubrió una nueva pintura mural que referenciaba al escudo, nuevamente, de la aviación del Ejército español (Fig.4.20.b). Además, el cuadrado en el que se encontraba, tomo después de estas limpiezas un color azulado similar al de la cenefa perimetral (Fig.4.20.c). En este escudo, se situaba seguramente la lámpara central del salón. No obstante, existen otros agujeros en el techo que cuentan con ganchos de cobre para la sujeción de otras lámparas.

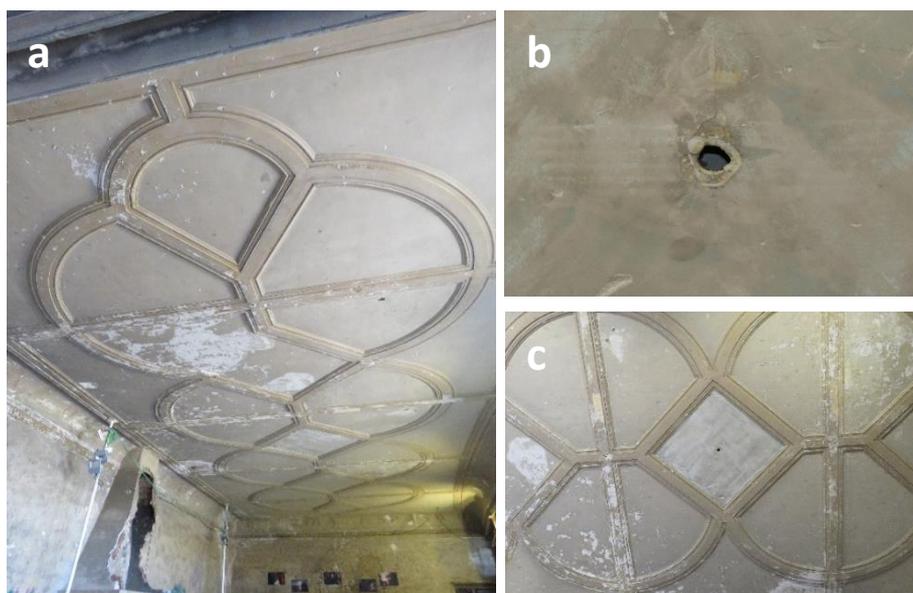


Figura 4.20. a) Fotografía del techo del salón, b) Pintura descubierta en el centro del mismo, y c) Zona de la nueva pintura con color azulado.

4.1.6 Cerramiento de madera y cristal

La cornisa superior también está presente en esta pared, con el lema “¡¡Franco, Franco, Franco!!” en color rojo. Y las dos cenefas decorativas continúan, al igual que en el resto.

En un inicio, era una cerramiento majestuoso compuesto por madera y cristal, creando dibujos geométricos por los que entraba la luz exterior (Fig.4.21.a). El paso del tiempo, y los actos vandálicos, derivaron en la desaparición de las hojas de madera que componen esta entrada (Fig.4.21.b). Los análisis realizados a estos dos elementos, por parte del Laboratorio del Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), han determinado que es madera de Teca asiática (*Tectona grandis*), una madera exótica, además de, económicamente costosa, y cristal abujardado. Las labores de restauración de este cerramiento se han llevado a cabo en el año 2018-2019 con esta misma madera (Fig.4.21.c), ver Anexo 1.



Figura 4.21. a) Dibujo del cerramiento del salón, junto con los lemas de la cornisa, b) Imagen del 2007 en el que se aprecia el descarne de las maderas y c) Imagen en la actualidad tras la restauración hecha.

4.2 Disposición general de las capas compositivas de las pinturas murales

La pintura mural desde sus inicios contaba con una composición prácticamente invariable a lo largo del tiempo. Su estructura: soporte, preparación y capa pictórica, apenas se ha modificado. Si bien es cierto que, dependiendo de las tendencias artísticas correspondientes a diferentes épocas o periodos históricos, alguna de esas capas variaba, se duplicaba o desaparecía.

La construcción de Punta Begoña con los materiales más novedosos del momento podría reflejarse, en la elección de preparaciones, técnicas y pigmentos contemporáneos, que en esa época suponían una revolución dentro de la pintura mural, en consonancia a lo dispuesto en otras partes de las galerías por parte de Horacio.

Sin embargo, la supuesta entrada del bando nacional ofrece unas pinturas poco cuidadas y con técnicas obsoletas, de forma visual.

Debido a la mala conservación de la pared (grietas, fisuras y ampollas), y de las capas que conforman la misma, se pueden observar *de visu*⁵, los estratos de los que está compuesto el muro. Aquí se describen de manera general las distintas capas compositivas del mismo, y de forma específica, mediante análisis químicos detallados, en el capítulo 5 de esta tesis.

4.2.1 Soporte

El soporte de las pinturas murales de Punta Begoña son los ladrillos, denominados coloquialmente de ojo de gafa, tochana o doble hueco⁶ [12], empleados en todas las paredes del salón. Por lo que se intuye en la pared 1 y 4, donde es posible ver el soporte al descubierto, el aparejo empleado para su construcción es el aparejo panderete, que se distingue por la posición de estos: de canto y por el lado más largo de este [13]. Estos son un buen soporte mural siempre que sea de buena calidad, que no le hayan afectado los agentes de degradación y que se le apliquen las preparaciones adecuadas a cada una de las técnicas que se pretendan emplear sobre él [2]. Las paredes 1, 2 y 3, cuentan con el mismo tipo de construcción de soporte: una doble pared de ladrillo con cámara de aire intermedia de unos 10 cm. de ancho. Sin embargo, la pared 4 solo consta de un muro de ladrillo.

4.2.2 Mortero

El mortero empleado en todas las galerías, incluido el salón, es un mortero de cal y arena de playa. Se corrobora este hecho, con la visualización de todo tipo de moluscos en él (Fig.4.22).

⁵ Locución latina: visualmente.

⁶ Son ladrillos con doble hueco redondo a lo largo de su longitud.



Figura 4.22. Detalle de la composición del mortero del salón.

Existe una capa de *arriccio* y una de *intonaco* más delgada y con más cantidad de cal, supuestamente, por su coloración, en este mortero.

4.2.3 Primera capa preparatoria

Su color es un blanco agrisado y tiene el mismo grosor en todas las paredes.

4.2.3 Primera capa pictórica

De color marrón, cuenta con un grosor similar en todas las paredes. Se aprecia también una coloración vítrea en toda la capa que hace suponer la presencia de algún mineral. Esta capa puede corresponder a la pintura original.

4.2.4 Segunda capa preparatoria

En esta capa se visualiza una preparación cubriente como es el blanco de plomo o Albayalde, con una capa gruesa en todas las paredes.

4.2.5 Segunda capa pictórica

Esta última capa, recoge las pinturas que vemos actualmente. Son pinturas tenues con poca carga de pigmento y aglutinante perdido en algunas zonas. La pared 4 presenta una pintura más gruesa, debido, tal vez, a que se realizó en otro momento diferente del resto de pinturas. Para ampliar la información sobre estas capas las capas pictóricas, consultar el capítulo 5.

4.3 Estado de conservación general de las pinturas murales

Predominan en las cuatro paredes del salón patologías con mismo origen y, deterioro similar, en los materiales que componen el muro. Las alteraciones que aparecen en el salón se deben, por un lado, a agentes externos: agua, sales, contaminantes atmosféricos, antropogénicos, y por otro, agentes internos como: el mortero empleado, la composición de los ladrillos, el cemento de unión de estos y la composición de ciertos pigmentos/aglutinantes. A lo largo de todo el salón, se observan múltiples daños, en ocasiones menos visibles, que denotan un estado de degradación avanzado.

4.3.1 Patologías generales

A continuación, se detallan los agentes principales de deterioro identificados en las paredes del salón para, en el apartado siguiente 4.3.2, profundizar en cada una de sus paredes y techo.

4.3.1.1 Agentes externos

Como patologías generadas por factores externos se encuentran los siguientes, de mayor a menor repercusión, en los muros del salón:

i. El agua

El principal agente deteriorante es el agua pues este elemento favorece la mayoría de las reacciones químicas [2,14]. En el caso del salón, esta ha creado muchos de los deterioros visibles. La humedad que penetra en el muro hace acelerar el proceso de descomposición de sus materiales, además del mortero y la capa pictórica [2]. Esta humedad puede ser por capilaridad, condensación y/o infiltración.

Mediante exámenes visuales y cámaras termográficas, se descubrieron las fuentes de humedad, origen de la entrada por aguas. Estos análisis se llevaron a cabo por el grupo de investigación HGI-UPV/EHU. Se pueden dar 3 posibilidades como focos de aporte de humedad (infiltración, capilaridad y condensación) del salón:

a) Infiltración

El jardín superior de las galerías, desde su abandono, ha ido acumulando capas de material orgánico depositado por los vientos predominantes y temporales meteorológicos de la zona. Este jardín, se sitúa encima del salón, abarcando todo el techo del mismo. El agua se instaura y se mantiene en las capas de tierra y poco a poco, penetra en las placas de hormigón armado. Genera, en una segunda fase, roturas por las que el agua desciende a las siguientes placas decorativas de yeso, y percola por las placas de dicho material hasta las paredes y techo del salón. En épocas de lluvia esta terraza superior se ha colapsado hasta el punto de acumular hasta alcanzar los 18 cm de altura de agua.

El agua de infiltración se estanca y se mantiene más tiempo en la parte izquierda del jardín, que a su vez pertenece al ángulo que conecta la pared pictórica 3, con la 4. Es en la esquina derecha donde más efecto tiene el percole de este agua, degradando paulatinamente todas las capas del muro. Puede contener iones que disgregan a su paso el ladrillo y el mortero, pero, sobre todo, el yeso de las placas del techo y la preparación de las pinturas murales.

En el 2017, se impermeabilizó esta zona lo cual ayudó a la paralización parcial de la acción de este agua por infiltración.

b) Capilaridad y condensación

El acantilado que se sitúa por detrás de las galerías contiene aguas subterráneas que recorren las rocas, en busca de una salida. Normalmente esta salida se produce por los materiales más débiles, como son el mortero y los mármoles. Además, el acantilado recoge el agua de lluvia y lo deriva a otros lugares del salón, que no son el techo. Debido a esto, la humedad de capilaridad y condensación es más notable en el suelo del salón, puesto que se apoya, parte en el acantilado, parte, sobre las arcillas de sedimento.

Derivadas de la acción del agua, se dan otras alteraciones como las que se detallan seguidamente, al producir graves daños en la estancia del salón:

ii. Las sales

Las sales transportadas por el agua, pueden llegar a cristalizar, tanto dentro como fuera del muro y capas compositivas de la pintura mural. Además, pueden generarse gracias a la humedad interior del muro, que se desplaza hacia el exterior; el agua constante que recibe y la condensación del salón [2]. Los iones de estas sales que se desplazan por la acción del agua han creado en el salón eflorescencias, tanto dentro de las capas compositivas de la pintura mural, como en la propia película pictórica, desintegrando la pintura. Este apartado se desarrolla ampliamente en el análisis realizado, a tal efecto, en el capítulo 5: metodologías analíticas.

iii. Contaminantes microbiológicos

Esta contaminación aparece en el salón debido a dos circunstancias principales: la entrada de agua que recoge las esporas fúngicas, bacterias y algas depositadas en el jardín superior, que las conduce hasta las paredes, y por otro lado, los vientos cargados con los mismos microorganismos, que entran y se depositan en los muros, y que además, se nutren del agua del jardín superior. Además, el grado de humedad y la temperatura del salón, favorece estos crecimientos. Algunos de ellos visibles exteriormente y otros, como se ha comprobado a través de analíticas, en el interior de los materiales compositivos.

iv. Contaminantes atmosféricos y factores climáticos

Los vientos predominantes que reciben las galerías Punta Begoña traen consigo polvo, arena, además de humedad que impactan en la pintura mural.

Además, como ya se ha comentado en el caso de los mármoles, la situación geográfica de Punta Begoña, a pocos metros del Cantábrico, hace que sus muros estén sometidos al viento predominante cargado de aerosoles marinos, que se adhieren al soporte penetrando en sus poros, y, finalmente, provocan el estallido de las pinturas.

Pero no solo el viento transporta estos elementos perjudiciales, también, y debido a los temporales de la costa (galernas), la arena de la playa ejerce una exfoliación intensa en las paredes. Durante décadas esto ha ocurrido, puesto que el cerramiento principal de madera y cristal estaba desaparecido casi al completo.

v. Antropogénicos

El factor humano es, en el salón de Punta Begoña, uno de los mayores enemigos para la conservación de este espacio. Durante años las paredes han servido como lienzo para diversos actos vandálicos de diferente índole:

a) Grafitis

Los grafitis están repartidos por toda la estancia. Se han recogido muestras de hasta 21 tonos diferentes superpuestos. La capa originada por estas pinturas alcanza un grosor considerable. Los grafitis tienen predominio hasta una altura de 1,9 m, donde cubren casi al completo los zócalos y parte de la pintura mural. A partir de esta altura, los grafitis son esporádicos, con pocos tonos y, la dispersión de pintura es visible en sus alrededores. La acción de sus aglutinantes y pigmentos, además del paso del tiempo, han permitido, en algunas zonas, la consolidación del propio mortero, preparación y película pictórica, siendo de ayuda, en algunas ocasiones, pero perjudicial, en cualquier caso.

b) Impactos

La connotación política de este salón ha propiciado, durante años, los ataques vandálicos. Se identifican numerosos impactos de diversos materiales:

- Impactos con pintura plástica blanca (Fig.4.23.a).
- Impactos realizados con sustancias líquidas indeterminadas (Fig.4.23.b).

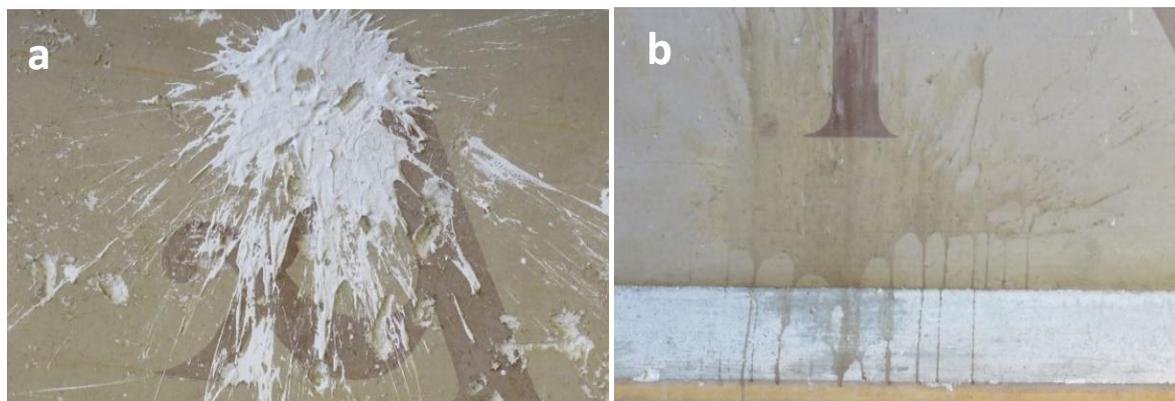


Figura 4.23. a) Impacto con pintura plástica en la zona de la cornisa, y b) Impacto con vertido líquido desconocido

- Impactos realizados con objetos punzantes que dejan su impronta en el enlucido de la pared, como restos de vidrio (Fig.4.24).

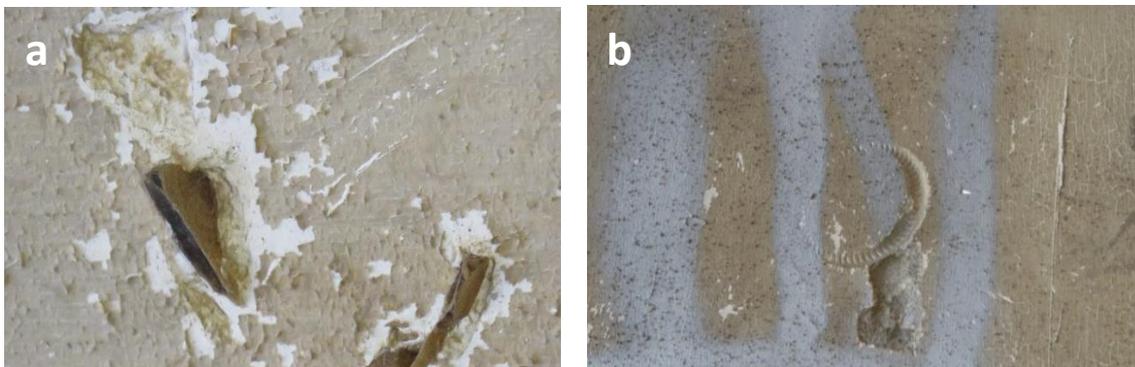


Figura 4.24. a) Vidrio incrustado en el mortero, y b) Huellas dejadas en el mortero por impactos de botella y otros objetos.

- Impactos de pelotas, algunas de ellas únicamente dejan una mancha, pero otras, al ser el impacto más fuerte, dejan su impronta (Fig.4.25).



Figura 4.25. Fotografía de detalle de las huellas e improntas dejadas por las pelotas en las paredes.

c) Hogueras, hollín y suciedad

Las maderas del cerramiento del salón han servido como hoguera para indigentes y/o vándalos que pasaban por las galerías. En el desescombros, realizado entre los años 2017-2019, se han encontrado restos de hogueras, lo que se comprueba en las paredes, con manchas negruzcas que han manchado los muros, más significativamente, en la pared 2 (Fig.4.25).



Figura 4.26. La hoguera realizada en esta pared ha conllevado la pérdida de este conjunto iconográfico.

d) Uso inadecuado del espacio

Desde los inicios del proyecto el salón, al ser la única estancia de estas galerías, ha supuesto un espacio idóneo para las exposiciones, teatros, conferencias y diversos actos. Muchos de ellos, han generado unos daños irreparables en las pinturas murales, como rasguños en el mortero (Fig.4.27.a) o agujeros que alcanzan el soporte (Fig.4.27.b).



Figura 4.27. a) Panel de uno de los escenarios para los teatros ofertados como actividad dentro del municipio, y b) Enganches perforados en la pared 3 para sostener fotografías.

4.3.1.2 Agentes intrínsecos

Los agentes intrínsecos son los elementos que componen a los propios materiales [2]. Desde el soporte de ladrillo, hasta los pigmentos empleados causan deterioros paulatinos. Son agentes con los que es complicado y, además, muy difícil detener sus degradaciones. Estas se deben de tener en cuenta, pero muchas veces, son inabarcables. Como ejemplo claro, la salinidad del mortero utilizado en la preparación del muro o la naturaleza brechoide de los mármoles.

4.3.1.3 Daños estructurales

Los daños estructurales se encuentran principalmente en la pared 1 y el techo. El agua de infiltración ha provocado que las losetas de hormigón armado de dicho techo, que son las primeras en contacto con el jardín, sean las más afectadas. Por este motivo, las armaduras de hierro internas se han corroído, hinchado y estallado el hormigón en algunos puntos concretos. La segunda superficie de hormigón, la que está en contacto con las placas de yeso del propio techo, presenta daños en la armadura y una degradación en el hormigón avanzada y, por consiguiente, en las placas de yeso, que, al ser higroscópico, esta severamente afectado.

Además, dentro de la categoría de daños estructurales, los deterioros de los ladrillos del soporte, como en la pared 1, son un riesgo para el sostenimiento de esta pared.

4.3.2 Patologías específicas/relevantes de cada pared: mapas de daños

Las particularidades, en cuanto al grado de afección y estado de Conservación de cada una de las paredes, se reflejan de forma diferente en las mismas. Estas degradaciones afloran de manera distinta debido, a la posición de la propia pared dentro del espacio, y/o las leves variaciones en la composición de la pintura mural. Es el factor humano el menos predecible y es por ello por lo que se manifiesta libremente en las distintas zonas de los muros. En cada una de las paredes se muestra un mapa de daños detallado.

4.3.2.1 Pared 1

De forma general, es una pared castigada por el azote de las inclemencias climáticas, además de, las filtraciones de agua de la zona superior del salón. Los vientos predominantes, arrastran hacia esta pared contaminantes atmosféricos, aerosoles marinos y arena, además de esporas de organismos microbiológicos.

La pared 1, es la pared que más desperfectos y deterioros ha sufrido de la totalidad del salón. Queda patente como ya se ha mencionado en el apartado 4.1.1, el gran agujero realizado encima de la puerta de acceso a la 1ª crujía (Fig.4.28).

Aunque esta degradación es la más evidente, se aprecian patologías más activas que el propio agujero, como la exfoliación existente en la parte izquierda de la pared, que, aparece de arriba abajo, y llega hasta la mitad del largo de esta, y va disminuyendo a medida que se aleja del cerramiento de la puerta de entrada.

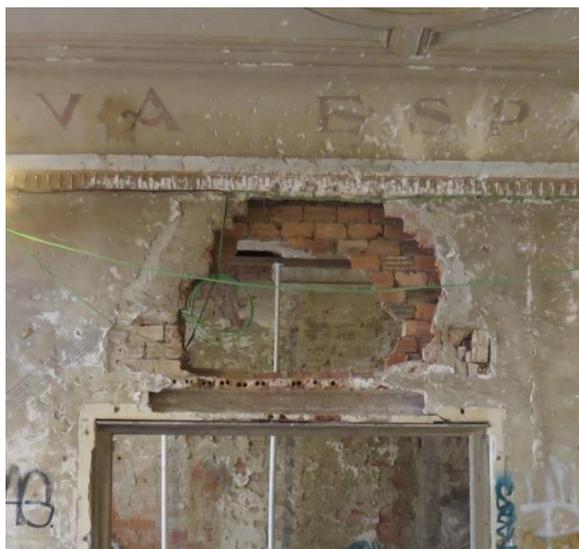


Figura 4.28. Agujero de grandes dimensiones en la pared 1.

Esta exfoliación de la capa pictórica tiene su origen en la falta de protección respecto al exterior, dejando que lluvia, viento, salitre, contaminantes atmosféricos y, sobre todo, arena, penetren e impacten contra esta zona. Los vientos predominantes del noroeste castigan de manera especial esta pared. La propia arena de la playa de Ereaga es la encargada de erosionar la capa pictórica, ya de por sí, débil. Pero no es únicamente la pintura mural la afectada, sino el propio soporte del muro que se encuentra descarnado en el zócalo de la pared, por la falta de las placas de mármol que decoran el perímetro del salón.

Esta zona de soporte es la más deteriorada de todo el perímetro del zócalo del salón y presenta pérdidas importantes de material. Este deterioro, que se ha estudiado otro trabajo por parte del grupo IBeA, recogido en los informes del proyecto, determinó un grado de degradación muy avanzado, como se recoge a continuación:

- En los análisis realizados por fluorescencia de rayos X (XRF) y por difracción de rayos X (XRD) se encontró presencia de cloruro sódico, confirmando la influencia del aerosol marino en la degradación de los ladrillos (Fig.4.29). Además, también apareció sulfato de calcio, como yeso, que es un compuesto de degradación de estos. También, la ausencia de silicatos de calcio en ellos sugiere un alto nivel de deterioro, porque son compuestos originales de los propios ladrillos.

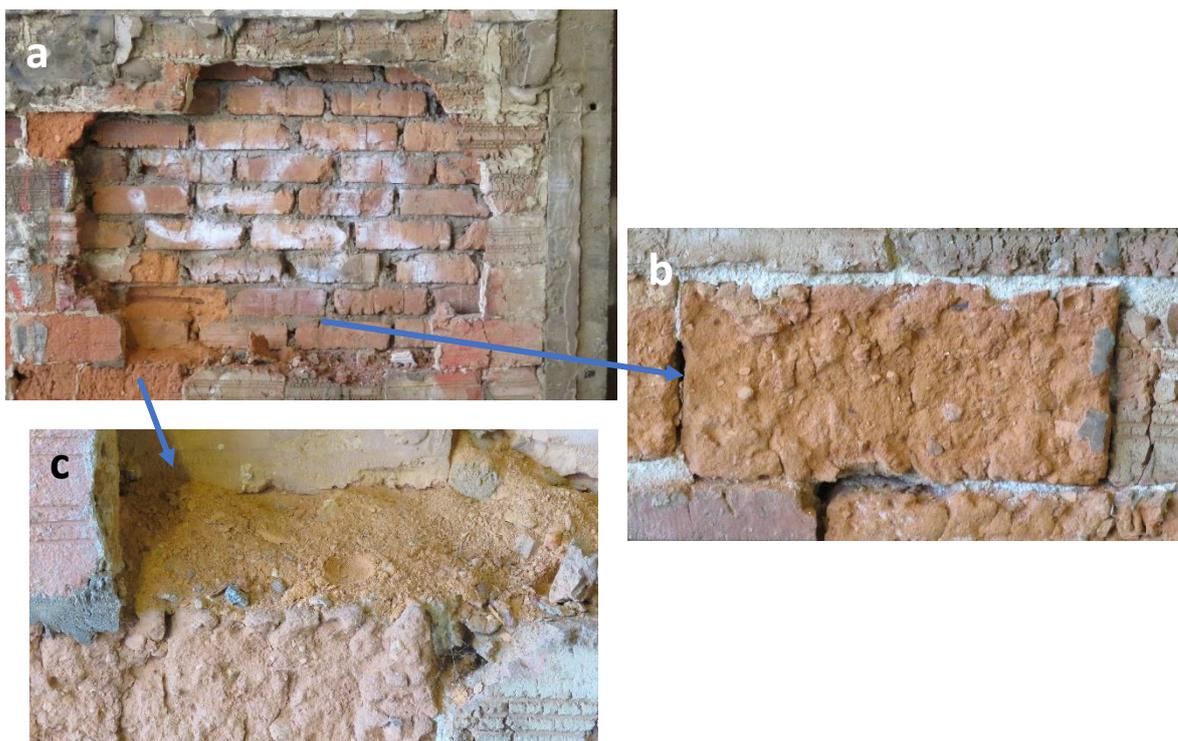


Figura 4.29. a) Detalle del soporte degradado de la pared 1, y b, c) La pulverización del material es evidente en muchos de los ladrillos.

- En ocasiones, la arcilla o la arena utilizada para la manufactura de los ladrillos contienen carbonatos y/o materia orgánica (arena de playa). En el proceso de cocción, los carbonatos se transforman en óxidos, que, a su vez, pueden transformarse en hidróxidos de calcio debido a la humedad atmosférica, y sufrir un posterior proceso de carbonatación, para dar lugar a carbonatos. A su vez, el carbonato puede reaccionar con los sulfatos transportados mediante las aguas de infiltración, o por medio de los SO_x atmosféricos, para dar lugar a nuevas sales de sulfato, mucho más solubles que el carbonato original, desencadenando la pérdida de material en los ladrillos.

A continuación, se muestra el mapa de daños completo de la pared 1 (Fig.4.30):

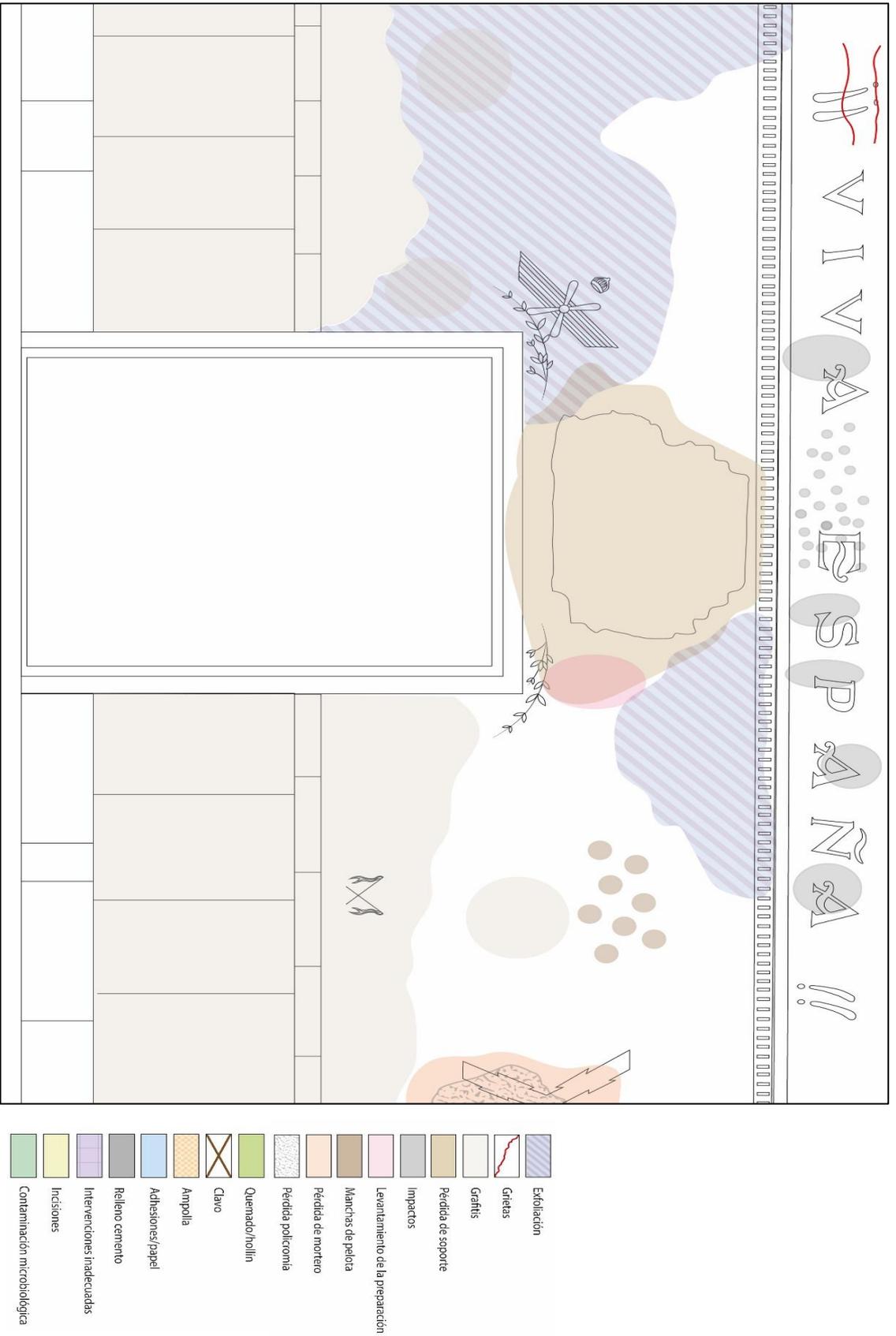


Figura 4.30. Mapa de daños de la pared 1.

4.3.2.2 Pared 2

Además de los faltantes generalizados de la película pictórica, el daño más reseñable en esta pared es la carbonización de los estratos, causado por las hogueras realizadas, y que presenta forma de triángulo. El hollín cubre casi toda la zona colindante. También, en la esquina inferior izquierda, existen degradaciones de mortero importantes, y que tiene pertenecen al escudo carlista de la pintura mural.

A continuación, se muestra el mapa de daños completo de la pared 2 (Fig.4.31):

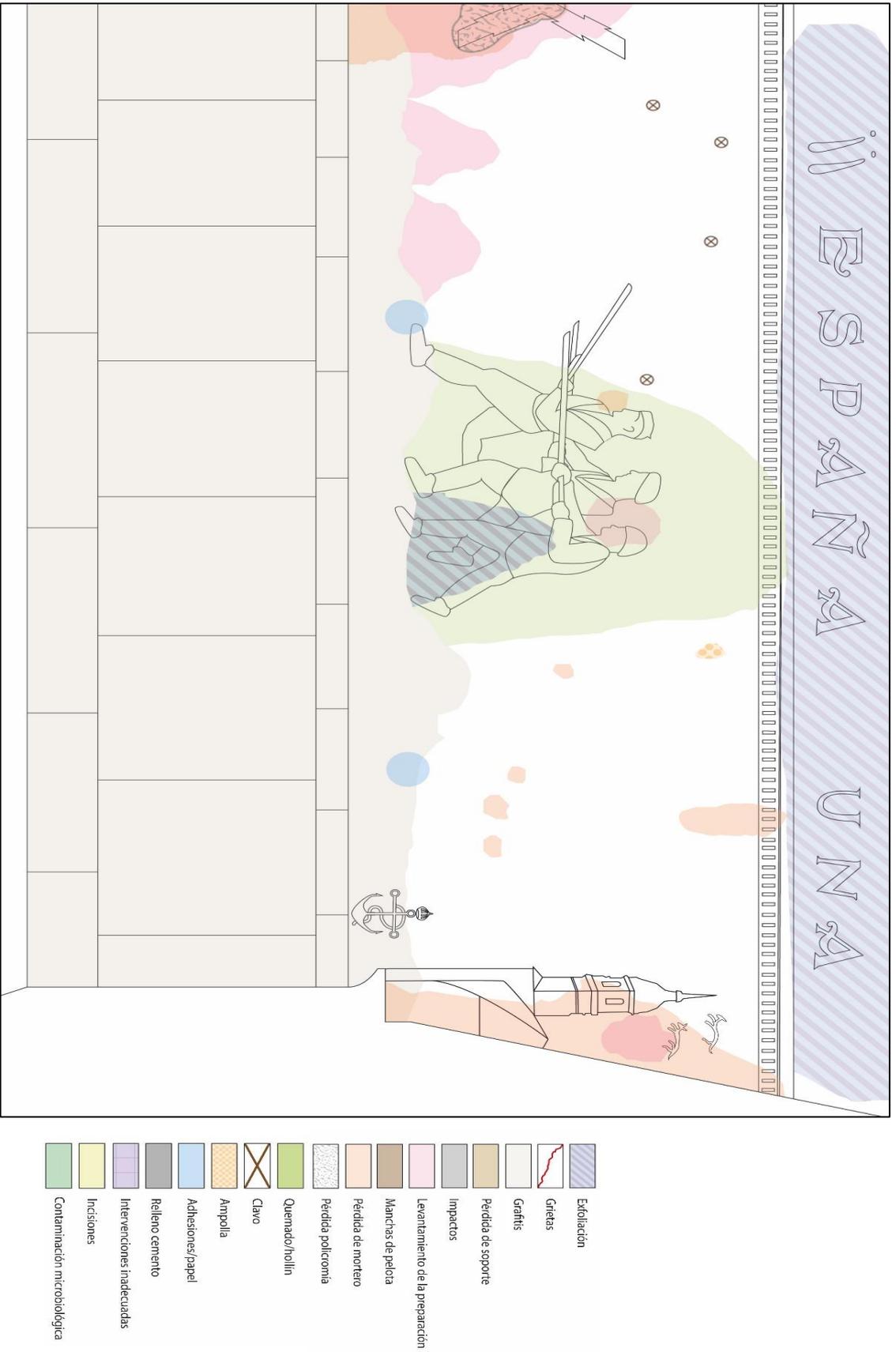


Figura 4.31. Mapa de daños de la pared 2.

4.3.2.3 Pared 3

En líneas generales, la pared pictórica 3, presenta un estado de conservación precario, ya no solo por las afecciones que sufren las capas subyacentes de preparación y soporte, sino también, la capa pictórica. Esta se ha visto afectada por varios agentes de degradación, llegando incluso a desaparecer ciertos colores y dibujos en las pinturas. Otra problemática patente, y que tiene visibilidad en varios puntos, es el agua de infiltración. Este agua junto con la exfoliación de la pared son un tándem perjudicial para el soporte, capa de preparación y pintura del salón.

Como se ha mencionado en este capítulo, el agua que penetra desde el jardín se estanca, manteniéndose más tiempo en la parte derecha, que a su vez pertenece al ángulo que conecta la pared 3 con la 4.

El agua que, continuamente, desciende por los muros ha creado: pátinas biológicas, ampollas en la capa de mortero y preparación, además de la rotura de estas, provocando, en consecuencia, la pérdida total de la capa pictórica en esa zona (Fig.4.32).

Este crecimiento microbiológico, que en ciertos puntos llega a alcanzar espesores considerables, desciende desde la cornisa superior, hasta llegar al zócalo de mármol. Incluso, ha dejado huecos en el soporte, que crean zonas de tonalidades verdosas y grisáceas, dependiendo si la colonización esta activa o no, y/o del tipo de hongos, bacterias y algas.

El cerco visual que se observa se asemeja a un triángulo invertido que afecta no solo al punto por el que se percola directamente el agua, sino a las capas anexas al foco de origen. La primera zona triangular más alejada del origen afecta al yeso y la preparación, creando ampollas de diferentes tamaños y alturas. La siguiente zona triangular afecta a la capa pictórica marrón del fondo común a todo el salón. Por tanto, la humedad que desciende del techo abarca, no solo, la zona por la que pasa el agua, sino también a las zonas contiguas y crea una zona de afección de humedad visible.

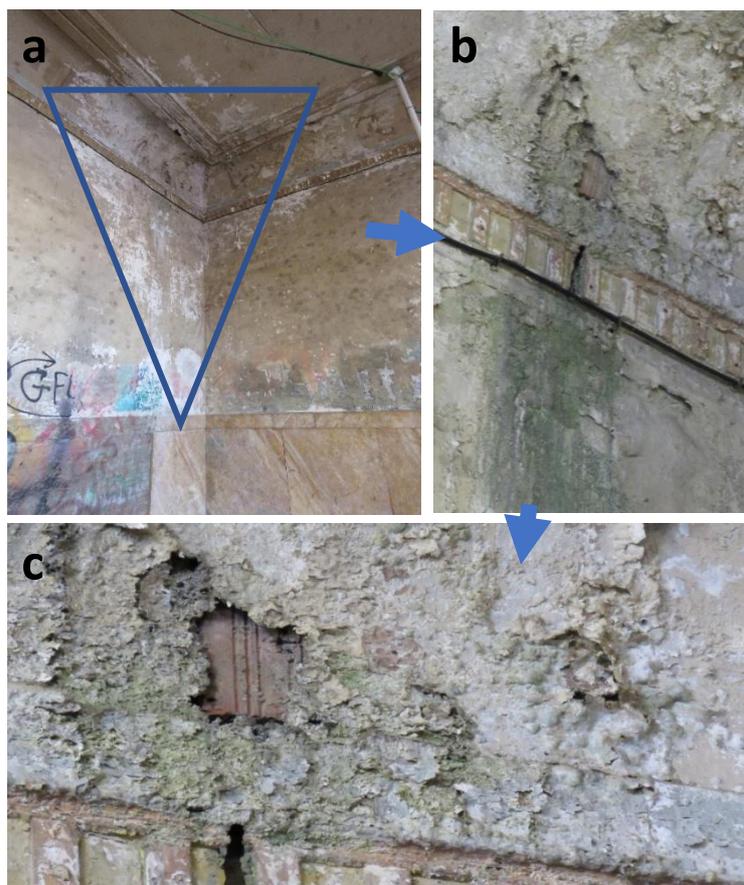


Figura 4.32. a) Zona degradada por agua y que cuenta con crecimiento microbiológico importante, b) Detalle de este crecimiento debido a la entrada de agua, y c) Los daños provocados en todas las capas son significativos. El crecimiento de microorganismos es generalizado en todas ellas, descomponiendo los materiales.

Además, como ya se ha mencionado en el capítulo 3, es en esta pared, donde los morteros de unión de los mármoles del zócalo aparecen pulverulentos, debidos a diversos factores (Fig.4.33). Pero, sobre todo, con la predominancia del agua absorbida en esta zona.

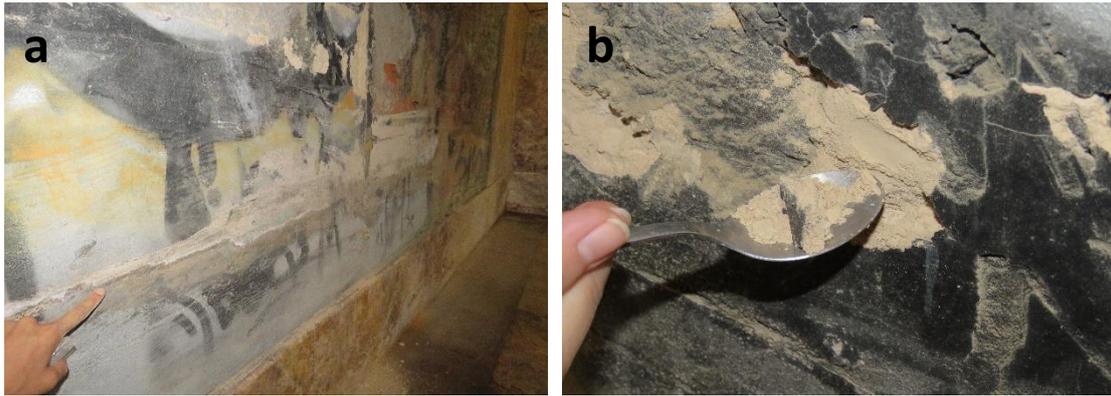


Figura 4.33. a) Los morteros de unión de los zócalos de mármol, y b) Estos morteros se encuentran pulverulentos en ciertas áreas concretas.

A continuación, se muestra el mapa de daños completo de la pared 3 (Fig.4.34):

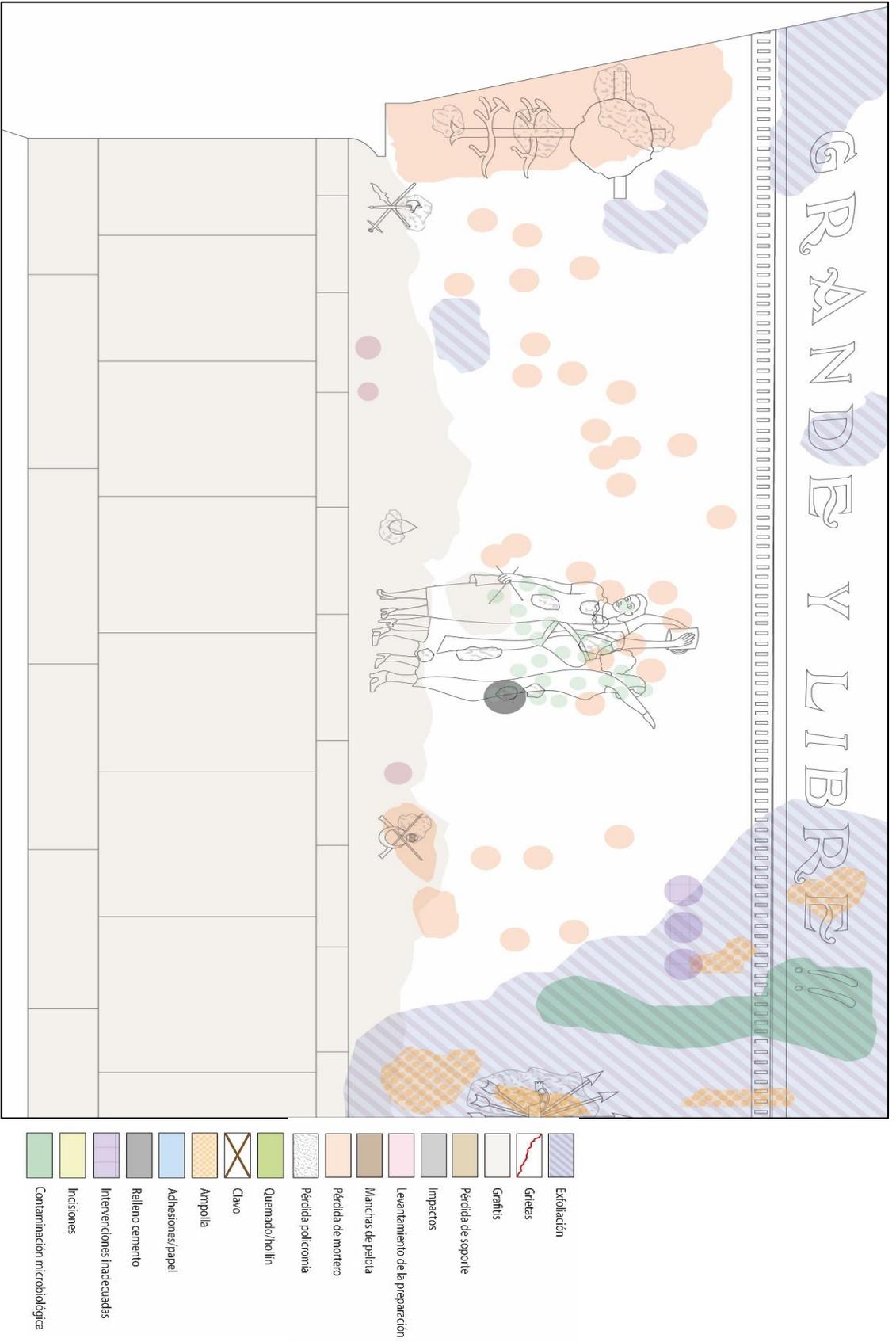


Figura 4.34. Mapa de daños de la pared 3.

4.3.2.4 Pared 4

En esta última pared que compone el salón, se distinguen dos grandes deterioros: por un lado, la parte izquierda afectada por el agua de infiltración al igual que la pared 3, lo que genera una descohesión del mortero con pérdida de policromía. Y, por otro lado, los ataques de vandalismo sufridos. De hecho, la imagen central del conjunto pictórico ha desaparecido por este motivo. Esto ha ocasionado la pérdida de las diferentes capas preparatorias, dejando al desnudo el soporte de ladrillo. Este deterioro tiene unas medidas aproximadas de 1,30 m de largo por 0,8 m de ancho y abarca áreas contiguas dañadas por los impactos recibidos. También, es relevante cómo toda la franja inferior de la pared está cubierta por diferentes capas de grafitis, con distintas tintas, tanto en el zócalo de mármol como en el inicio del muro.

La leyenda ubicada en la cornisa superior se ve afectada por impactos de pintura plástica de color blanco, concretamente, en dos puntos, entre la S y la P de la palabra España y entre la A y la Ñ de la misma palabra. Una tercera mancha se sitúa ligeramente por debajo de la cornisa descrita.

En la parte derecha superior, por encima del dintel de la puerta, existe una exfoliación de la pintura, causada por la entrada de arena y viento del exterior (erosión por fricción) al faltar los cristales el cerramiento de madera.

A continuación, se muestra el mapa de daños completo de la pared 4 (Fig.4.35):

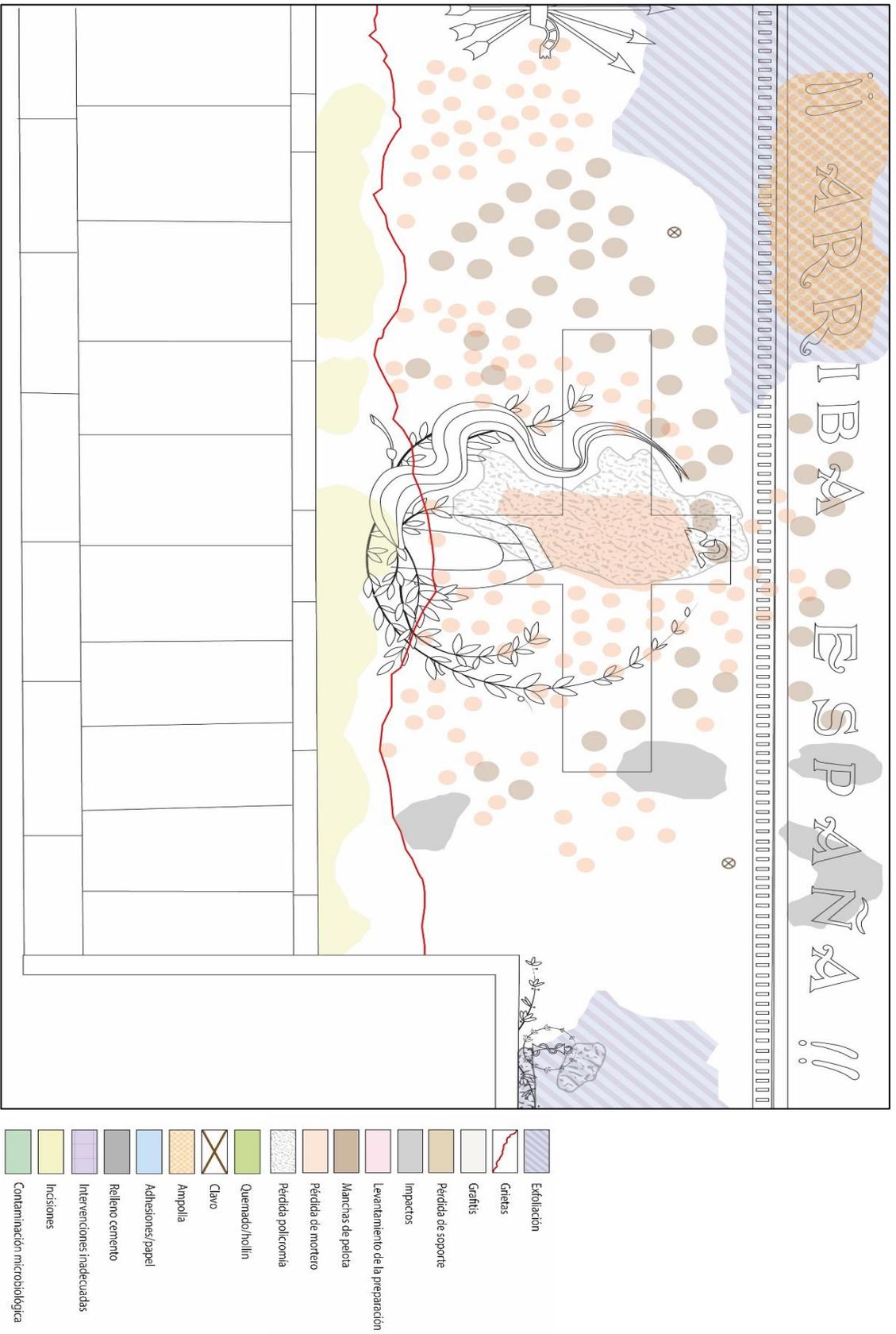


Figura 4.35. Mapa de daños de la pared 4.

4.3.2.5 Techo

Las placas de yeso que componen el techo se encuentran muy afectadas en algunos puntos, donde han sufrido el excesivo aporte de agua (aun siendo un material higroscópico de por sí), roturas amplias (aprox. 1m.) y el combado de estas.

Otro punto importante a tener en cuenta es el agujero situado en el techo a la derecha del tiro de la chimenea (Fig.4.36.a). Este es un punto de salida del agua que literalmente ha agujereado, con su acción reiterada, el armazón del hormigón (Fig.4.36.b).

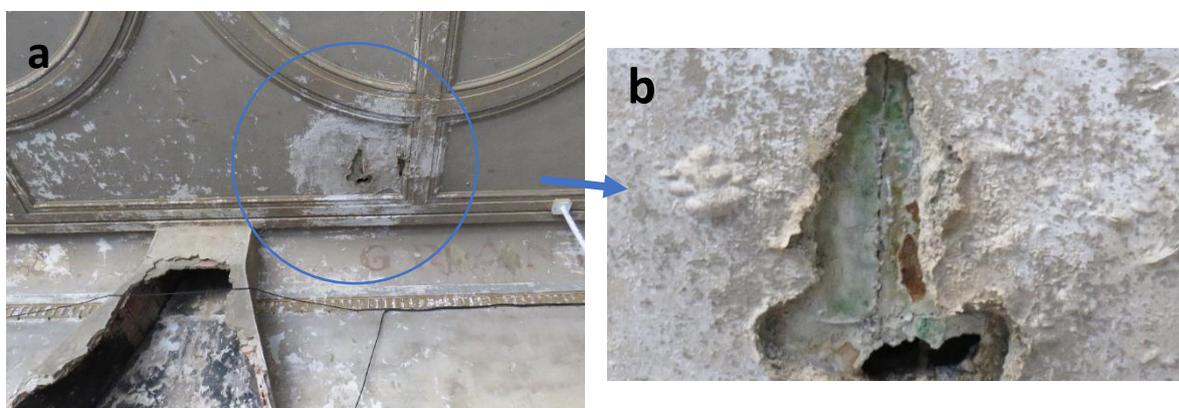


Figura 4.36. a) Entrada de agua por el techo, y b) Detalle del deterioro ocasionado en el hormigón y las placa de yeso.

La decoración de la chimenea se ve afectada por el agua creando patinas biológicas y pequeñas zonas de lavado. Estas decoraciones están realizadas, con piedra artificial, la cual, se deteriora con facilidad, incluso, llega a moldear las aristas, dejándolas romas, convirtiéndolas en partes redondeadas y/o zonas faltantes de materia.

A continuación, se muestra el mapa de daños completo del techo del salón (Fig.4.37):

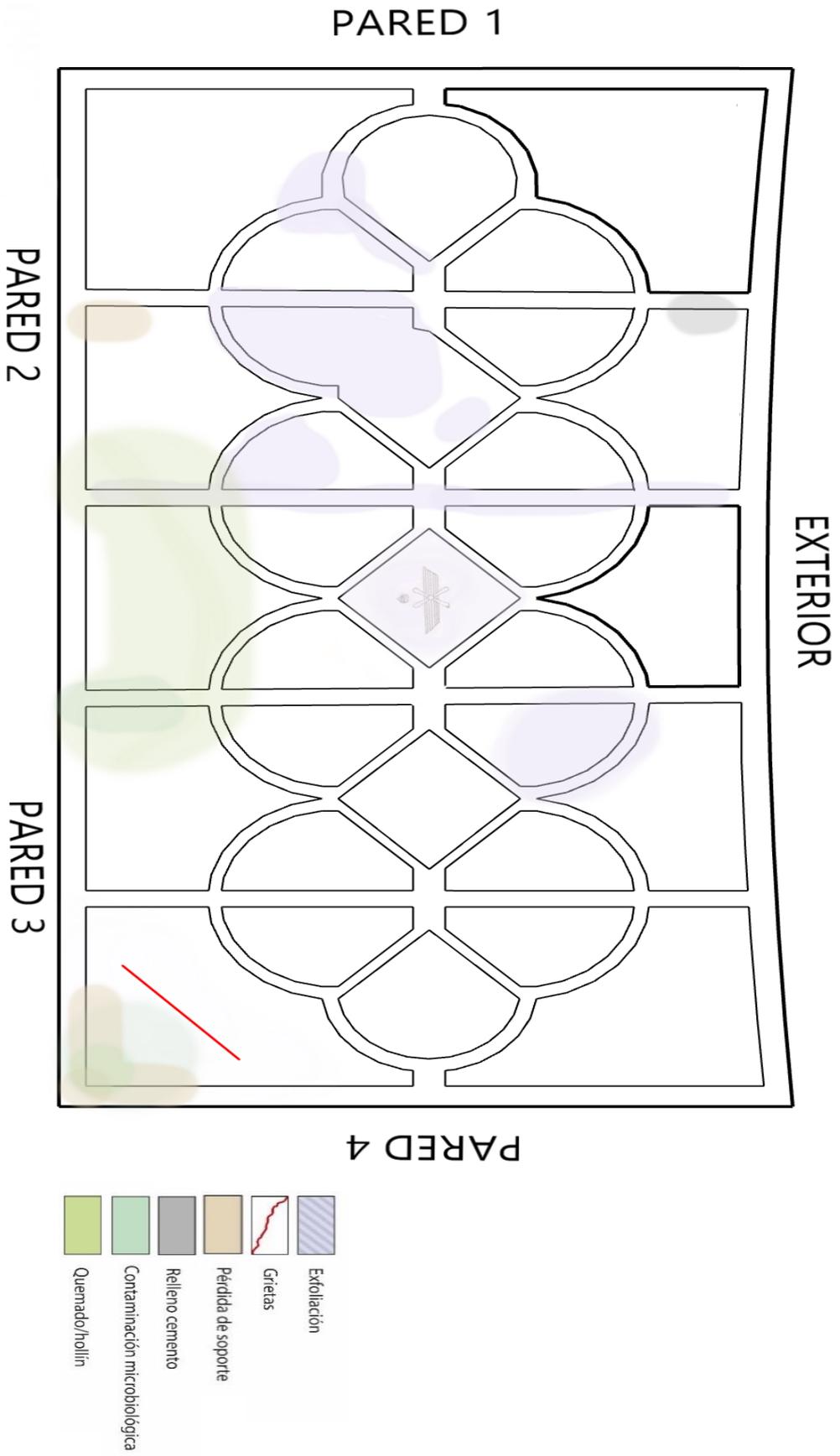


Figura 4.37. Mapa de daños del techo.

4.4. Conclusiones del capítulo

Tras un exhaustivo examen visual de las pinturas, se ha realizado la identificación de las iconografías, realizando una documentación y contextualización fundamentales para su entendimiento.

Las iconografías existentes en las paredes del salón, contaban en su gran mayoría con simbología franquista. Se pueden exceptuar 3 de ellas: escudo de Bilbao, escudo de Bizkaia y la copa Higia.

Es esta última, en concreto, la que refuerza la idea de la ocupación de las galerías como hospital, de la que no se dispone ninguna documentación. Sin embargo, la idea de la realización de las pinturas de forma rápida para su adaptación a un nuevo uso, hace crecer la hipótesis de la existencia de una capa subyacente.

El resto de iconografías, se pueden considerar propagandísticas y de exaltación del bando nacional, lo que ha originado durante los años de abandono de las galerías, graves daños en ellas, por motivos políticos.

Por otro lado, estas no exhiben una gran calidad artística, ni su abanico de colores es amplio. Además, en tres de las cuatro paredes, la técnica de ejecución parece ser similar, no así en la cuarta pared la cual cuenta con una coloración más viva y una capa de materia mayor.

De forma general, todos los estratos que componen la pintura mural del salón presentan un preocupante mal estado de conservación, desde el soporte de ladrillo, hasta la película pictórica. Esto se ha generado, no solo, por los evidentes daños antropogénicos de diversa índole sufridos, sino por otro tipo de agentes de degradación, como parece ser la contaminación atmosférica y el agua de infiltración, debido a la falta del cerramiento principal frontal y al sustrato de tierra (jardín superior) que, se encuentra en el techo del salón, respectivamente.

Finalmente, la documentación recopilada ha permitido la realización de unos mapas de daños, al igual que en el caso de los mármoles.

4.5 Referencias

- [1] Ferrer Morales, A. (1998). *La pintura mural. Su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas*. Sevilla: Editorial Universidad de Sevilla, 2ª Ed.
- [2] del Pino Díaz, C. (2004) *La pintura mural: conservación y restauración*, Dossat Ediciones, Madrid, Spain.
- [3] Izzo, F. C., Falchi, L., Zendri, E., & Biscontin, G. (2015). A study of the materials and painting techniques of 1930s Italian mural paintings: two cases by Mario Sironi and Edmondo Bacci in Venica, Italy. *In Conservation Issues in Modern and Contemporary Murals* (pp. 306–343).
- [4] Arroyo, P. (2009, 14 abril). El escudo republicano. *El arte de la historia Blog*. <https://elarte-delahistoria.wordpress.com/2009/04/14/el-escudo-republicano/>
- [5] Ejército del Aire. (2020). *Rokiski*. <https://ejercitodelaire.defensa.gob.es/EA/ejercitodelaire/es/culturaaeronautica/identidad-propia/>
- [6] Azkárate, A. (2014). *Símbolos de cara a la galería: Análisis histórico-arquitectónico preliminar del edificio*. Informe Grupo Patrimonio Construido (GPAC). Fondos proyecto Punta Be-goña.
- [7] Doerner, M. (1998). *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Reverté.
- [8] Fondo Bernardo Estornés Lasa. (9 de octubre de 2019). Emblema. *En Auñamendi eusko entziklopedia*. <http://aunamendi.eusko-ikaskuntza.eus/es/bizkaia/ar-1381-142392/>
- [9] Romero, T. R., & Zamora, S. R. (2008). La construcción del género en el franquismo y los discursos educativos de la Sección Femenina. *Encounters in Theory and History of Education*, 7, 43–70. <https://doi.org/10.24908/eoe-ese-rse.v7i0.604>
- [10] Solé, G. (1993). Mujeres carlistas en la república y en la guerra (1931-39). Algunas notas para la historia de las “Margaritas” de Navarra. *Príncipe de Viana*, 7, 43–70. <http://sehn.org.es/wp-content/uploads/2017/08/20628.pdf>
- [11] Cabrero, J. J. M. (2012). La fuerza de regulares. 100 años de historia. Presente y futuro. *Pre-bie3*, (2), 33. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7453897.pdf>
- [12] Rodolfo. (2009, 16 de octubre). Prevención de riesgos laborales en Construcción *Terminología sobre ladrillos según su masa*. Blog <http://tprlconstruccion.blogspot.com/2009/10/terminologia-sobre-ladrillos-segun-su.html>

[13] Construmática. (2019, 18 diciembre). *Aparejo de Panderete*. Construpedia https://www.construmatica.com/construpedia/Aparejo_de_Panderete

[14] Martínez García-Otero, S. P. (2001). Agentes de deterioro y alteraciones de las pinturas murales “in situ.” *Revista PH*, 201. <https://doi.org/10.33349/2001.34.1150>.



Capítulo 5

Análisis químicos de los materiales del salón



Los materiales que componen el salón de las galerías Punta Begoña, como se ha descrito en los capítulos 3 y 4 de esta tesis doctoral, son materiales diversos, que cuentan a sus espaldas con más de 100 años, y que difieren en su estructura y composición. Para llevar a cabo la Conservación y Restauración de este espacio, una vez evaluados visualmente y documentados estos materiales, es necesaria y fundamental su caracterización y análisis. La elección del método de análisis o la técnica, debe estar fundamentada en este examen visual previo que cuente con información acerca de los materiales, para dirigir los análisis hacia una investigación específica según el periodo histórico artístico. Estos análisis aportan información relevante acerca de su composición, origen, estado de conservación, incluso pueden revelar los principales agentes de degradación o dar información sobre el modo de fabricación [1].

La falta de documentación histórica acerca de lo acaecido en las galerías durante la Guerra Civil hace especialmente imprescindible el estudio y análisis del salón, espacio principal de las galerías, pudiendo aportar información relevante que ayude a rellenar las lagunas históricas.

Por ello, una vez hecho un examen organoléptico de los elementos decorativos y evaluado su nivel de degradación, se procedió a la realización de análisis fisicoquímicos.

5.1. Materiales y métodos

Las técnicas analíticas enfocadas al Patrimonio Cultural brindan una información objetiva y cuantificable. Debido a que suelen ser materiales complejos los que se analizan, conviene realizar un acercamiento o enfoque multianalítico, para poder evaluar correctamente los materiales. Para ello, en el presente estudio se emplearon desde técnicas ópticas sencillas, hasta técnicas cromatográficas más complejas.

5.1.1. Instrumentación

5.1.1.1. Microscopio óptico

Se utilizó la microscopía óptica para observar las diferentes capas en las muestras preparadas para el análisis de sus secciones transversales, así como, cristales

de la superficie de los pigmentos y/o degradaciones en las muestras. Para ello, se usó un microscopio Dino-Lite AM3113T, que tiene una resolución de 640x480, una iluminación de 8 LED y aumentos de 10, 70 y 200x. El procesamiento de imágenes se realizó mediante el software DinoCapture 2.0.

5.1.1.2. Colorímetro

Para la medición de los cambios de color de los mármoles a lo largo del tiempo, se empleó el colorímetro PCE-CSM 5, de la casa comercial PCE Ibérica, España. Este colorímetro trabaja en el espacio de color CIELa*b*. Se realizaron las mediciones con los siguientes parámetros: tamaño del punto de medida 4 mm, geometría de emisión de 8° y medición en reflectancia difusa, observador de 10° y un iluminante de D65.

5.1.1.3. Cámara de Reflectografía (infrarrojo cercano)

En primer lugar, los análisis *in situ* realizados en las pinturas murales para la observación de posibles pinturas subyacentes, se llevaron a cabo mediante la cámara de infrarrojo cercano de la empresa ICS Electronics, EE.UU. El equipo genera imágenes en una pantalla en directo (Fig.5.1.a). Para estas medidas, debido al equipo empleado, los parámetros de la cámara se ajustaron manualmente, hasta conseguir una imagen nítida de la pared.

Por el contrario, para los análisis en el laboratorio (Fig.5.1.b), se empleó la cámara de reflectografía (infrarrojo cercano) de la casa comercial *Opus Instruments Ltd.*, creada en colaboración con *la National Gallery* de Londres. Esta cuenta con una cámara de reflectografía infrarroja que utiliza un sensor InGaAs que es sensible a longitudes de onda de 900 nm a 1700 nm. Se situó la cámara a 30 cm de los fragmentos. La profundidad de campo fue de 200 mm, con un número de lente de 16. Se emplearon 1000 LUX por parte de dos fuentes de iluminación de lámparas halógenas de Tungsteno colocadas a 60° con respecto a la muestra. Se empleó el parámetro de sensibilidad baja que da imágenes con menor ruido, que da un tiempo de exposición de 8,3 ms. Finalmente, las muestras a través del software de código abierto de la misma casa *Opus Instrument*.

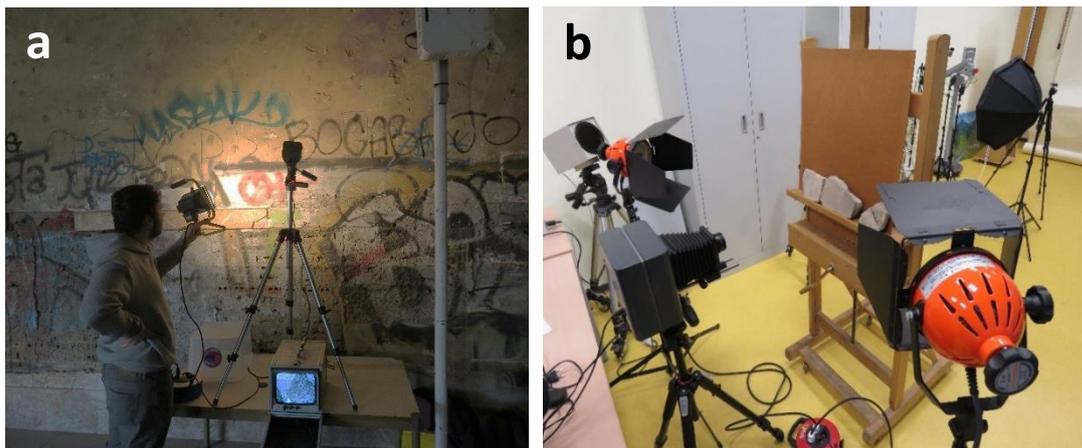


Figura 5.1. a) Colocación del reflectógrafo para el estudio de pintura subyacente, y b) Equipo de reflectografía NIR en el laboratorio junto con las piezas de pintura mural.

En ambas situaciones, *in situ* y laboratorio, se empleó un trípode para poder estabilizar la cámara y alcanzar zonas más altas en la pintura mural.

5.1.1.4. Fluorescencia de Rayos X (XRF)

Para los análisis previos *in situ*, se utilizó el equipo portátil X-MET51000 (Oxford Instrument). El instrumento está equipado con un tubo Rodio (Rh) que trabaja a un voltaje máximo de 45 kV. El tamaño del punto del haz de rayos X emitido es de 9 mm. Incluye un detector de silicio (SDD) refrigerado por Peltier de alta resolución que es capaz de proporcionar una resolución energética de 150eV (calculada para la línea Mn K α). El analizador contiene un PDA para controlar el espectrómetro y también para guardar los espectros y la información semicuantitativa. Se utilizaron los métodos de medida SoilleFP y SoliFP.

En cambio, para los análisis elementales en el laboratorio, se utilizó un espectrómetro de fluorescencia de rayos X M4 Tornado (Bruker Nano GmbH, Alemania). El instrumento implementa dos tubos Rh montados en un colimador mecánico (resolución lateral 1 mm) y una óptica policapilar (resolución lateral 25 μ m). El tubo de rayos X funcionó a 50 kV y 700 μ A durante las mediciones, y se consideraron 100 segundos (vida útil) para cada adquisición espectral. Las medidas se realizaron al vacío (20

mbar). Para lograr el vacío se utilizó una bomba de diafragma MV10N VARIO-B (Vacubrand, Alemania). La adquisición y el tratamiento de los datos espectrales se realizaron utilizando el software M4 de Bruker.

5.1.1.5. Espectroscopia Raman

Se usaron dos espectrómetros Raman innoRam portátiles (B&WTEK^{inc}, Newark, EE.UU.), con láseres de excitación de 532 y 785 nm. En la recopilación de resultados *in situ*, se emplearon estos dos espectrómetros portátiles, que cuentan con un cabezal acoplado a un cable de fibra óptica que se apoya en las superficies a medir.

En el laboratorio, estos espectrómetros Raman se utilizaron con el cabezal de la sonda conectado a una microcámara, con enfoques de 20x y 50x (Fig.5.2.a). El rango espectral utilizado para las mediciones realizadas con el láser de 785 nm fue 100-3000 cm^{-1} (resolución espectral aproximadamente 3,5 cm^{-1}) y 65-3750 cm^{-1} (resolución espectral $\sim 5 \text{ cm}^{-1}$) para las mediciones realizadas con el dispositivo equipado con el láser de 532 nm. Las señales Raman dispersas se midieron mediante un detector CCD refrigerado Peltier. La adquisición de datos se llevó a cabo mediante el paquete de software BWSpec3.26.

Se utilizó en ambos casos, un rango variable entre 2% y 20% de la potencia total de salida para evitar la termo descomposición de las muestras.

Además de este equipo, se utilizó el espectrómetro confocal Renishaw InVia microRaman (Renishaw, Gloucestershire, Reino Unido) (Fig.5.2.b). En general, aunque los objetivos 20x y 50x también se utilizaron para las mediciones, el objetivo 100x fue el más utilizado por su capacidad para proporcionar un mejor enfoque de los detalles.

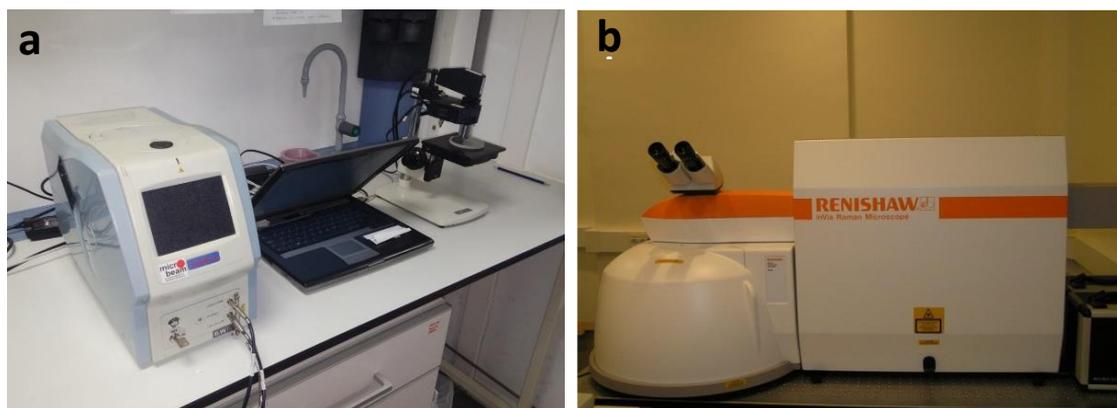


Figura 5.2. a) Espectrómetro Raman con láser 785nm, y b) Espectrómetro confocal Renishaw InVia microRaman.

Los espectros Raman se adquirieron, en su mayoría, entre $150\text{-}2500\text{ cm}^{-1}$ con una resolución espectral de 1 cm^{-1} . Los láseres utilizados para los análisis fueron de 532 nm y 785 nm . La detección también se realizó en este equipo mediante un detector CCD refrigerado por efecto Peltier, y el software Wire 3.3 (Renishaw, Reino Unido).

El análisis de los resultados Raman se realizó mediante el software Omnic 7.2 (Nicolet). Los espectros se identificaron por comparación con bases de datos de acceso abierto [2,3], así como por comparación con los espectros en la base de datos de *e-Visnich*, *e-Visart* y *e-Visarch* del grupo de investigación IBeA [4,5].

5.1.1.6. Difracción de rayos X (XRD)

Los espectros de difracción de rayos X se realizaron utilizando un difractómetro automático Philips X'pert PRO con un voltaje de 40 kV y 40 mA , en configuración theta-theta, monocromador secundario con radiación Cu-K ($\lambda=1,5418\text{ \AA}$) y un PIXcel de estado sólido detector (longitud activa en $2\theta\ 3.347^\circ$). Los datos se recogieron de 5 a $90^\circ\ 2\theta$ (tamaño del paso = $0,026$ y tiempo por paso= 2000 s , tiempo total 7 h) a TA. Se utilizó una malla de soler fija de 1° y una malla de divergencia que proporciona un volumen constante de iluminación de la muestra. La identificación preliminar de las fases iniciales se evaluó utilizando la base de datos Powder Diffraction File (PDF4). Se utilizó el programa Panalytical X'Pert High Score para la identificación e indexación de Miller de todos los máximos observados.

5.1.1.7. Espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR)

Para la caracterización *in situ*, se utilizó un espectrómetro FTIR portátil Exoscan 4100 (A2 Technologies, Danbury, CT, EE. UU., ahora Agilent Technologies) provisto de una interfaz de muestreo de reflectancia difusa (DRIFT). Toda la información espectral se guardó en una PDA utilizando el MicroLab Mobile Software™ de A2 Technologies, para posteriormente transferirlo al ordenador.

En el laboratorio se utilizó un espectrofotómetro Jasco 6300, que funcionó en modo transmitancia. El instrumento está equipado con una fuente Ge-ray en KBr, con un interferómetro Michelson y el detector DLaTaGS, que tiene un controlador de temperatura Peltier. Los análisis se realizaron en el infrarrojo medio ($400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$), con una resolución de 4 cm^{-1} , adquiriendo 128 barridos. El análisis de los resultados se realizó mediante el software Opus 7.2 (Bruker Optics, Alemania).

5.1.1.8. Microscopía electrónica de barrido con detector de dispersión de rayos X (SEM-EDS)

Las imágenes electrónicas se adquirieron mediante un microscopio electrónico de barrido (SEM) EVO40 de Carl Zeiss NTS GmbH acoplado a un espectrómetro de dispersión de energía de rayos X (EDS) X-Max de Oxford Instruments para la determinación de la composición elemental. Las imágenes SEM-EDS se obtuvieron a alto vacío utilizando un voltaje de aceleración de 30 kV y a una distancia de trabajo entre 8-10 mm. Se utilizaron diferentes aumentos (hasta x10000) para tomar imágenes mediante el detector de electrones secundarios. El análisis elemental se realizó a una distancia de trabajo de 8,5 mm, con un ángulo de salida de 45° y una tensión de aceleración de 30 kV. El software utilizado para realizar y procesar los análisis fue INCA Suit versión 4.13 (Oxford Instruments Analytical Limited, Reino Unido).

5.1.1.9. Cromatografía de intercambio iónico

Se utilizó un sistema modular de cromatografía iónica simultánea diseñada específicamente para su aplicación en Patrimonio Cultural. Los principales instrumentos utilizados fueron dos cromatógrafos iónicos duales 930 Metrohm Compact IC Flex y un valorador automático 888 Titrando. Cada cromatógrafo iónico dual 930 Metrohm Compact IC Flex tiene un detector de conductividad 850 IC. En el caso de los aniones,

se utilizó una columna Metrosep A supp 7 para la separación de aniones, se utilizó 3,6 mM de Na_2CO_3 y 0,8 mL/min como fase móvil, con un supresor químico MSM Suppresor para lograr una línea base de 12 μS . Además, se utilizó también un supresor de CO_2 MCS Metrohm para obtener una línea base por debajo de 2 μS y por lo tanto aumentar la sensibilidad. La cuantificación de cationes se llevó a cabo mediante columna Metrosep C6 de Metrohm. Como fase móvil se utilizó un flujo de HNO_3 1,7 mM/ácido dipicolínico 1,7 mM y 1 mL/min. En este caso, no se requirió la supresión química y de CO_2 .

El sistema tiene la tecnología de ultrafiltración tangencial en línea que filtra las muestras hasta un tamaño de partícula de 0,2 μm con filtros de celulosa genéricos para proteger el sistema modular antes de la inyección. El sistema tiene un solo circuito de inyección de 20 μL que distribuye las muestras en ambos sistemas cromatográficos.

Para el análisis de carbonato/bicarbonato se utilizó un valorador automático 888 Titrand con agitador magnético 801 Stirrer, unidad de intercambio de 20 mL y electrodo de vidrio de pH combinado "Ecotrode Plus" y electrodo de referencia AgCl/Ag. Además, se seleccionó un sistema de dosificación automático que hace posible una dosificación de alta precisión (adiciones de hasta 10 μL).

Gracias a este sistema, una inyección única proporciona el análisis de aniones, cationes y carbonato/bicarbonato de forma simultánea. La inyección de la muestra fue controlada por 815 Robotic USB Sample Processor XL con espacio para 59 muestras en la gradilla. Los softwares utilizados fueron MagIC 2.3 y Tiamo 2.5, para los sistemas de valoración y CI respectivamente, pero siendo MagIC el principal.

En cuanto a los reactivos, se emplearon las soluciones estándar de los aniones, fluoruro (F^-), bromuro (Br^-), cloruro (Cl^-), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), fosfato (PO_4^{3-}) y oxalato ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$) de la casa Honeywell Fluka a una concentración de 1000 mg/L. En el caso de los cationes, las soluciones estándar de litio (Li^+), sodio (Na^+), amonio (NH_4^+), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) fueron de la misma marca y concentración.

El ácido para la supresión química en el análisis de aniones fue Tracepur H_2SO_4 500 mM (Merck, 96%). La valoración se realizó con ácido clorhídrico 0,1 M (PanReac, 95%), estandarizado con Tris(hidroximetil)aminometano (Sigma Aldrich,

99,9%). El sistema se limpió usando una mezcla de EtOH:H₂O 1:1 con etanol (Pan-Reac, 99,5%) y agua ultrapura (Milli-Q, Millipore). Además, toda el agua utilizada en la preparación de las disoluciones fue agua ultrapura.

5.1.1.10. Herramientas de tratamiento estadístico: análisis de componentes principales (PCA)

Durante el tratamiento de datos de cromatografía iónica se realizaron análisis individuales, análisis de correlación y análisis de componentes principales (PCA). En el último caso, los PCA se realizaron mediante el software The Unscrambler[®]X (CAMO Software, Noruega). El análisis de correlación podría ayudar a determinar las sales formadas en los materiales. Además, también se estudió la orientación, área o influencia material, así como, el nivel de concentración con respecto a los estándares europeos, para aniones, y la bibliografía para el contenido total de sales por falta de normativa específica [6-8].

5.1.2. Muestreo

Se priorizó, en cualquier caso, las medidas *in situ*, con técnicas no destructivas, que no supusieran estrés para los materiales. Cuando esto no fue posible o los resultados no fueron adecuados, se tomaron muestras mediante un meditado plan de recogida para maximizar la información a obtener, con el mínimo número de muestras. También, se aprovecharon las tareas de desescombros para tomar muestras sin perjudicar a los materiales.

5.1.2.1 Tintas de grafiti sobre mármoles

En cuanto a las tintas de grafiti que se ubicaban en la parte de los zócalos, concretamente, en el remate superior (paredes 1, 2 y 3, y en la totalidad del zócalo de la pared 4), se recogieron mediante escalpelo, recopilando hasta 21 tipos de tinta de diferente color para su posterior análisis. Las tintas fueron recogidas de manera consecutiva en el mismo punto. Los colores recogidos fueron: (T1) plata, (T2) rojo claro, (T3) verde claro, (T4) amarillo oscuro, (T5) azul claro, (T6) naranja claro, (T7) negro, (T8) azul oscuro, (T9) blanco, (T10) blanco hueso, (T11) ocre, (T12) verde oscuro, (T13) morado, (T14) rosa, (T15) violeta, (T16) gris, (T17) morado, (T18) amarillo claro, (T19) verde oscuro, (T20) rojo oscuro, y (T21) naranja oscuro. El orden de las muestras corresponde a la capa recogida siendo la más externa la T1 y la más interna la

T21. Hubo especial cuidado en la selección de los colores específicos de cada tinta, sin mezclar varios de ellos para facilitar su caracterización (Fig.5.3).

Las muestras se almacenaron en tubos Eppendorf™ de 1,5 mL hasta su análisis. Para después ser almacenadas y etiquetadas en bolsas zip herméticas.

Es remarcable que 4 de los colores se repetían mayoritariamente en los mármoles: (T1) Plata, (T5) azul claro, (T7) Negro, y (T11) ocre.

Además, junto con la recopilación de estas tintas, se añadió, un fragmento de mármol 1x1 cm con grafitis (ZM1), recogido en el desescombros para su análisis trasversal, con el fin de observar el número de tintas superpuestas.



Figura 5.3. Recogida del polvo de tinta de los grafitis en los mármoles del zócalo.

5.1.2.2. Capa subyacente pintura mural

La cámara de reflectografía llevada al salón para un análisis *in situ* tenía un trípode limitado en altura, como se ha mencionado en la descripción del equipo (apartado 5.1.1.4). Así pues, se optó por elegir las zonas de pintura mural que se encontraban justo encima del zócalo de mármol, en concreto, los escudos a esta altura de 1,8 m. En total se midieron 5 iconografías, además del propio fondo, (pared 1: escudo banda música, pared 2: escudo de la Marina, pared 3: escudo Legión y gota de agua y, pared 4: bandera amarilla y roja ubicada en la iconografía central). Para la prueba

en el laboratorio, se escogieron los fragmentos de pintura mural hallados en el desescombro. Seleccionando, entre ellos, los que parecían tener más capa pictórica o algún dibujo discernible. Se tomaron un total de 3 muestras de 20x20 cm de tamaño aproximado y fueron almacenadas entre papeles secantes en cajas de plástico protegidas hasta su análisis.

5.1.2.3 Pigmentos y soporte

Tras un primer intento con análisis no destructivos *in situ*, con resultados desfavorables, tuvo que ser necesaria la extracción física de micro muestras para realizar un análisis posterior en laboratorio. Las zonas de muestreo fueron determinadas por la cantidad de pigmento de algunas de las iconografías representadas, escogiendo así, zonas con más carga matérica dentro de las 4 paredes. Para caracterizar los pigmentos y estudiar las diferentes capas, se recogieron micro muestras de los diferentes colores observados de cada iconografía y que no supusiera un daño visible en la obra. Se tomaron 47 micro muestras de dimensiones entre 2 y 4 mm, tratando de recolectar la mayoría de ellas en áreas ya desprendidas para minimizar el impacto. La ubicación y número de muestras se recogen en la Tabla 5.1. Para ello se utilizó la norma UNE-EN 16085: 2014, basada en la recogida del menor número de muestras y la mínima cantidad (micro muestras), para obtener un resultado representativo. En un muestreo posterior, se recogió una muestra más para la caracterización de una capa en concreto de la pintura mural mediante XRD, muestra denominada X1, que corresponde a la pared 3, del color de fondo.

Tabla. 5.1. Muestras recogidas para su análisis en el laboratorio.

Pared	Muestra	Área	Color	Iconografía	Zona correspondencia
1	A1	1.1	Amarillo	ESCUDO AVIACIÓN	Corona
	A2		Negro		Aspas
	A3		Gris		Aspas
	A4		Verde		Hojas
1	B1	1.2	Rojo claro	CRUZ CARLISTA	Brazo izquierdo
	B2		Rojo oscuro		Brazo derecho
2	C1	2.1	Azul	SOLDADOS	Gorro 1 ^{er} personaje
	C2		Naranja		Líneas dibujo
	C3		Amarillo		Gorro 2 ^{do} personaje
	C4		Naranja		Carnación 2 ^o personaje
	C5		Naranja		Carnación 3 ^{er} personaje
2	D1	2.2	Amarillo	ESCUDO EJÉRCITO MARINA	Corona
	D2		Rojo		Cuerdas
2	E1	2.3	Rojo	ESCUDO VILLA DE BILBAO	Lobos
	E2		Marrón oscuro		Ventana
	E3		oscuro		Iglesia
	E4		Azul		Ria
	E5		oscuro		Ria
	E6		Azul claro		Ria
3	F1	3.1	Verde	ESCUDO DE BIZKAIA	Copa árbol
	F2		Marrón		Tronco árbol
	F3		Rojo		Lobos

3	G1	3.2	Marrón	ESCUDO LEGIÓN	Ballesta
3	H1 H2 H3 H4 H5 H6 H7	3.3	Blanco Azul fosfo- rito Blanco Amarillo Azul Verde Naranja	PERSONAJES FEMENINOS	Taza Ojo 1 ^{er} personaje Vestido 3 ^{er} perso- naje Pelo 2 ^{do} personaje Vestido 2 ^{do} perso- naje Vestido 1 ^{er} perso- naje Lineas dibujo
3	I1	3.4	Blanco	ESCUDO REGULARES MELILLA	Semiluna
3	J1 J2	3.5	Rojo claro Rojo oscuro	CRUZ FALANGE ESPAÑOLA	Brazo izquierdo Brazo derecho
3	K1	3.6	Amarillo	ESCUDO ARTILLERÍA	Cañon
4	L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 L8 L9	4.1	Rojo Amarillo Verde claro Verde os- curo Marrón Rojo Amarillo Rojo Marrón	JOSÉ ANTONIO PRIMO DE RIVERA	Cruz Cruz Hoja Hoja Personaje central Bandera Bandera Fruto rama Rama
Perí- metro	M1 M2 M3 M4	5	Rojo Azul claro Rojo Amarillo	CORNISA PERIMETRAL	Letras lemas Moldura lisa Moldura altorelieve Moldura bajorelieve

Además, se utilizó la única documentación disponible sobre la pintura mural original, el boceto realizado por el arquitecto (Fig.5.4.a) para tomar muestras que ayudasen a encontrar una posible pintura subyacente. Para obtener información sobre esta supuesta pintura original se proyectó este boceto en las paredes 2 y 3. Aunque se desconoce si finalmente este boceto llegó a hacerse efectivo, es la única documentación hallada al respecto. Como se puede observar en la Figura 5.4.b y 5.4.c, la ubicación de ciertos motivos originales coincide perfectamente con las existentes en la actualidad. Además, la cornisa fue la misma en ambos casos.

Siendo esto así, se realizó el muestreo de diferentes puntos siguiendo los dibujos para intentar observarlos mediante un análisis de corte transversal (cross-section). Por tanto, además de las muestras recogidas en la Tabla 5.1, se tomaron un total de 7 muestras más entre las paredes 2 y 3, coincidiendo con los motivos originales del perímetro (Tabla 5.2). Todas ellas fueron recogidas en el color de fondo de la pared y tenían un tamaño de 2-3 mm.

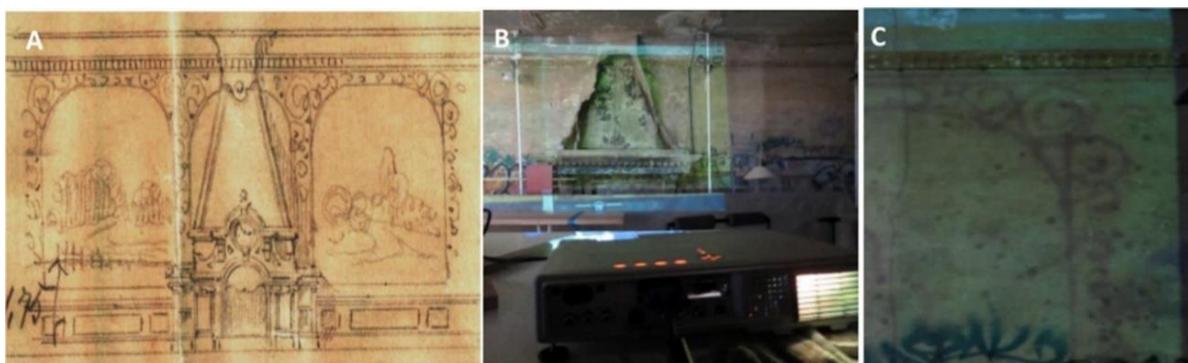


Figura 5.4. a) La única documentación de las posibles pinturas murales: un boceto realizado por el arquitecto para la decoración del salón principal, b) Proyección del boceto en las paredes y c) Detalle de la situación de los motivos decorativos supuestamente originales, y los actuales (pared 3).

Todas las micro muestras fueron recogidas y almacenadas en bolsas zip herméticas para su posterior tratamiento. Una vez terminado con su tratamiento, se almacenaron con identificaciones de la zona de muestreo y el color en nuevas bolsas para su almacenado a largo plazo.

5.1.2.4 Aglutinante

Para la identificación del aglutinante, se recogieron 3 micro muestras (AG1, AG2 y AG3) de la pared 4 con ayuda de un escalpelo (tamaño inferior a 5 mm). Se eligió esta pared debido a que la capa pictórica de este muro era más gruesa y mejor conservada que las demás, lo que podría facilitar la identificación del aglutinante. Las micro muestras recogidas para el análisis de pigmentos y capas (apartado 5.1.2.3) no pudieron ser empleadas en esta técnica, de ahí la necesidad de recoger estas 3 muestras más. Las muestras fueron almacenadas en bolsas zip herméticas hasta su análisis. A diferencia del resto de muestras, estas fueron destruidas en el análisis.

Por otro lado, también se tomaron muestras mediante frotado con hisopos humedecidos con diclorometano o agua (ver apartado 5.1.2.4 Aglutinante para más información). Para ello se escogieron 4 colores (amarillo, rojo, verde y verde claro) en la misma pared 4. Se tomaron un total de 8 muestras en hisopos, que fueron almacenadas hasta su análisis.

Tabla 5.2. Relación de muestras para evaluación de una posible pintura subyacente.

Muestras	Pared	Puntos de Muestreo
PS1 PS2 PS3 PS4	2	
PS5 PS6 PS7	3	

5.1.2.5 Sales solubles

Le evaluación de la concentración de sales solubles en los muros requirió de la recolección de muestras de mortero y ladrillo a través de un bisturí y micro perforación. El muestreo se realizó con el fin de estudiar la acción de las sales solubles en todos los muros que componían el salón, y para observar diferencias en cuanto a su posición. Además, también se estudió la altura y el efecto del recubrimiento de mármol. Por esa razón, se recolectaron muestras de ladrillos y mortero, de detrás del mármol y detrás de pinturas murales (alrededor de 3,25 m. de altura) en las cuatro paredes. Y, finalmente, se muestreó en las distintas partes de cada muro (pintura mural) si no era continuo. Es decir, en el caso de la pared 1, hay una puerta en el medio del muro, por ello, se muestreó ambos materiales en cada lado de la puerta

por detrás del mármol y detrás de la pintura mural. Las paredes 2, 3 y 4 son paredes continuas, ver Figura 5.5.a.

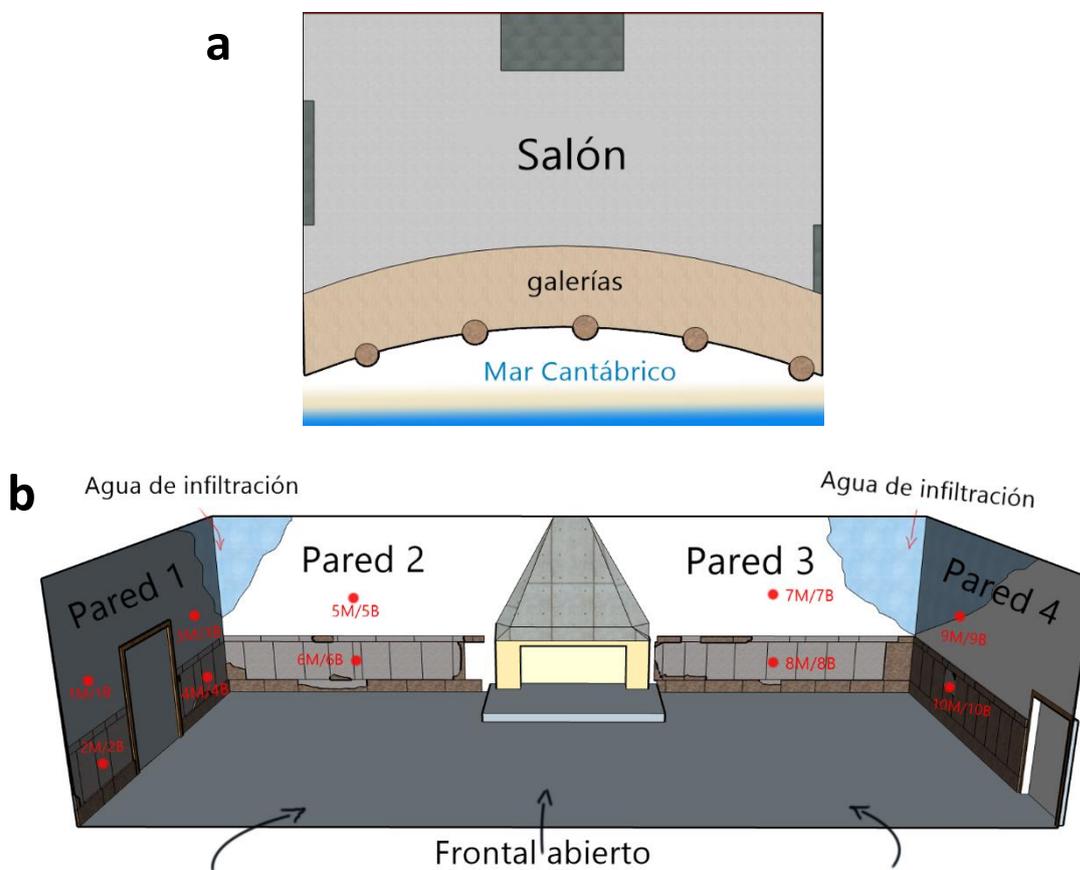


Figura 5.5. a) Posición del salón con respecto al mar y b) Ubicación y denominación de las muestras recogidas para el análisis de sales.

Es necesario resaltar que los muros presentan aguas de infiltración por la acción del jardín ubicado en la parte superior del salón, siendo la parte superior de ambas esquinas la afectada por esta entrada de agua (Fig.5.5.b). De esta forma, se recolectaron 20 muestras, 10 muestras de ladrillos y 10 muestras de mortero como se puede apreciar en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Relación de las muestras recolectadas. Están duplicadas porque en el mismo punto se recogieron muestras de mortero (M) y ladrillo (B).

Muestras	Pared	Zona de Muestra	
1M/1B	1	Pintura Mural	Izq (Puerta)
2M/2B	1	Mármol	Izq (Puerta)
3M/3B	1	Pintura Mural	Dcha (Puerta)
4M/4B	1	Mármol	Dcha (Puerta)
5M/5B	2	Pintura Mural	Izq (chimenea)
6M/6B	2	Mármol	Izq (chimenea)
7M/7B	3	Pintura Mural	Dcha (chimenea)
8M/8B	3	Mármol	Dcha (chimenea)
9M/9B	4	Arriba	
10M/10B	4	Abajo	

Ambos materiales, mortero y ladrillo, eran pulverulentos, lo que evidencia el nivel de descohesión de los materiales. Por ese motivo, no se pudo calcular el tamaño, pero, en cualquier caso, se recogió más de 1 g de polvo de cada una de ellas. Las muestras se introdujeron en bolsas con cierre hermético hasta el momento del análisis.

5.1.3. Metodología

Llevada a cabo la planificación, y la posterior recogida de muestras, se procedió al tratamiento de estas.

5.1.3.1. Análisis colorimétricos del impacto de la contaminación atmosférica sobre los mármoles

El examen colorimétrico de las variaciones de color de los mármoles estuvo motivado por la necesidad de medir el impacto de contaminantes atmosféricos y ambientales en ellos, dado que es uno de los agentes de deterioro más silencioso, a la par que dañino. Estas variaciones permitieron observar cómo afectan estas deposiciones superficiales a la lectura y visión de los mármoles, para poder determinar la periodicidad de las actuaciones de limpieza y mantenimiento dentro de un plan de protección.

Por ello, para la realización de la colorimetría en los mármoles se optó por distribuir unos puntos aleatorios en 3 de las 4 paredes (Fig.5.6), como zonas en las que realizar la colorimetría de forma periódica. Los puntos se marcaron con círculos adhesivos para garantizar la medida en el mismo punto a lo largo del periodo de estudio (2018-2020). Así se midieron los mármoles en julio de 2018 y se volvieron a medir en el mismo punto, sin realizar ninguna intervención en noviembre de 2020. La 4 pared no se analizó colorimétricamente, puesto que estaba completamente cubierta de grafitis. Otro motivo fue que sirvió, como se menciona en el capítulo 7, como pared de intervenciones globales.

Para estos análisis, se realizaron 3 réplicas de cada uno de los puntos.



Figura 5.6. Mediciones en los zócalos del salón. Esta operación se repitió en todas las paredes que contaban con este recubrimiento y permitían la medición de este.

5.1.3.2. Caracterización de las tintas utilizadas en los grafitis

El vandalismo en forma de grafitis en el salón es uno de los daños que más afecta a los mármoles, por ello, la identificación de las tintas es un punto de partida necesario para conocer los componentes de la pintura en espray para su posterior eliminación con productos *ad hoc*.

Las tintas de los grafitis fueron caracterizadas mediante espectroscopia Raman. Para la identificación de los espectros se utilizaron bases de datos públicas (KIK-IRPA) y las propias del grupo IBeA: *e-Visnich*, *e-Visart* y *e-Visarch* [4,5]. Sin embargo, estas bases de datos son escasas para tintas de grafiti, por lo que fue necesaria su ampliación con tintas modernas. Aumentando de esta forma, la base de datos del grupo de investigación. Así, se recopilaron 18 polvos de tintas de espráis comerciales para su inclusión en la base de datos posteriormente a contrastar la información de su composición aportada por parte de las empresas. Los espráis comerciales seleccionados fueron de la marca Montana (Montana Colors, Barcelona), Titanlux (Titanlux, Barcelona) y Duplicolor (Motip Dupli, Haßmersheim, Alemania): Rojo claro (RV-3001), Azul ártico (RV-29), Azul oscuro (RV-5005), Plata (Plata), Marrón druida (RV-246), Negro (R-9011) y Verde Cologno N.(RV-237), de la casa comercial Montana, serie Hardcore; Naranja (554), Blanco (566) y Amarillo (529) de la casa Tintalux; y, Amarillo medio (ZT107), Gris claro (ZT113), Verde oscuro (ZT129), Marrón claro (ZT120), violeta (ZT131), Fucsia (ZT134), Azul turquesa (ZT130), y Rojo oscuro (ZT148) de la marca Duplicolor. Los colores se eligieron por semejanza a los encontrados en el salón. Para aplicar los esprays tras su secado, se optó como soporte cerámicas realizadas por Idoia Madariaga, en su tesis doctoral sobre los recubrimientos decorativos de las galerías Punta Begoña [9]. Estas tenían un tamaño 8x10 cm (Fig.5.7). Se dejaron secar 20 días para recoger mediante escalpelo y medir en las mismas condiciones que las tintas del salón.

De este modo, se analizaron un total de 21 tintas de los zócalos de mármol y 18 de las adquiridas, realizando un análisis directo del polvo mediante espectroscopia Raman (especificaciones de la técnica en apartado 5.1.1.5).



Figura 5.7. Probetas cerámicas realizadas con pintura en spray para su posterior comparación.

Por otro lado, la muestra ZM1, correspondiente al mármol con la acumulación de tintas, se pulió mediante amoladora GWS 125 mm de la casa Bosch para obtener un plano recto y uniforme y observar su sección transversal.

5.1.3.3. Análisis de pinturas subyacentes bajo la pintura mural del salón mediante reflectografía

La sospecha sobre unas pinturas subyacentes originales bajo la pintura mural del salón derivó en la realización de pruebas previas a una caracterización de materiales. Estas pruebas consistieron en técnicas de reflectografía infrarroja cercana, para el diagnóstico de las capas subyacentes a la pintura visible, como repintes, dibujos preparatorios, o arrepentimientos [10]. Son análisis no destructivos que ofrecen información sobre la ejecución de las pinturas, y posibles pinturas escondidas tras las actuales. Se intentó la realización de mediciones *in situ* y en el laboratorio tal y como se indica en el apartado 5.1.1.3.

5.1.3.4. Tratamiento de las muestras de los materiales que componen la pintura mural para su caracterización

La pintura mural se analizó según sus partes compositivas: pigmentos, soporte, y aglutinante, que en conjunto permiten ver de forma general y específica el estado de estas, y determinar sus elementos. Esta información es necesaria e imprescindible para conocer, en primer lugar, la metodología de ejecución de las pinturas, sus materiales, por tanto, los productos más adecuados para su conservación, y, por otro lado, los posibles periodos históricos reflejados en las capas que componen las pinturas, y, por tanto, su datación [11-14].

i. Pigmentos y soporte

Primeramente, se intentó realizar la caracterización de los diferentes materiales mediante análisis *in situ* utilizando equipos portátiles de espectroscopia Raman (532 y 785 nm), Fluorescencia de Rayos X (XRF) e Infrarrojos de Transformación de Fourier (FTIR), que permiten la identificación de compuestos químicos en un breve tiempo y sin necesidad de muestreo [15].

Por otro lado, tras el muestreo, algunas de las muestras recogidas se embebieron en una mezcla de 0,8 mg. de metacrilato con un 3% de catalizador. El molde de silicona se llenó hasta la mitad y luego se depositó la muestra. Posteriormente, se rellenó y se dejó secar durante 15 minutos. Una vez seca la resina, se cortaron y pulieron con papel de lija de diferente granulometría. Comenzando con lijas de grano 400, 600 y 800 hasta llegar perpendicularmente a la muestra, para terminar con lijas de grano menor (1200 y 2500) empleando agua (esta operación se efectuó cuidadosamente ya que existe riesgo de disolver la muestra) para realizar un pulido fino de las superficies [16,17]. Así se facilitó la medida transversal de las diferentes capas de materiales.

Por último, para ayudar al análisis XRD de la supuesta pintura original del mural, se separaron las diferentes capas de la micro muestra denominada X1 utilizando un bisturí y el microscopio óptico. Se separó en dos mitades, abriendo la capa por el medio y permitiendo obtener más superficie de medida en ambos lados, que al realizar el análisis transversal.

ii. Aglutinante

Mediante la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), que permite el análisis de compuestos orgánicos como son los aglutinantes, incluso en procesos de degradación [18], se llevó a cabo la caracterización del aglutinante de las pinturas del salón, tanto con equipos portátiles, como de laboratorio: espectrómetro FTIR portátil Exoscan 4100 (A2 Technologies, Danbury, CT, EE. UU., Ahora Agilent Technologies) y el espectrofotómetro Jasco 6300, respectivamente.

Esta identificación permite entender la técnica de ejecución y realizar las tareas de restauración como: limpieza, consolidación y reintegración, de una manera más dirigida al tipo de pintura existente, con procesos y productos idóneos [19].

Para su identificación, se realizaron dos tipos de tratamiento de las muestras, el primero creando pastillas con mezcla de KBr con un pequeño fragmento de pintura, AG1, AG2 y AG3, y el segundo, mediante frotado de un hisopo de algodón en las áreas de muestreo, para, después, insertar este hisopo en disolventes orgánicos y, finalmente, preparar las pastillas con KBr después de evaporar el disolvente según un método desarrollado por el grupo IBeA [19].

Para el primer tratamiento de muestra, se recogieron las muestras AG1, AG2 y AG3 de aproximadamente 4-40 mm² de la pared 4. Se pesaron 150 mg de KBr y se trituraron junto con 10 mg de la capa de pintura. La mezcla se dispuso en la prensa (PIKE Technologies CRUSH IR, EE.UU.) a 10 toneladas para obtener la pastilla.

Para el segundo tratamiento de la muestra, se limpió el algodón con agua, metanol y diclorometano para eliminar cualquier contaminación. El algodón se colocó en agua dentro de un baño de ultrasonidos durante 15 minutos dos veces, y luego se repitió el mismo procedimiento con metanol y diclorometano. Posteriormente, cuando el algodón estuvo completamente seco, se formaron varios hisopos con él. Uno de esos hisopos se sumergió en diclorometano y se frotó con él, el área de análisis. Otro hisopo, empapado en agua, se frotó en la misma zona. Después del muestreo, el aglutinante se volvió a extraer del hisopo de algodón. En el caso del muestreo con diclorometano, se añadió el hisopo de algodón a 1 mL de diclorometano y se dejó 15 minutos en el baño de ultrasonidos. Después de eso, se retiró el hisopo de algodón y el diclorometano restante se añadió gota a gota a una pastilla de KBr y el líquido se evaporó con la ayuda de una lámpara de infrarrojos. En el caso del muestreo con

agua, el hisopo de algodón se introdujo en 1 mL de agua y se colocó en el baño de ultrasonidos durante 15 minutos. Seguido, se retiró el hisopo de algodón y el agua restante se pasó a un mortero de ágata. Este se introdujo en una estufa a baja temperatura hasta la evaporación del líquido. En ese mortero se trituraron 150 mg de KBr, para preparar la pastilla. Además, se prepararon 2 pruebas a modo de blancos del procedimiento con hisopos de algodón sin frotarlos en la pared (uno con diclorometano y otro con agua). Según este método, las proteínas y polisacáridos son capaces de extraerse mediante agua y los lípidos y sustancias resinosas mediante diclorometano [19].

5.1.3.5. Tratamiento de las muestras de los materiales soporte de la pintura mural para la evaluación del daño por sales solubles

Además de los análisis llevados a cabo para la caracterización de las capas compositivas y el aglutinante, se realizó un análisis cromatográfico de las sales solubles existentes en los muros, para evaluar el impacto de estas ya que es uno de los mayores agentes de deterioro.

Las muestras sólidas se extrajeron con agua ultrapura para el análisis de sales solubles, mediante el protocolo optimizado por el grupo de investigación de Química Analítica, IBeA, de la UPV/EHU [20], basado en la normativa europea para extracción y determinación de sales solubles en piedra natural y materiales afines utilizados en Patrimonio Cultural (EN 16455: 2016) [21]. Este protocolo permite la extracción de las sales mediante energía de ultrasonidos. Para ello, las muestras se homogeneizaron y secaron en estufa (24 h a 60°C) antes de la extracción en un baño de ultrasonidos Ultrasons-H (P-Selecta, España), con una frecuencia de trabajo de 40 kHz (1000 W). Luego, la disolución se filtró con filtros de 0,45 µm (PVDF, OlimPeak) y se midió inmediatamente. Es posible almacenar estas soluciones a 4°C, pero es recomendable analizar después de la extracción para garantizar la representatividad evitando la precipitación de sales. Se realizaron cuatro réplicas para cada muestra.

5.2 Resultados

5.2.1 Estudio del impacto de la contaminación atmosférica en los zócalos de mármol del salón

De forma general, hubo cambios significativos en las 4 zonas medidas (Tabla 5.4), aunque existen particularidades en cada uno de los parámetros L^* , a^* y b^* .

Tabla. 5.4. Parámetros de L , a^ y b^* de los zócalos, medidos en el 2018 y en el 2020. El error asociado a las medidas es $\leq 0.50 \Delta E^*ab$. Los valores aquí mostrados son valores medios dados por el equipo, el cual realiza una media entre las 3 medidas tomadas.*

Pared	2018			2020			ΔL	Δa	Δb	ΔE^*ab
	L	a	b	L	a	b				
P.1 Izq.	61,8	6,62	12,23	54,32	6,57	13,07	-7,5	-0,05	0,84	28,4
P.1 Dcha.	52,6	8,89	12,97	64,07	3,34	6,96	11,42	-5,55	-6,01	98,6
P.2	61,8	11,7	14,63	52,18	8,58	11,41	-9,65	-3,15	-3,22	56,7
P.3	51,2	10,7	18,86	57,98	6,30	10,74	6,71	-4,44	-8,12	65,5

En la pared 1 Dcha. y la pared 3 ha aumentado el valor del parámetro L^* respecto al 2018, y, por el contrario, la pared 1 Izq. y pared 2, ha disminuido la luminosidad (L^*) (ver Figura 5.8). Estas últimas están menos resguardadas de los vientos y lluvia predominantes que penetran en el salón, por ello el lavado de la lluvia puede influir en la cantidad de contaminantes depositados, siendo menor. En cambio, las paredes 3 y 1 Dcha. reciben igualmente los contaminantes atmosféricos, pero al estar más protegidos, no se ven alterados por el agua y se posan, de forma reiterada. Sin embargo, el aumento de la luminosidad puede ser debido también a las zonas veteadas del mármol, que pese a estar las zonas de medida marcadas, el amplio spot del equipo de medida puede variar ligeramente. Así, las vetas blancas, pueden hacer variar la luminosidad de la medida ligeramente.

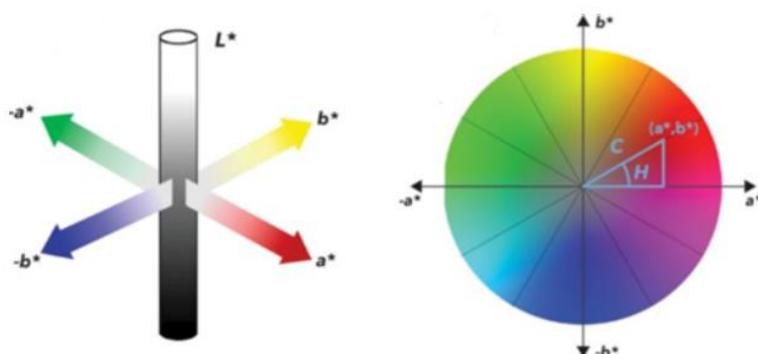


Figura 5.8. Espacio de color CIE $L^*a^*b^*$. Fuente: Delazio, A., Israr, A., & Klatzky, R. L. (2017, June). Cross-modal correspondence between vibrations and colors. In 2017 IEEE World Haptics Conference (WHC) (pp. 219-224). IEEE. 10.1109/WHC.2017.7989904

Por esto, las variaciones en los parámetros a^* y b^* , pueden dar más información respecto a la deposición de contaminantes. Así, han resultado ser más significativos los cambios de estos parámetros en las paredes 1 Dcha. y pared 3, donde han tenido una tendencia a valores negativos, lo que significa que su color se ha agrisado con el paso del tiempo. Aun así, en todas las paredes hay una clara tendencia al agrisado de los mármoles. Siendo la pared 1 Izq. la que ha variado su color en menor medida, comparando con los valores iniciales del 2018. Por tanto, la explicación planteada con la variación de la luminosidad queda corroborada, a pesar de las dificultades de medida por el veteado del mármol.

Los resultados globales de la diferencia total de color señalan a los mármoles de las paredes 1 Dcha. y 3, como las zonas que más diferencia total de color han sufrido en el periodo analizado. Los parámetros analizados previamente, junto con la diferencia total de color ΔE^*_{ab} , corroboran como la pared 1 Izq., ha sido la que ha variado en menor grado, seguido de la pared 2 (Fig.5.9), por la ubicación en el salón, como se ha comentado.

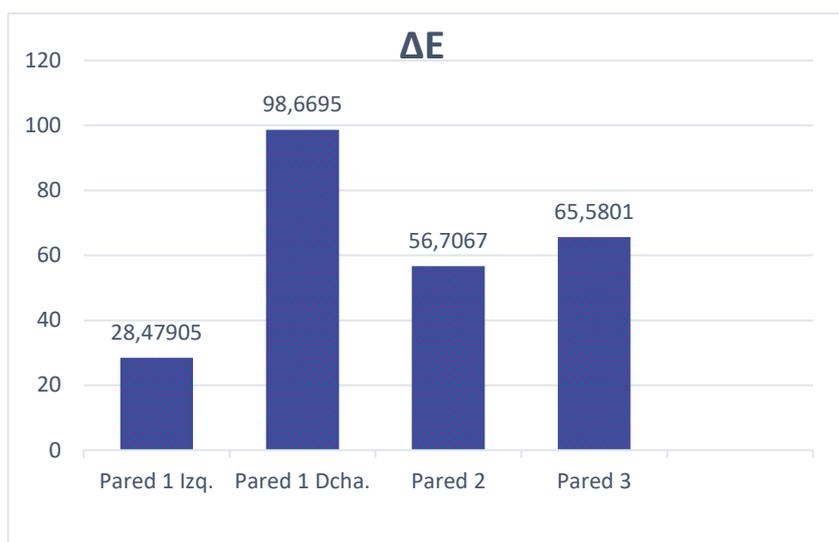


Figura 5.9. Diferencia total de color en las 4 zonas de las 3 paredes. Error asociado $\leq 0,5 \Delta E^{*ab}$.

Todos estos cambios de color se consideran significativos según la norma ASTM 4303-3, que clasifica las variaciones de color totales en función de los valores de ΔE , y, apreciables a simple vista, por lo que es evidente la necesidad de la eliminación de deposiciones pasados dos años. Además, los análisis han evidenciado como el mantenimiento no debe ser igual para todas las paredes.

5.2.2 Caracterización de las tintas utilizadas en los grafitis⁷

El análisis de las tintas fue complejo al ser capas superpuestas de tintas. Por ello, el uso de técnicas acopladas a microscopio fueron claves para garantizar la medición del color deseado. Además, en las muestras del salón, era frecuente obtener mucha fluorescencia en los espectros adquiridos, probablemente, por depósitos externos superficiales o la propia pintura.

En primer lugar, respecto a las tintas comerciales, se pudieron obtener 13 espectros, de las 17 tintas totales, ver Tabla 5.5. La falta de bases de datos para comparar y el secreto industrial que limita la información composicional aportada por parte de las empresas, hizo difícil la identificación de la composición de las tintas. Aun así,

⁷ Contribución mediante póster en el Congreso Internacional International Conference on Innovation in Art Research and Technology-Innart 2018, con el título: Graffiti characterization prior an intervention: in-situ raman spectroscopy at the service of restoration.

estos espectros sirvieron de comparativa con las tintas del salón y permitió aumentar la base de datos del grupo que, debido a las dificultades presentadas con las bases de datos disponibles en literatura, era evidente la necesidad. Las cuatro tintas de las que no se obtuvo espectro fueron Plata (Plata), Amarillo medio (ZT107), Gris claro (ZT113) y Granate (ZT148).

Tabla 5.5. Tintas comerciales analizadas.

COLOR	MUESTRA	COMPOSICION IDENTIFICADA (Pigmento)	BANDAS RAMAN IDENTIFICADAS
Amarillo	529	n.i	724,1042 cm ⁻¹
		Amarillo de ariluro	827,1326,1592 cm ⁻¹
Azul ártico	RV-29	Ftalocianina azul	258, 483, 680,747,953,1108,1143, 1307, 1341,1451,1529 cm ⁻¹
		Rutilo	448, 610 cm ⁻¹
Azul oscuro	RV-5005	Ftalocianina azul	257,483,594,679,746,775,952,1107,1142,1339,1449,1525 cm ⁻¹
Blanco	566	Rutilo	142,230,448,606 cm ⁻¹
Marrón claro	ZT120	Hematita	225,293,409,610 cm ⁻¹
Naranja	554	n.i	1010,1152,1254,1556,1600 cm ⁻¹
Marrón Druida	RV-246	Rutilo	141,232, 447,610 cm ⁻¹
Rojo	RV-3001	Rojo permanente	422,728,963,1164,1286,1362, 1511,1605 cm ⁻¹
Rosa	ZT134	Violeta dioxazine	1357,1391,1580 cm ⁻¹

Turquesa	ZT130	Ftalocianina azul	482,682,746,776,95 3,1109,1142,1213,1 283,1339,1449,1528 cm ⁻¹
Verde Colo- gno.N	RV-237	Verde permanente	100,684,739,775,10 83,1212, 1279,1334,1535 cm ⁻¹
Verde oscuro	ZT129	Verde permanente	99,684,740,776,816, 1212, 1281,1338,1536 cm ⁻¹
Violeta	ZT131	n.i	313,528,698 cm ⁻¹
		Violeta dioxazine	1207,1346,1391,158 9 cm ⁻¹

n.i.: no indicado/no identificado.

En el caso de las muestras de tintas del salón se pudieron obtener espectros de Raman (Tabla 5.6), menos en el caso de la muestra T17.

En primer lugar, fue posible la identificación completa de los colores recogidos en las muestras T2, T3, T5, T6, T8, T9, T10, T11, T14, T15 y T18. De manera individual, en el caso de la tinta de color rojo claro (T2), se identificó como pigmento rojo molibdato, con cromato de plomo (PbCrO₄) (CAS: 12656-85-8), un pigmento peligroso por su toxicidad. Su uso ha disminuido en pinturas, a más de la mitad desde el 2000, pero en la actualidad, sigue siendo parte de la composición de algunas, aún en pequeñas proporciones [22]. La muestra T5 y T8, de color azul ambas, se identificaron con azul de ftalocianina ((C₈H₄N₂)₄H₂), siendo la primera coincidente con la probeta realizada ZT130, de color turquesa, de lo que se puede deducir que este tipo de tinta en spray sigue siendo habitual hoy en día. De la misma manera, las muestras T9, T14 y T15, de color blanco, rosa y violeta, respectivamente, el compuesto identificado fue el rutilo, un óxido de titanio (TiO₂) de estructura tetragonal, de color blanco. En el caso de las dos últimas tintas es de suponer que, aunque no se haya obtenido espectro o bandas sin identificar, existe otro pigmento que de la coloración final.

Tabla 5.6. Tintas analizadas, recogidas de los mármoles del salón.

COLOR	MUESTRA	COMPOSICION IDENTIFICADA	BANDAS RAMAN IDENTIFICADAS
Plata	T1	n.i	1025 cm ⁻¹
Rojo claro	T2	Pigmento rojo molibdato	339,821 cm ⁻¹
Verde claro	T3	Rutilo	448 cm ⁻¹
		Verde permanente	685,740,775,817,979,1084,1212,1282,1339,1537 cm ⁻¹
		Amarillo de ariluro	646,1089,1264,1329,1593 cm ⁻¹
Amarillo oscuro	T4	n.i	1006 cm ⁻¹
		Verde permanente	684,738, 1538 cm ⁻¹
		Amarillo de ariluro	1262,1329,1592 cm ⁻¹
Azul claro	T5	Coincide con ZT130: Ftalocianina azul	259,484,596,682,747,776,953,1142,1212,1280,1340,1526 cm ⁻¹
Naranja claro	T6	Rutilo	443,609 cm ⁻¹
		Amarillo de ariluro	369,801,1159,1263,1330,1350,1403,1501,1596 cm ⁻¹
Negro	T7	n.i	1645 cm ⁻¹
		Ftalocianina azul	234,259,484,595,680,746,780,832,954,1108,1144,1307,1341,1451,1528 cm ⁻¹
Azul oscuro	T8	Ftalocianina azul	484,680,747,953,1143,1340,1449,1526 cm ⁻¹
Blanco	T9	Rutilo	444,608 cm ⁻¹
Blanco hueso	T10	Rutilo	442,612 cm ⁻¹
		Amarillo de ariluro	361,801,1159,1263,1331,1350,1402,1504,1591 cm ⁻¹
Ocre	T11	Coincide con muestra comercial 529: Amarillo de ariluro	299,387,686,741,777,1263,1335,1538,1590 cm ⁻¹
Verde oscuro	T12	Coincide con Verde Cologno.N: n.i	100 cm ⁻¹
		Verde permanente	639, 685,740,773,1212,1280,1535 cm ⁻¹

Morado	T13	n.i	350, 971,1004, 1180,1363,1374,1488,1592 cm^{-1}
		Ftalocianina azul	484,681,698,748,780,952, 1107,1341,1360, 1450,1528 cm^{-1}
Rosa	T14	Rutilo	444,614 cm^{-1}
Violeta	T15	Rutilo	442,613 cm^{-1}
Gris	T16	n.i	741,1538, 1592 cm^{-1}
		Rutilo	439,609 cm^{-1}
Amarillo claro	T18	Amarillo de ariluro	773,1208,1277,1337,1529 cm^{-1}
Verde oscuro	T19	n.i	463 cm^{-1}
Rojo oscuro	T20	Rutilo	446,609,1263,1326,1404 cm^{-1}
		n.i.	1593 cm^{-1}
Naranja oscuro	T21	Ftalocianina azul	685,740,775,816,1212,1261,1284, 1331,1536 cm^{-1}
		n.i.	1591 cm^{-1}

n.i.: no indicado/no identificado.

En cuanto a las tintas amarillas de las muestras T11 y T18, estas se identificaron como amarillo de ariluro ($\text{C}_{18}\text{H}_{18}\text{N}_4\text{O}_6$) (Fig.5.10), pigmento orgánico, que ha venido sustituyendo al amarillo de cadmio por ser tóxico [23]. Pertenece al grupo de los denominados amarillo Hansa, que se manufacturan con una mezcla derivada de derivado de sales de diazonio a base de anilina y acetoacetilarilida [24]. Además, este compuesto estaba presente en la tinta comercial 529.

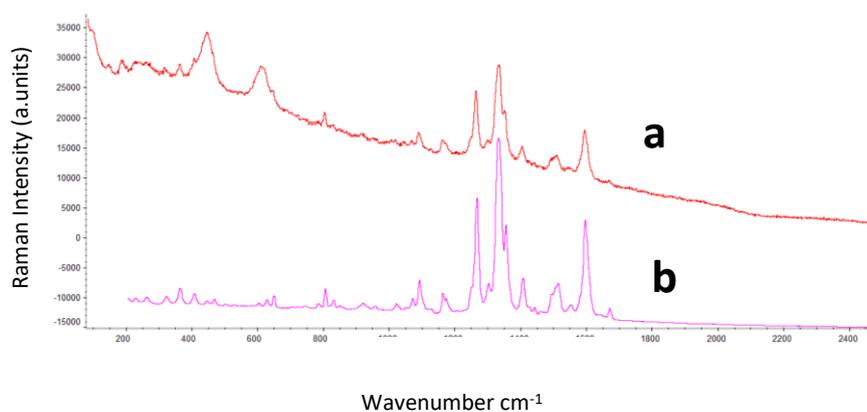


Figura. 5.10. a) Espectro del amarillo claro (T18) y, b) Espectro del amarillo ariluro.

Además, también se pudieron observar tintas manufacturadas con mezclas de pigmentos. En la tinta T3 con blanco de rutilo, amarillo de ariluro y verde permanente para lograr la tonalidad verde clara. Y en el caso de las tintas T6 y T10, naranja claro y blanco hueso, respectivamente, con blanco de rutilo y amarillo de ariluro.

Sin embargo, en algunas tintas, uno o varios de sus pigmentos no pudieron ser identificados mediante las bandas Raman obtenidas, en el caso de la tinta T4 amarillo oscuro, se visualizó otro compuesto además del amarillo de ariluro y verde permanente (banda Raman no identificada a 1006 cm^{-1}). Por otro lado, las muestras T7 y T13 (negro y morado, respectivamente) el pigmento ftalocianina azul identificado llevaba mezcla con otros pigmentos. En el caso del morado T13, probablemente las bandas Raman a $350, 971, 1004, 1180, 1363, 1374, 1488$ y 1592 cm^{-1} correspondan a un rojo para lograr el color final. Además, la tinta será de naturaleza orgánica por las bandas Raman a altas números de onda, que indican la presencia de enlaces C=C aromáticos [25] Este pigmento orgánico rojo podría ser el mismo que falta por identificar en las muestras T20 (rojo oscuro) y T21 (naranja oscuro), presentando bandas Raman sin identificar a 1592 cm^{-1} . En ambos casos un pigmento rojo permitiría la obtención del color, siendo en el primero rojo oscuro y únicamente habiendo identificado el rutilo de color blanco y en el segundo, habiendo identificado ftalocianina azul que daría la oscuridad al naranja oscuro supuesto. Por último, la tinta T16 (gris), en la que puede apreciarse bandas Raman que pueden coincidir con un compuesto orgánico, junto con el blanco de rutilo, el cual seguramente serviría como atenuador de un pigmento negro.

Otra de las mezclas no identificadas completamente, fue el color verde oscuro (T12) (Fig.5.11.a). Dicha muestra coincidió con la tinta comercial Verde Cologno. N (Fig.5.11.b) y una banda Raman no identificada a 100 cm^{-1} . El verde identificado es un pigmento denominado verde permanente (Fig.5.11.c), en las bases de datos *e-Visnich*, *e-Visart* y *e-Visarch* del grupo de investigación IBeA [4,5]. Este es una mezcla de color verde formada por ftalocianina y pigmentos de color amarillo (amarillo de cadmio). Tanto en la base de datos como en la muestra, solo se observa la ftalocianina. Inicialmente, este pigmento se lograba mezclando verde Viridiana pero fue sustituido por ftalocianina como en este caso [26].

Es importante mencionar que, la metodología de muestreo llevada a cabo en el salón propició la mezcla de las partículas de tinta, al ser recogidas, una tras otra las capas superpuestas. Aunque se realizó con sumo cuidado, y se utilizaron técnicas acopladas a microscopio se observaron resultados cruzados. Este hecho se puede observar en las tintas T7 (negro) y T8 (azul oscuro) en las cuales en ambas se identificó ftalocianina azul y que probable fuese consecuencia de la contaminación entre ellas. Esto también es visible en las muestras T10 (blanco hueso) y T11 (ocre), incluso, ya en la recogida de la tinta T10, ya se visualizó un color blanco amarillento por lo que se denominó “hueso”. La identificación de amarillo ariluro en el blanco (T10), probablemente sea consecuencia de la mezcla con el siguiente pigmento, ocre.

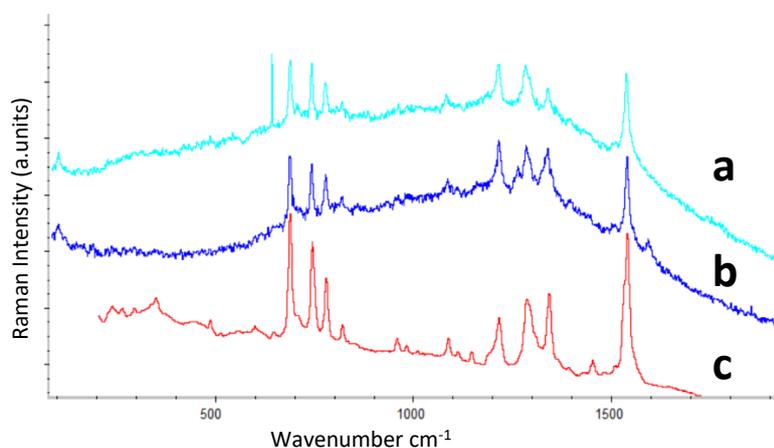


Figura 5.11. a) Tinta (T12) Verde oscuro de los grafitis del salón, b) Espectro del pigmento Verde Cologno. N, y c) Espectro del pigmento verde permanente.

Por el contrario, aunque las tintas T3 y T4, se observaron similares espectros, los pigmentos identificados coinciden con la mezcla cromática necesaria para lograr los colores indicados. Es decir, en el caso del verde claro (T3), la mezcla de blanco de rutilo con amarillo y verde justifica el tono. De la misma manera, el amarillo oscuro (T4) fue la mezcla de amarillo y verde, pero sin el blanco de rutilo, lo que lleva a pensar, que efectivamente era un tono más oscuro. Esta hipótesis coincide con la manufactura habitual de pintura comercial que mezcla diferentes cantidades de los mismos pigmentos para obtener el color final.

Finalmente, en la Figura 5.12, se observa la muestra ZM1 en la que se realizó una estratigrafía o cross section, según la metodología explicada en el apartado 5.1.3.2. La muestra ejemplifica la complejidad de las tintas que se encuentran en el salón de las galerías de Punta Begoña, con una superposición de tintas que supera las 10 capas en este caso, y las 21 en la zona de muestreo. Esto, evidentemente dificulta el proceso de eliminación. Respecto a su caracterización, el verde situado en la primera capa se identificó con el pigmento verde permanente, y el amarillo situado en la 10ª capa, con el amarillo ariluro. En ella se aprecian varios colores iguales. En el caso de las capas en color negro, estos espectros coincidieron entre sí y con la muestra T7, sin ser identificado finalmente. Los colores azules, aunque diferían en cuanto a la saturación del tono, todos ellos llevaban implícito el pigmento azul de ftalocianina, que, según la tonalidad, se mezclaba junto con otros pigmentos. Por último, el color plata, como se ha comentado, no pudo ser identificado.

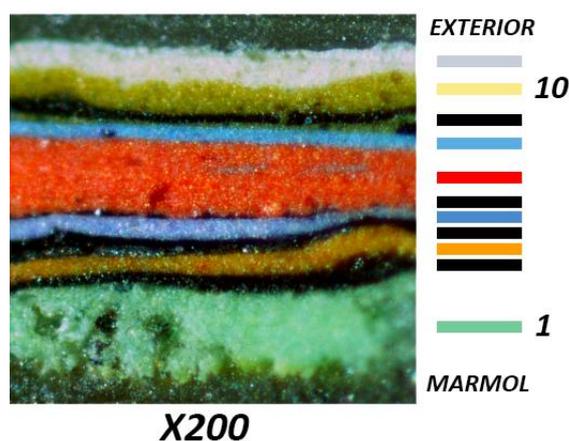


Figura 5.12. Estratigrafía de las capas de grafitis que se encuentran encima del mármol de los zócalos.

En definitiva, se ha comprobado como existe una paleta reducida de pigmentos en las paredes del salón, con los que las casas comerciales alternan para conseguir el color deseado. Aunque se han encontrado pigmentos como el rojo de molibdato que está en desuso, en la mayoría de las tintas identificadas, los pigmentos son los mismo que en la actualidad, lo que quiere significar, que las casas comerciales no han variado su composición significativamente, por lo menos, con lo que respecta a los pigmentos.

Por otro lado, la composición de las tintas no son exclusivamente compuestos orgánicos, sino en varios casos mezclas de pigmentos inorgánicos y orgánicos. Esto, unido a la superposición de numerosas capas indica que un solo producto puede no eliminar todas las capas de los grafitis de manera satisfactoria; por lo que deberán ser eliminados por capas. Este aspecto se ahonda en el capítulo 7.2.2.

5.2.3 Análisis de pinturas subyacentes bajo la pintura mural del salón mediante reflectografía

Las cámaras de reflectografía infrarroja, tanto la empleada *in situ*, como la utilizada en el laboratorio, no ofrecieron imágenes de pinturas subyacentes o dibujos preparatorios. Lo que sí se pudo observar en las imágenes capturadas, de forma más nítida, fue el estarcido que rodeaba a algunos dibujos de las iconografías (Fig.5.13.a). En el mismo sentido, en los fragmentos visualizados en laboratorio, no se obtuvieron resultados significativos en cuanto a la pintura subyacente (Fig.5.13.b), aunque si se distinguía mejor la policromía y su textura real.

Es probable, que como se describe en el apartado 5.2.4.3, las capas de preparativa a base de blanco de plomo oculten las capas inferiores, inutilizando esta técnica para la identificación de pinturas subyacentes, lo que requirió de otras estrategias y análisis.

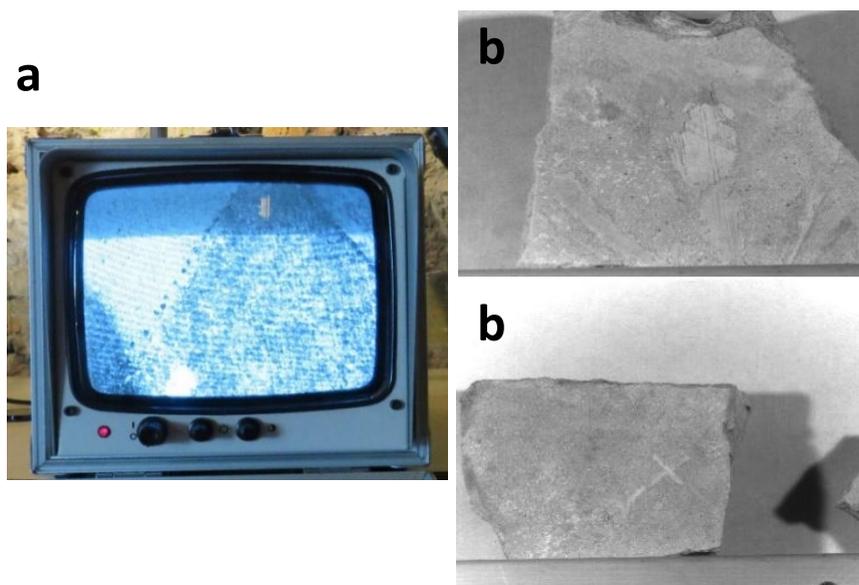


Figura 5.13. a) Imagen ofrecida por el equipo en el que se distingue el estarcido en el dibujo de la gota de la pared 3, y b) Imágenes resultantes de los fragmentos recogidos.

5.2.4 Caracterización de los materiales que componen la pintura mural⁸⁹

De forma preliminar, se llevaron a cabo análisis *in situ* no destructivos para analizar los pigmentos de la pintura mural, no obstante, el gran deterioro de la superficie de las pinturas murales, así como la suciedad y presencia de sales, no permitieron obtener resultados satisfactorios con estos equipos móviles, de ahí la necesidad de planificar y recopilar micro muestras de las diferentes iconografías para su análisis en el laboratorio.

5.2.4.1 Pigmentos de la pintura mural

i. Pigmentos blancos

En relación con los pigmentos blancos se identificaron diferentes compuestos. En este sentido, en la zona 3.4, la copa blanca de la mujer central fue identificada por espectroscopia Raman como carbonato de plomo ($\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$, banda Raman a 1051 cm^{-1}) y sulfato de calcio dihidratado o yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, bandas Raman a 1007 cm^{-1}). Ambos son pigmentos blancos [8], sin embargo, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ también podría ser un compuesto del proceso de deterioro de la pintura mural debido a los gases atmosféricos SO_x [27,28]. Así mismo, en el área 3.5, $\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ se identificó este compuesto junto con sulfato de plomo (PbSO_4 , banda Raman a 976 cm^{-1}). Nuevamente, la presencia de sulfato de plomo también podría ser original, porque el sulfato de plomo se emplea como pigmento blanco [29] y como mezcla con el blanco de plomo [30], sin embargo, también podría ser un compuesto en descomposición, como en el caso del sulfato de calcio dihidratado, debido a la acción de los gases atmosféricos [31]. De todos modos, se identificaron compuestos a base de plomo en todas las muestras, por lo que el uso de estos compuestos como capa de preparación parece plausible.

Otro pigmento blanco identificado fue el sulfuro de zinc y el sulfato de bario ($\text{ZnS} \cdot \text{BaSO}_4$, bandas Raman identificadas en 459 , 617 y 986 cm^{-1}) también conocido como blanco litopón. Este pigmento blanco se encontró en la cornisa de coloración

⁸ Contribución mediante Póster en el Congreso Internacional Technoheritage 2017, con el título: *In-situ characterization of the paintings found in the galleries of Punta Begoña (Getxo) by Raman spectroscopy and x-ray fluorescence.*

⁹ Artículo con título: *Spectroscopic characterization of XX century mural paintings of Punta Begoña's galleries under conservation works: rewriting the history by means of analytical chemistry.* 24 págs. En proceso de revisión.

azul perimetral, área de muestreo 5, utilizado para reducir la tonalidad de este pigmento azul. Estos resultados moleculares coincidieron con los análisis XRF que identifican plomo y zinc en las muestras respectivas.

ii. Pigmentos negros

Únicamente se encontró pigmento negro en las iconografías, en el área de muestreo 1.1. Este negro, se identificó como negro de carbón (bandas Raman identificadas en 1342 y 1575 cm^{-1}). En las demás decoraciones solo aparece como pigmento empleado en el estarcido del dibujo.

iii. Pigmentos amarillos

El color amarillo es el color más frecuente en las pinturas, junto con el color rojo. Se puede encontrar en las coronas reales de las diferentes iconografías, así como mezclado con otros colores para crear nuevas tonalidades. Por un lado, en el área de muestreo 3.6, el análisis molecular de la espada identificó óxido de hierro ($\text{FeO}(\text{OH})\text{nH}_2\text{O}$, bandas Raman observadas a 294 , 394 y 544 cm^{-1}) conocido como limonita. Por otro lado, también se identificó cromato de plomo o cromo amarillo (PbCrO_4 , bandas Raman detectadas: 325 , 357 , 376 y 838 cm^{-1}). Llama la atención que este pigmento aparece principalmente en la pared 4 y en la cornisa perimetral. Se encontró mezclado con carbonato de calcio (CaCO_3 , banda de Raman a 1086 cm^{-1}), cuarzo (SiO_2 , banda de Raman a 464 cm^{-1}), sulfato de bario (BaSO_4 , banda de Raman a 987 cm^{-1}) y sulfato de calcio dihidratado. La presencia de este pigmento amarillo también se confirmó mediante análisis elemental en el que se identificó Cr en la capa pictórica junto con Ba y Ca.

iv. Pigmentos verdes

En el área de muestreo 1.1, el análisis óptico de esta muestra mostró principalmente la presencia de partículas amarillas y verdes. Esta mezcla indicó el uso de un pigmento verde mezclado con amarillo para obtener el tono requerido. De hecho, el análisis molecular del color verde de las hojas reveló cromato de plomo junto con óxido de cromo hidratado ($\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, banda Raman identificada a 479 cm^{-1}). Este pigmento podría ser el resultado de la oxidación del cromato de plomo por agentes oxidantes como: atmósferas agresivas, o los ligantes magros [32], sin embargo, parece viable su uso como pigmento mezclado con amarillo.

En el área 3.1, color verde intenso (copa del árbol), se identificó cromato de plomo mediante espectroscopia Raman, y en el análisis elemental, destacó la presencia de Cu. Por lo tanto, era probable la mezcla de color azul o verde con amarillo. Sin embargo, no fue posible identificar ningún otro pigmento. La identificación de Cu puede indicar el uso de algún pigmento verde o azul como el carbonato de cobre para lograr una coloración verde. Finalmente, los análisis moleculares del verde oscuro de las hojas (área de muestreo 4.1) permitieron identificar una mezcla de pigmentos: azul ultramar ($\text{Na}_8 (\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}) \text{S}_4$, banda principal Raman a 543 cm^{-1}) junto con cromato de plomo y sulfato de plomo.

v. Pigmentos rojos

Dos tipos de pigmento rojo dominan las pinturas murales de la habitación: sulfuro de mercurio y óxido de hierro. Ambos aparecen, por ejemplo, en los escudos de esquina (zona 1.2 y 3.5). En estas áreas el análisis molecular se identificó sulfuro de mercurio (HgS , bandas Raman identificadas en 251 y 358 cm^{-1}) junto con BaSO_4 y $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, pero el análisis elemental también identificó Fe, que puede indicar la mezcla de tierra roja o óxido de hierro mezclado con HgS [33,34]. Esta caracterización fue idéntica para los demás puntos de análisis. En algunos puntos fue posible observar también el uso de sulfuro de mercurio puro sin aporte de hierro (área 4.1), como se ve en la Figura 5.14, y, en el lado opuesto, óxido de hierro sin sulfuro de mercurio (área de 5 letras). Fue significativo el análisis molecular de los lobos (área 2.3 y 3.1), que permitió identificar el pigmento utilizado como óxido de hierro (Fe_2O_3), y el análisis elemental confirmó este resultado al observar Fe como el elemento mayoritario de la capa pictórica.

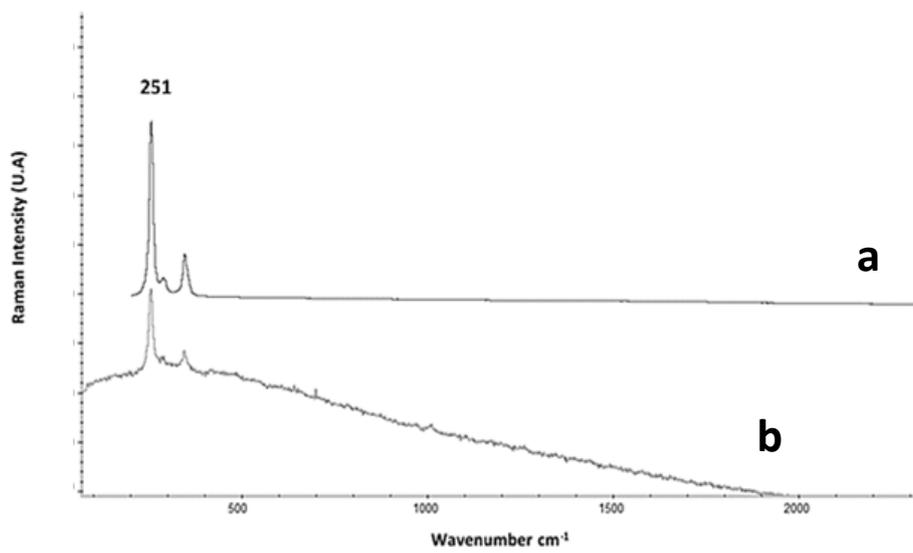


Figura 5.14. a) Espectro estándar de sulfuro de mercurio, y b) Espectro de la zona de muestreo 4.1.

vi. Pigmentos azules

El análisis molecular del pigmento azul del gorro del personaje falangista (área de muestreo 2.1) se identificó como azul ultramar (Fig.5.15) que también se utilizó para obtener el color verde. El análisis elemental confirmó la presencia de Al, Fe y Si en la capa externa, así como la presencia de Pb y Zn como posibles pigmentos blancos o capas de preparación.

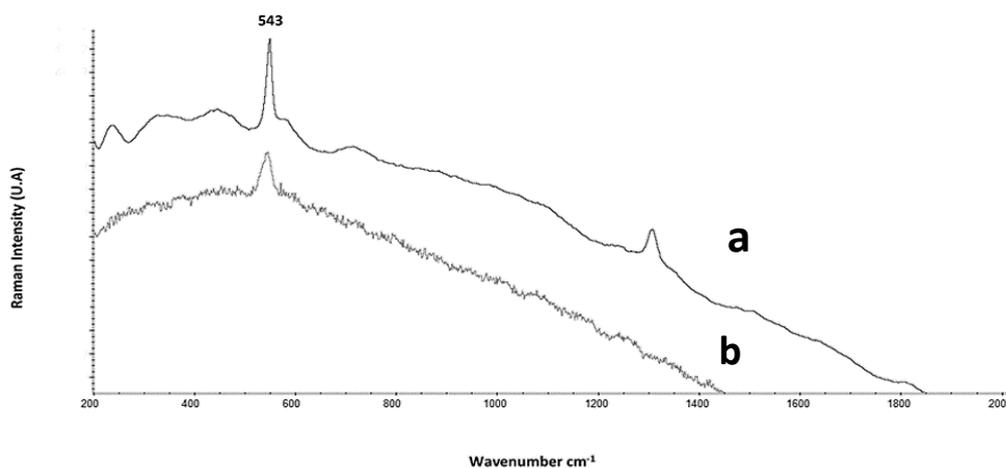


Figura.5.15. a) Espectro molecular estándar del azul ultramar, y b) Espectro molecular del azul ultramar identificado en la gorra del personaje falangista.

El azul vibrante que aparece en la ría de Bilbao (área 2.3), fue identificado mediante análisis molecular, como una mezcla de dos colores: azul ultramar y óxido de cromo hidratado. En cuanto a las piedras que componen el puente del escudo de Bilbao, se identificó una mezcla de los mismos pigmentos, sin embargo, la pigmentación de todas ellas fue escasa, sin que prevaleciera ninguna. Estos pigmentos se utilizaron en otras zonas de la pintura mural, por ejemplo, en la zona 3.3, en el vestido azul del personaje central. En este punto, el cromato de plomo y el azul ultramar se identificaron como pigmentos mixtos. La disposición de los granos de pigmento no indicó una mezcla homogénea (mezcla para generar una sola coloración), lo que probablemente indicaba el uso del amarillo para cambiar la tonalidad del azul en áreas específicas.

El análisis del área de muestreo 3.3, arrojó resultados diferentes del color azul. La muestra ubicada en el ojo de la mujer de la izquierda fue identificada como pigmento azul ultramar, presentando además un aspecto mucho más concentrado y puro que en el resto de la muestra. Este punto también incluía un pigmento sintético similar al azul de ftalocianina ($C_{32}H_{16}CuN_8$, bandas Raman: 1342 y 1528 cm^{-1}). Teniendo en cuenta la paleta utilizada, la identificación de este pigmento fue considerable, aunque la fecha de inicio del uso de estos pigmentos no descarta la posibilidad de que sea un pigmento original [34]. Además, el azul observado al microscopio es ligeramente diferente del otro pigmento azul ultramar. Sin embargo, puede ser que los aerosoles utilizados para realizar grafitis puedan ser los responsables de la identificación de este pigmento.

Finalmente, en la cornisa perimetral (área 5) se identificó hexacianoferrato férrico (III) ($Fe_4[Fe(CN)_6]_3$, bandas Raman identificadas: 2093 y 2153 cm^{-1}) junto con pigmento blanco de óxido de bario y zinc. Este pigmento también se conocía comúnmente como azul de Prusia. Además, Fe, Ba, Zn, Pb y S fueron identificados por XRF en la capa pictórica, lo que confirma el azul de Prusia mezclado con sulfuro de zinc y sulfato de bario, una mezcla para crear un tono menos saturado.

5.2.4.2 Pigmentos analizados: información histórica

Los pigmentos identificados en este trabajo se resumen en la Tabla 5.7, junto con información del periodo histórico en el que se empleaban. En general, hubo pigmentos

antiguos utilizados en la realización de las pinturas actuales, que no se daban en el ámbito artístico de la primera mitad del siglo XX, como el azul ultramar, el sulfuro de mercurio, el óxido de hierro y el negro de carbón. El azul ultramar natural era un pigmento común y precioso en la antigüedad hasta finales del siglo XVIII. Es estable a los agentes atmosféricos comunes, siendo muy adecuado para la pintura al temple [35,36]. En el caso del azul ultramar identificado en las galerías, no queda claro con estos análisis preliminares, si realmente es natural o sintético, ya que en el s.XIX, se descubre su sustituto artificial [33].

Por otro lado, el sulfuro de mercurio es un pigmento que se ha utilizado desde la época griega y romana. Tiene un alto poder cubriente, con excelentes cualidades de conservación, resistiendo numerosos agentes de degradación. Sin embargo, expuesto a la contaminación atmosférica con una alta concentración de sulfatos y/o cloruros, tiende a oscurecerse. Esto también ocurre si se expone a la luz directa, por lo que su uso no encaja bien con la ubicación de las galerías [32]. También señalar, como el pigmento amarillo de óxido de hierro y el negro de carbón, fueron pigmentos utilizados desde tiempos prehistóricos. El óxido de hierro, también llamado ocre, ha sido ampliamente utilizado en pinturas de iconos [33]. El uso del blanco de plomo es inusual para el momento histórico del salón, ya que se utilizó en la antigüedad y no en los tiempos modernos y fue reemplazado en el s.XIX por el blanco de zinc, siendo este, inofensivo para la salud, a diferencia del anterior [37].

Tabla 5.7. Resumen de los pigmentos identificados en los conjuntos iconográficos.

BLANCOS		
CARBONATO DE PLOMO	$2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$	EDAD MEDIA- s.XIX [38]
ZINC Y BARIO	$ZnS \cdot BaSO_4$	1874- PRESENTE [39]
NEGROS		
CARBÓN	C	PREHISTORIA- PRESENTE [38]
AMARILLOS		
CROMATO DE PLOMO	$PbCrO_4$	1818- PRESENTE [40]
ÓXIDO DE HIERRO	$FeO(OH) \cdot nH_2O$	PREHISTORIA- PRESENTE [39]
ROJOS		
SULFURO DE MERCURIO	HgS	MIDDLE AGES- s.XIX [38]
ÓXIDO DE HIERRO	Fe_2O_3	PREHISTORY- PRESENTE [39]
AZULES		
ULTRAMAR	$Na_8(Al_6Si_6O_{24})S_4$	s.XIX- PRESENTE [40]
PHTALOCIANINA	$C_{32}H_{16}CuN_8$	s.XX- PRESENTE [33]
AZUL DE PRUSIA	$Fe_4[Fe(CN)_6]_3$	1730- PRESENTE [40]
VERDES		
VIRIDIANO	$Cr_2O_3 \cdot 2H_2O$	1859- PRESENTE [32]

Por todo ello, el uso de estos pigmentos fue significativamente anómalo para la pintura mural de principios del siglo XX. Sin embargo, este hecho era bastante normal en la pintura franquista, debido a la tendencia de la estética del régimen al clasicismo que se da tanto en la arquitectura, como en las Bellas Artes, utilizando técnicas y materiales denominados “nobles” y ajenos a las vanguardias [41].

5.2.4.3 Estructura de las capas

En todas las muestras fue posible observar e identificar al menos seis capas subyacentes (Fig.5.16.a y b). En general, se visualizaron capas homogéneas en cuanto espesor y color. Comenzando con la capa más profunda, la primera observada (Fig.5.16.a.1) fue un mortero de 30 μ m. Mediante análisis elemental se pudo identificar calcio, estroncio, aluminio, hierro, azufre, potasio y zinc. Por espectroscopia molecular, fue posible identificar carbonato de calcio y sulfato de calcio dihidratado. Nuevamente, se hizo patente, cómo los compuestos originales del mortero se han visto

deteriorados por la movilización iónica debido a los gases ácidos atmosféricos, formando sulfato de calcio dihidratado [27,28]. Además, en el análisis elemental, se encontraron granos de silicio y partículas de hierro.

La segunda capa (de interior a exterior) observada, se apreció como una capa más fina que la primera, compuesta por los mismos elementos, pero mucho más estrecha (10 μm), a modo de *arricio*. Esta capa tenía un grano más fino, con menos impurezas y, por lo tanto, mayor contenido de Ca (ver Figura 5.16, distribución de Ca). La tercera capa, adherida al mortero, tenía 50 μm y coloración blanca. El análisis elemental mostró, principalmente, la presencia de Ba y Zn. En el análisis molecular se identificó sulfato de bario. Esta capa se correspondería, probablemente, con el uso del pigmento blanco, sulfuro de zinc y sulfato de bario. Estas tres primeras capas siempre se encuentran presentes en el conjunto de muestras analizadas del resto de paredes de la sala (pared 1, 2,3 y 4) y parecían ser una preparación homogénea para la posible pintura mural originaria.

En este sentido, la cuarta capa fue más delgada (variable según la muestra entre 10 y 25 μm), de color marrón, y fueron identificados Al y Si (Figura 5.16.c) como componentes principales. En cuanto al análisis molecular, las bandas Raman observadas a 416, 496, 621, 670, 1007 y 1136 cm^{-1} se identificaron como sulfato de calcio dihidratado. La identificación de este compuesto fue probablemente el resultado de las mediciones de las capas más cercanas, debido al grosor de dicha capa. Esta capa, está ubicada sobre una capa de preparación de bario y zinc, por lo tanto, se puede esperar que sea una capa pictórica subyacente (pintura mural original). Sin embargo, la composición cristalina de esta capa dificultó la obtención de resultados mediante espectroscopia Raman, por lo que se ha realizado un análisis XRD para analizar este compuesto en la muestra X1. Para ello, se realizó la separación de la capa por sección transversa. Gracias a este análisis, se identificó el clinocloro $((\text{Mg,Fe})_6(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8)$ rico en hierro. Este compuesto se relaciona con clinocloro ferroso [42], un clorito con exceso de hierro (Fig.5.17).

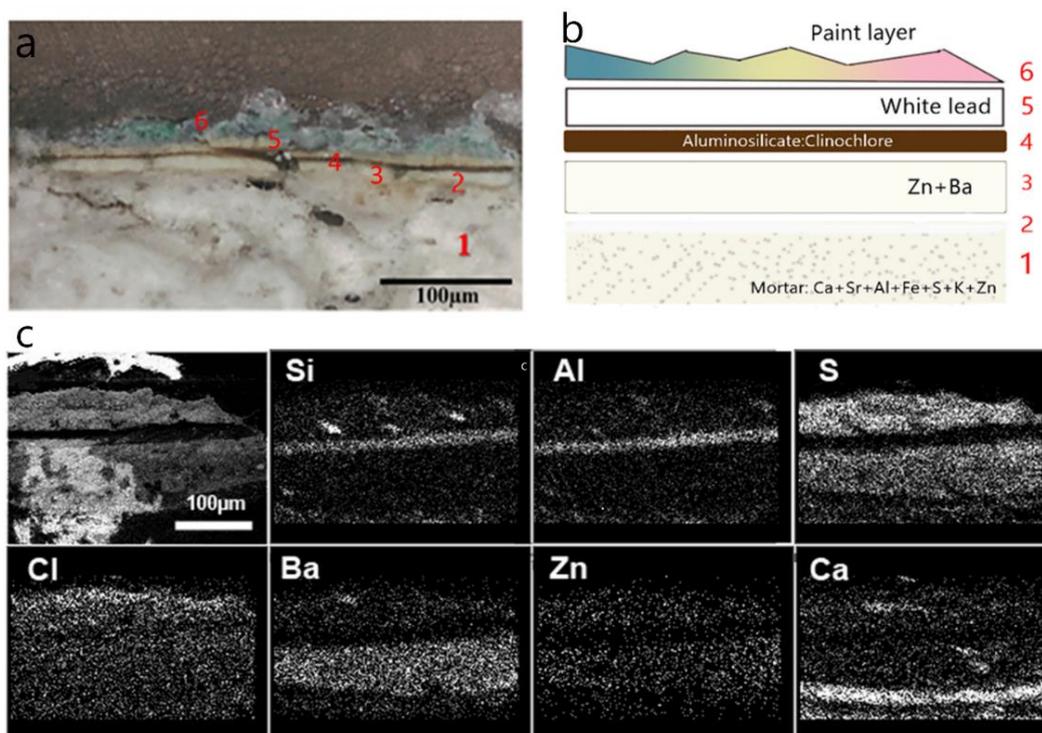


Figura 5.16. a) Composición de las capas generales en las pinturas murales: 1) mortero, 2) arricio 3) preparación de Zn + Ba, 4) aluminosilicato, 5) blanco de plomo y 6) pigmento. b) Ejemplo de análisis mediante SEM-EDS en el que se observan las diferentes capas debajo de la capa pictórica, y c) Distribución de los elementos a través de la sección transversal de la micro muestra.

El clinoclora es un mineral del grupo de las cloritas y su distribución a nivel mundial es amplia. En España aparece en Málaga [43]. Tiene un aspecto en sección delgada, que va, desde, transparente a translúcido y de verde hierba, verde oliva, amarillento, blanco; rosa, rojo rosa; hasta incoloro a verde pálido o amarillo [43,44]. El clinoclora se ha descrito como un compuesto implícito en algunos pigmentos utilizados en pinturas desde la antigüedad [45,46], o como capa preparatoria junto con otros materiales [47]. En el momento de la construcción de las galerías, esto podría estar relacionado con una capa de pintura de silicato que era común en el siglo XIX, para murales que se encontraban expuestos a agentes marinos y colocados en el exterior [48,49].

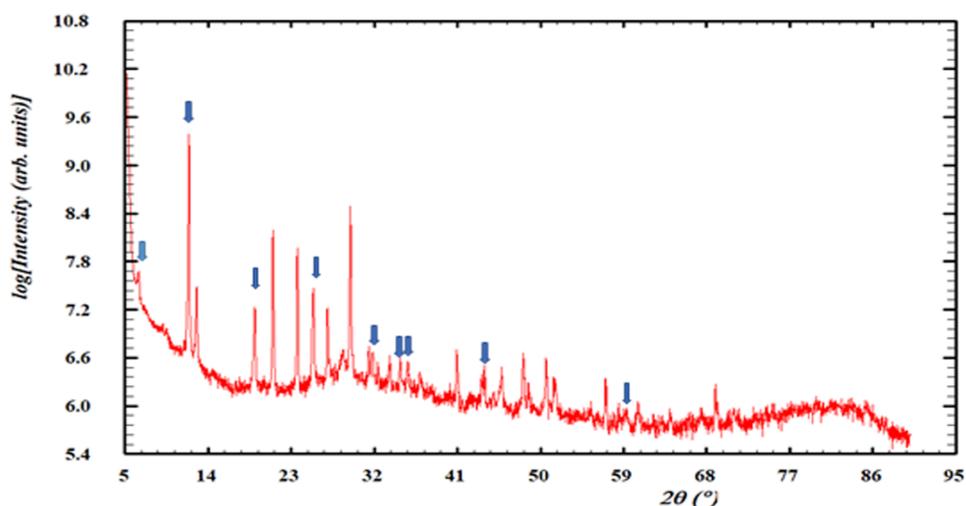


Figura 5.17. Diffractograma obtenido midiendo la capa 3. Se marcan los picos correspondientes al compuesto clinocloro.

Teniendo todo esto en cuenta, la elección de este pigmento como fondo en las galerías Punta Begoña, es adecuada, integrando así, materiales novedosos en ese momento acorde a la construcción del edificio, que fue uno de los más modernos del país [50]. Esta pintura mineral fue descubierta, patentada en 1878, y posteriormente comercializada, por Adolf Wilhelm Keim, siendo la primera industria en vender pintura de silicato. En el momento de la construcción de las galerías, estaba catalogada como la única empresa que comercializaba la pintura y, todavía hoy, está en funcionamiento [48]. Por tanto, el uso de esta pintura fue un ejemplo más de innovación en la búsqueda de materiales constructivos y decorativos por parte de Horacio Echevarrieta. Se esperaba, teniendo en cuenta la única documentación existente sobre las pinturas murales, la presencia de diferentes motivos y, por tanto, diferentes capas pictóricas originales. Sin embargo, no se han encontrado dibujos, no pudiéndose confirmar en las micro muestras la presencia del dibujo observado en el boceto inicial, inclusive, en las áreas muestreadas (PS1-PS7) con la proyección de este. En cualquier caso, esta capa se presentó en todas las muestras estudiadas, con diferente espesor, y pudo ser el fondo pictórico homogéneo original.

Este descubrimiento fue bastante confuso, porque teniendo en cuenta la riqueza arquitectónica del edificio, no se esperaba la falta de decoración en la pintura mural del salón principal de las galerías.

La quinta capa tenía aproximadamente 40 μm y estaba compuesta por carbonato de plomo ($\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$). Como en el caso de las muestras de pigmentos, el PbSO_4 también fue identificado por espectroscopia Raman. No fue posible saber exactamente el pigmento utilizado debido a la gran variedad de pigmentos blancos a base de plomo. En este sentido, el sulfato de plomo podría ser original pero también cabe la posibilidad de que fuera una reacción del carbonato de plomo por efecto de los gases ácidos atmosféricos, como se ha mencionado anteriormente. Se evidenciaron estos agentes de degradación, así como, el aerosol marino, ya que se observó la presencia de azufre y cloro en las capas más externas por SEM-EDS indicando la penetración de estos elementos en los materiales. Esta quinta capa podría ser la capa de preparación, con alta cobertura, como lo es el blanco de plomo, del régimen franquista para ocultar la pintura mural original.

Finalmente, la sexta capa estudiada es la que se observa en la actualidad. Su espesor oscila entre 10 y 20 μm dependiendo de la muestra. Esta capa no siempre estuvo presente, porque en algunas muestras se perdió casi por completo. Se pudo observar nuevamente, la presencia de pequeñas partículas de diferentes pigmentos esparcidas por las muestras y ajenas al color analizado, llegando a la conclusión del uso de técnicas de ejecución poco ortodoxas. Este hecho se acentuó más en la pared 4. Destacó, además, la presencia de partículas de carbono en la última capa pictórica, probablemente por el hollín generado por la chimenea y la propia contaminación atmosférica. En algunos puntos esta capa tenía un espesor considerable, aunque siempre por debajo de 10 μm .

5.2.4.4 Aglutinante

La caracterización del aglutinante resultó ser una identificación complicada por la falta de pintura en ciertas paredes. En primer lugar, se examinaron los espectros FTIR adquiridos *in situ*, sin embargo, no se pudo identificar. Por lo tanto, algunas micro muestras de la pared 4 fueron preparadas para su medición mediante pastillas y medidos por FTIR en el laboratorio.

El espectro obtenido, correspondió a la mezcla de 3 compuestos: sulfato cálcico dihidratado (bandas Raman observadas a 602, 669, 1118, 1145, 1620, 3404 y 3546 cm^{-1}), carbonato de plomo (1117 y 1622 cm^{-1}) y calcita (876 y 1426 cm^{-1}) (Fig.5.18.a). Estos compuestos coincidieron con los resultados anteriores, pero no se pudo determinar el aglutinante.

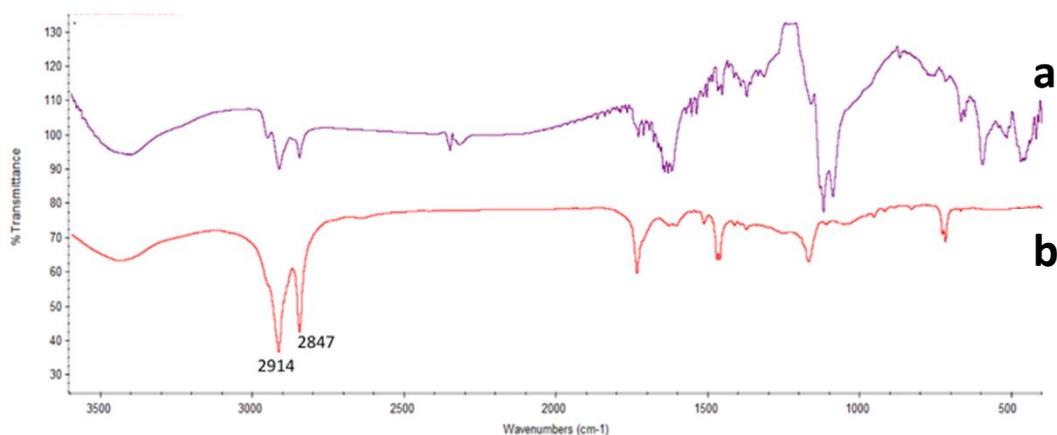


Figura 5.18. a) Espectros FTIR de la muestra y b) Espectro patrón de la cera de carnauba.

Por ello, se continuó con la metodología desarrollada en el grupo de investigación IBeA, con el fin de muestrear el aglutinante por extracción con disolventes, agua y diclorometano [19]. Gracias a esta nueva metodología, se pudo descartar el uso de aglutinantes a base de proteínas o polisacáridos, debido a la falta de señal en las muestras de agua extraídas. En cambio, en el caso del diclorometano, que disuelve aceites y ceras, fue posible identificar el aglutinante gracias a la observación de bandas de 2847 y 2914 cm^{-1} relacionadas con ceras. El aglutinante más probable en las galerías fue una cera de carnauba, debido a la presencia de sus bandas características en 719, 1171, 1736, 2847 y 2914 cm^{-1} (Fig.5.18.b). Este hallazgo, concuerda con el uso habitual de los materiales llamados “nobles” por los regímenes autoritarios, como el franquista, al evocar el imperialismo romano, con el tipo de técnica y materiales [41].

5.2.5 Evaluación del daño por sales solubles de los materiales soporte de la pintura mural del salón: morteros y ladrillos¹⁰

En el análisis de sales solubles se obtuvieron los resultados recogidos en las Tablas 5.8 y 5.9. En primer lugar, se quiso comprobar si los datos se podían tratar de manera conjunta, o si existían diferencias entre las muestras según el tipo de material (ladrillo y mortero).

En este sentido, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) con muestras de ladrillo y mortero, obteniendo un 87% de varianza explicada con 3 PCs. Como se puede observar en la Figura 5.19, las muestras se agruparon teniendo en cuenta dos factores: (1) el material y (2) la altura. Por tanto, quedó claro que ambos materiales no se ven afectados de la misma forma a pesar de estar muestreados en el mismo punto. Además, como es común en el análisis de sales solubles, la altura jugó un papel importante en la distribución de estas. Las diferencias parecían estar relacionadas con el tipo de sales solubles y el tipo de impacto. Como se puede observar en el PCA, el PC1 parecía estar más definido por los iones relacionados con los aerosoles marinos y el PC2 con un grupo de sales afectadas por gases ácidos atmosféricos como SO_x. Así pues, el ladrillo que hace de soporte se vio más afectado por aerosoles marinos, a pesar de estar en una parte interior del muro, y los morteros se vieron más afectados por gases ácidos atmosféricos. En el caso de la altura, el PCA indicó que, a cuanto más altura, menor es el impacto de las sales.

Por lo tanto, tras la realización y los resultados vistos en este PCA preliminar, se decidió hacer el análisis de las sales solubles analizadas por separado.

¹⁰ Artículo con título: *Simultaneous ionic chromatography and titration system for an integrative evaluation of soluble salt affection in cultural heritage: Punta Begoña's Galleries main hall*. 27 págs. En proceso de revisión.

Tabla 5.8. Resultados de las muestras de **mortero** expresados en mg/g. También se indica el porcentaje de peso total de sales (en rojo los valores considerados muy altos, y en naranja, altos), así como, el porcentaje individual de los iones controlado por las normas europeas (en rojo los valores considerados altos, y en naranja, medio). Se han eliminado los valores de fluoruro, bromuro, fosfato y litio porque más del 50% de las muestras estaban por debajo del LOD (*).

Muestra	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	C ₂ O ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	TOTAL	% Cl ⁻	% NO ₃ ⁻	% SO ₄ ²⁻
1M	9.3	7.6	13.4	1.6	0.3	5.6	0.3	1.0	0.8	9.1	0.3	1.9%	0.16	0.03	0.56
2M	8.5	4.6	22.0	9.5	1.1	21.6	0.3	7.0	3.1	14.1	0.3	5.7%	0.95	0.11	2.16
3M	7.7	*	25.0	2.0	0.3	46.3	1.4	0.8	0.4	25.7	0.4	7.6%	0.20	0.03	4.63
4M	9.2	7.1	14.1	3.4	2.5	37.5	0.1	4.3	3.2	17.1	0.4	6.8%	0.35	0.25	3.75
5M	8.9	6.1	14.4	1.4	0.2	20.8	0.7	0.4	0.3	14.8	0.3	3.8%	0.14	0.02	2.08
6M	8.7	6.7	26.7	2.5	0.3	12.3	0.9	3.0	3.0	13.0	0.3	3.4%	0.25	0.03	1.23
7M	9.1	5.7	16.0	1.5	0.2	23.5	0.8	0.8	0.5	15.6	0.3	4.2%	0.15	0.02	2.35
8M	7.7	*	13.6	0.4	*	38.0	0.3	0.4	0.2	17.7	0.2	5.7%	0.04	-	3.80
9M	8.5	3.2	17.5	2.9	0.5	58.2	1.4	1.3	0.4	28.8	0.3	9.2%	0.29	0.05	5.82
10M	8.4	3.0	17.6	2.4	0.7	41.0	0.5	1.5	0.7	21.1	0.3	6.8%	0.24	0.07	4.10

Tabla 5.9. Resultados de las muestras de **ladrillos** expresados en mg/g. También se indica el porcentaje de peso total en sales (en rojo los valores considerados muy altos, en naranja alto y, en azul, medio), así como, el porcentaje individual de los iones controlados por las normas europeas (en rojo los valores considerados alto, y en naranja, medio). Se han eliminado los valores de fluoruro, bromuro y litio porque más del 50% de las muestras estaban por debajo del LOD (*).

Muestra	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	C ₂ O ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	TOTAL	% Cl ⁻	% NO ₃ ⁻	% SO ₄ ²⁻
1B	8,5	4.1	18.7	0.7			3.8	0.2		0.5	8.6	0.2	1.4%	0.07		0.38
2B	6,2		5.8	20.2	4.0	0.04	22.0	0.1	13.7	5.3	4.7	0.4	7.0%	2.02	0.40	2.20
3B	8,0		27.7	0.5			1.7	0.2		0.3	8.5	0.2	1.1%	0.05		0.17
4B	7,0		8.5	11.3	6.1	0.03	14.4	0.1	5.9	2.4	6.4	0.5	4.7%	1.13	0.61	1.44
5B	8,9	6.3	18.2	1.2			7.0	0.5	0.4	0.3	11.2	0.3	2.0%	0.12		0.70
6B	9,2	6.5	11.6	1.4		0.03	2.3	0.1	1.0	0.9	6.8	0.3	1.3%	0.14		0.23
7B	8,9	4.8	14.7	0.6		0.04	9.9	0.6	0.2	0.3	10.5	0.2	2.2%	0.06		0.99
8B	6,5		6.7	10.5	6.6	0.05	15.4	0.04	7.7	2.1	5.0	0.5	4.8%	1.05	0.66	1.54
9B	6,4		6.3				3.2	0.1		0.1	1.3	0.2	0.5%			0.32
10B	9,0	4.9	14.8	7.7	2.2		5.3	0.1	3.5	0.7	10.0	0.2	3.0%	0.77	0.22	0.53

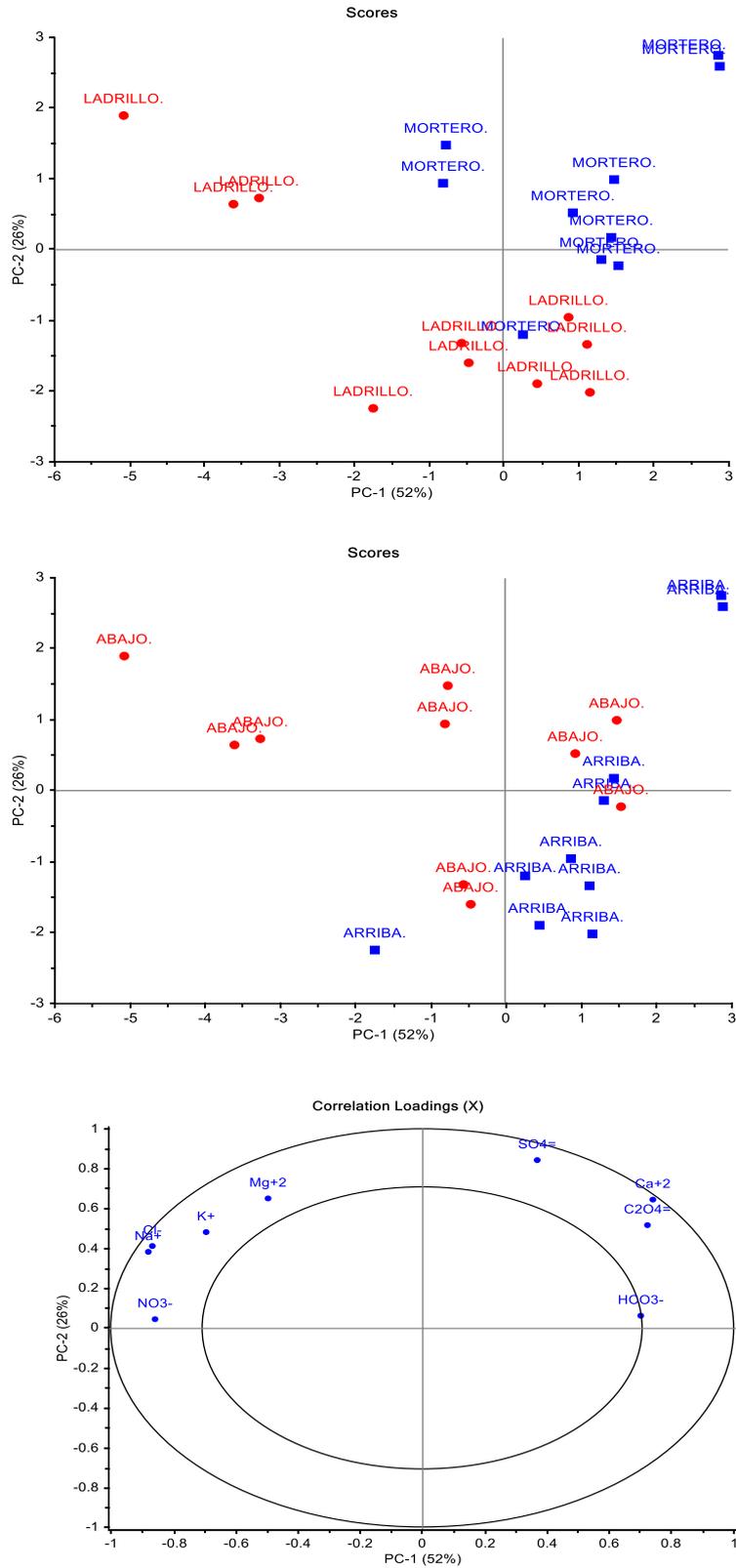


Figura 5.19. Análisis PCA en el que aparecen los resultados de muestras de ladrillo y mortero, donde es posible observar la agrupación por material y altura.

5.2.5.1 Morteros

La concentración de cloruro en las muestras de mortero fue bastante variable, desde 0,4 mg/g a 9,5 mg/g (Tabla.5.8). Esto se relacionó con el aerosol marino debido a la situación del edificio junto al mar. A pesar de ello, se pudieron observar diferencias entre muros, siendo las zonas más cercanas al ventanal, las más afectadas. Entre ellas, la pared 1 y, en menor medida, la pared 4 parecían ser las más afectadas por este agente. En el caso de la pared 1, podría deberse a que tiene sus dos lados expuestos (salón y 1ª crujía), lo que facilita la acumulación de cloruro. La pared 4 está también muy afectada por los aerosoles marinos y el viento, pero solo por un de sus lados. Por el contrario, las paredes 2 y 3, son las situadas más al interior y, por lo tanto, están más protegidas. Además, fue posible observar también diferencias dentro de cada pared. En el caso de la pared 1, el fondo pareció verse más afectado, como se ha observado en el análisis PCA, probablemente por la acción del agua de lluvia acumulada en el suelo, que promueve la acumulación de iones. Esto tiene sentido porque la parte más afectada del muro es la zona más expuesta a la lluvia, el agua y el viento. Teniendo en cuenta las concentraciones y el nivel de contaminación por cloruros, en comparación con la normativa europea [8] se comprobó que, solo la pared 1 tenía una concentración excesiva en la parte inferior del muro. El resto de las muestras tuvo concentraciones medias o bajas.

En el caso de los nitratos, solo una muestra estuvo por debajo del LOD. Las concentraciones también fueron variables (0,2 y 2,5 mg/g), pero no en un rango tan amplio como en el caso de los cloruros. En general, las muestras presentaron baja concentración de nitratos, por debajo de 0,7 mg/g, excepto dos muestras de la pared 1, siendo nuevamente la parte inferior de la pared, la más afectada.

La fuente de los nitratos podría ser la misma de los cloruros. Además, es necesario resaltar que las muestras 5M, 7M y 8M contaron con las concentraciones más bajas que, además, coinciden con el área que se ve afectada por las aguas de infiltración del jardín. Este efecto podría ser el resultado de un “efecto lavado” por el agua de infiltración.

En el caso del sulfato, los niveles de concentración fueron en general, muy altos, hasta 58,2 mg/g. En todos los casos, menos en dos muestras, la contaminación se

consideró muy alta con respecto a la normativa europea [8,51,52]. Además, la concentración era tan elevada que, a pesar de que, las concentraciones de otros aniones no eran muy elevadas, el contenido total de sales solubles del mortero se consideró muy alto (> 3% de sales) [6]. Las zonas más afectadas fueron el lado derecho de la pared 1 y la pared 4. El origen del sulfato está relacionado con la contaminación atmosférica que afecta a todo el edificio. La industria, el tráfico vial y marítimo generan dióxido de azufre (SO_2) que reacciona con el carbonato de calcio (CaCO_3), material compositivo de la pared, para promover el sulfato de calcio (CaSO_4) [53], principalmente. El ambiente de todo el salón es el mismo, por lo que no se esperó observar diferencias. Sin embargo, hubo algunos fenómenos a tener en cuenta que generan un impacto heterogéneo. Las muestras cercanas a las aguas de infiltración parecían tener concentraciones más altas. El agua de infiltración podría generar el lavado de los materiales, pero también mantener la humedad, aumentando la reactividad con los gases atmosféricos. Teniendo en cuenta que los sulfatos son menos solubles que los nitratos, se identificó una acumulación de sulfatos en estas áreas, y no, el lavado de estos. Los resultados indicaron también la acumulación de este anión en áreas afectadas por el agua de lluvia.

Finalmente, el oxalato no está controlado por la normativa europea como ion peligroso, pero promueve también la solubilización de los materiales, por lo que su estudio es importante y más, teniendo en cuenta que es un bioindicador. Por ello, a pesar de que las concentraciones obtenidas fueron bajas, fue bastante significativo, ya que indicó una afección general por microorganismos.

En cuanto a los cationes, como en el caso del oxalato, no existen límites establecidos ni niveles de degradación asociados. Además, su concentración generalmente se evita en el cálculo del contenido total de sales solubles. Sin embargo, estaban presentes en altas concentraciones, especialmente calcio, y la concentración total del catión fue notable. Las concentraciones de sodio y potasio fueron generalmente bajas. La distribución de estos fue similar al patrón de cloruros, lo que podría indicar un origen común, y teniendo en cuenta la composición de aerosoles marinos (NaCl y en bajas concentraciones, KCl), parece plausible esta teoría.

El calcio está relacionado con la composición original del material. No obstante, este catión no es muy soluble si el material se encuentra en buen estado de conservación. Así, estos resultados indicaron la disgregación de los materiales debido a la pérdida del cemento (CaCO_3), probablemente por la acción de los gases ácidos atmosféricos.

La interpretación de las concentraciones de magnesio no fue fácil, porque la concentración era baja y homogénea, por lo que su fuente podría ser la contribución normal del propio material original que podría no estar relacionado con un proceso de descomposición.

Por último, como se ha comentado, debido a la alta concentración de sulfato, la clasificación de todas las muestras teniendo en cuenta el contenido total de sales solubles, fue muy alta, a excepción de la muestra 1M que se consideró alta. Este nivel de contenido en sales solubles está relacionado con un mal estado de conservación, que indica que el mortero está seriamente dañado y necesita urgentemente una intervención [6].

Para el estudio del origen común de los iones se realizó un análisis de correlación. Los resultados se recogen en la Tabla 5.10 y los valores marcados son la correlación por encima del nivel significativo (R crítico = 0,549, Pearson, $n = 8$, nivel de confianza del 95%). La mayor correlación fue entre calcio y sulfato, lo que confirmó la hipótesis de formación de sulfato de calcio señalando a los gases ácidos atmosféricos como una de las afecciones más importantes para el mortero. De la misma forma, la alta correlación entre sodio y cloruro indica la formación de NaCl y en una correlación menor, KCl , debido al aerosol marino como se había propuesto anteriormente.

Destacan también las correlaciones negativas entre carbonato, sulfato y calcio, porque la formación de sulfato de calcio conlleva la desaparición del carbonato de calcio según la reacción [54]:



Esto confirmó la vía de descomposición para la formación de sulfatos a través del ataque de los gases ácidos atmosféricos a los materiales originales y no la simple acumulación de este anión en la red porosa del material.

Además, el análisis de correlación también proporcionó pistas sobre nuevas formaciones de sal que no se habían observado fácilmente en el análisis individual. Este fue el caso del nitrato de potasio y el nitrato de sodio. La correlación de oxalato y calcio podría indicar la formación de oxalato de calcio. Cabe destacar la correlación negativa entre el nitrato y el oxalato, porque ambos son indicadores de biodegradación, el oxalato más específico porque los nitratos podrían estar formados por los gases ácidos atmosféricos, aerosoles marinos, la descomposición de materia orgánica o la acción de microorganismos [55-58]. Por lo tanto, podría indicar que el origen de ambos fue diferente, indicando otras fuentes más probables que la afección del nitrato por microorganismos.

Tabla 5.10. Análisis de correlación de las muestras de mortero. Se expresa la correlación por encima de la R crítica para el 95% de confianza (0,549), amarillo el positivo y naranja los negativos.

	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	C ₂ O ₄ ⁼	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²
CO ₃ ⁼	1.00									
HCO ₃ ⁻	-0.17	1.00								
Cl ⁻	-0.24	0.36	1.00							
NO ₃ ⁻	0.13	-0.25	0.40	1.00						
SO ₄ ⁼	-0.73	0.00	-0.08	0.23	1.00					
C ₂ O ₄ ⁼	-0.44	0.51	-0.20	-0.56	0.46	1.00				
Na ⁺	0.00	0.33	0.93	0.63	-0.17	-0.38	1.00			
K ⁺	0.32	0.38	0.67	0.65	-0.32	-0.39	0.89	1.00		
Ca ⁺²	-0.79	0.19	-0.09	0.00	0.96	0.68	-0.24	-0.38	1.00	
Mg ⁺²	0.36	0.50	0.10	0.42	0.10	0.29	0.26	0.44	0.17	1.00

Por último, se realizó el PCA de las muestras de mortero, explicando con 3 PCs más del 85% de la varianza. Como se puede observar en la Figura 5.20, fue posible observar la agrupación de calcio y sulfato, junto con el oxalato. De la misma manera, también se agruparon los iones relacionados con el aerosol marino, y el nitrato parecía estar más relacionado con esta fuente que con las otras posibilidades. El magne-

sio, se relacionó con los valores positivos de PC2 junto con el bicarbonato, que sustentan la hipótesis de que su fuente podrían ser los materiales originales. Por lo tanto, este análisis de PCA confirmó las observaciones anteriores.

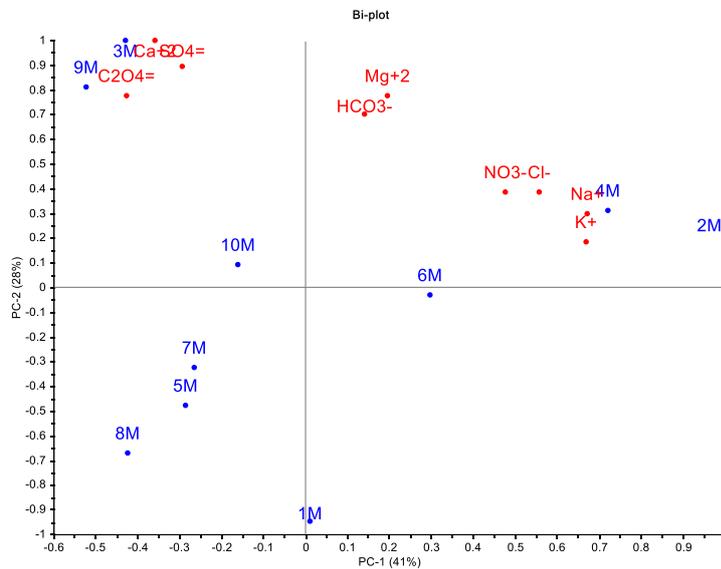


Figura 5.20. Bi-plot del análisis de sales solubles de morteros.

Respecto a las muestras, fue posible diferenciar tres grandes grupos: (2M, 4M, 6M) y (5M, 7M, 8M, 10M) y (3M, 9M). El primero podría estar más relacionado con el aerosol marino, y el tercero con la formación de sulfato de calcio. Estas últimas muestras están relacionadas con puntos de aguas de infiltración, por lo que esta observación encaja con la hipótesis de que la humedad generada por las aguas de infiltración facilita el ataque de los gases ácidos atmosféricos al ser efectos sinérgicos de descomposición. Las otras paredes también estuvieron expuestas al agua, principalmente por la acción de la lluvia, pero también al viento que favorece el secado de los materiales, mientras que las áreas de infiltración estuvieron más protegidas y los materiales permanecieron húmedos más tiempo.

5.2.5.2 Ladrillos

Los resultados de las muestras de ladrillos se recogen en la Tabla 5.9. Siguiendo el mismo análisis que en las muestras de mortero, se realizaron los análisis individuales de los resultados en primer lugar. En este sentido, las concentraciones de cloruros

volvieron a ser muy variables de 0,6 a 20,2 mg/g, pero superiores a las de las muestras de mortero, y siendo más acumuladas en las zonas bajas (muestras 2B, 4B, 8B y 10B). La acumulación de agua de lluvia en el suelo pareció ser el motivo de la mayor concentración en estas partes bajas del muro, movilizándose más las sales en las muestras de ladrillo que en los morteros. Además, el efecto observado en la pared 1 -mortero- también se observó en las muestras de ladrillos, sin embargo, quedó claro que el ladrillo era más susceptible al ataque de cloruros, a pesar de estar más protegido en el muro. Teniendo en cuenta la concentración y el nivel de riesgo asociado en la normativa europea [8], el ladrillo estaba por encima de los límites. La pared 1, fue la más expuesta al aerosol marino, tenía una alta concentración, pero también las paredes 2 y 3. En cambio, la pared 4 tiene una concentración media.

En el caso de los nitratos, solo cuatro muestras estuvieron por encima del límite de detección, sin embargo, las concentraciones fueron elevadas, entre 2.2 y 6.6 mg/g. Es notable como estas muestras, fueron las más afectadas por los cloruros, por lo tanto, la fuente de los nitratos podría ser el mismo origen del cloruro. Sin embargo, no fue posible descartar la contaminación atmosférica, sobre todo, teniendo en cuenta el impacto de los gases SO_x . En cuanto a los niveles de contaminación, las muestras 2B, 4B y 8B se consideraron con alta concentración y la 10B media.

Particularmente, las concentraciones de los sulfatos fueron elevadas, con valores de hasta 22,0 mg/g, pero significativamente menores que en las muestras de mortero. Solo las muestras 2B y 8B tuvieron una concentración alta, mientras que las muestras 4B, 5B, 7B, 8B y 10B tuvieron concentraciones medias. Las muestras 5B, 7B y 8B se encontraban en la zona del agua de infiltración, por lo que nuevamente parecía estar relacionada con la humedad generada por ellas, como se había mencionado anteriormente. Sin embargo, estuvo claro, que los morteros eran más vulnerables a los gases ácidos atmosféricos y los ladrillos al aerosol marino. Así, la información fue crucial para los trabajos de conservación porque el procedimiento de desalación no debería de ser el mismo para ambos materiales. En este sentido, la desalación de ladrillos parece requerir una limpieza de su red porosa, pero en los casos de mortero, el sulfato no se acumuló por deposición simple, sino que es consecuencia de la reacción de este, con los materiales originales, generando la pérdida de su cementante. Así, es crucial realizar la consolidación del mortero una vez realizada su desalinización.

En el caso del oxalato, también estuvo presente en muestras de ladrillo, pero en menor concentración que en morteros. De cualquier manera, su presencia indicó la biodegradación de los materiales.

Dejando de lado los aniones, los cationes de sodio y potasio tuvieron una esperada baja concentración para las cuatro muestras mencionadas anteriormente. Nuevamente, el patrón fue similar al del cloruro, y se relacionó con el aerosol marino. En el caso del calcio, las concentraciones fueron elevadas, y en las muestras de ladrillo fue más relevante que en los morteros, porque la solubilización del calcio es más difícil.

El óxido de calcio implícito en los ladrillos debe hidratarse para formar el hidróxido y luego ser atacado con gases ácidos atmosféricos [59]. Generalmente, se describe un primer paso de carbonatación por el gas ácido CO_2 atmosférico, seguido de la reacción con los otros gases para formar sulfatos y nitratos. Además, este paso de reacción con los gases SO_x y NO_x , implica la solubilización del carbonato y, por tanto, es necesario un entorno ácido [53]. Esto encajó con el patrón observado, diferente de los otros iones, y más relacionado con la concentración de carbonato, siendo el potasio y el sodio más relacionados con el sulfato en este material. En este caso, las concentraciones de calcio fueron más altas en la parte superior y sulfato en la parte inferior. Esto podría indicar diferente nivel de descomposición, siendo en la parte superior un primer paso de carbonatación de los materiales, y en la parte baja, debido a la presencia de otras sales, una reacción secundaria para formar sulfatos de otros cationes. De todos modos, aunque no se observa una alta concentración de sulfato, estos resultados indicaron la pérdida de la consolidación del ladrillo por la disolución de los óxidos originales. Por lo tanto, la relevancia de los análisis de cationes y carbonato/bicarbonato en la evaluación del estado de conservación del Patrimonio Construido fue crucial, aunque actualmente no está regulado en las normativas. Al igual que en los morteros, las concentraciones de magnesio eran bajas y homogéneas, por lo que su origen podría ser el aporte normal debido al material original.

Para finalizar con el análisis individual, la concentración total de sales solubles indicó una concentración muy alta de sales en las cuatro muestras mencionadas, en, sobre todo, en la parte baja de la pared que requiere una restauración urgente [6].

Además, el resto de las muestras, presentan una concentración alta o media de sales, indicando un daño global de los ladrillos.

Por otro lado, se realizó el análisis de correlación de las muestras de ladrillos. En la Tabla 5.11, es posible observar las correlaciones significativas. Al igual que en el mortero, las mayores correlaciones estuvieron relacionadas con el aerosol marino (cloruro, potasio y sodio), sin embargo, en este caso, los sulfatos también se relacionaron con este grupo. Esto podría deberse a la formación de sulfatos de potasio y sodio, como se ha mencionado anteriormente. Tal vez, como los ladrillos han estado más protegidos por el mortero y el mármol, la contaminación atmosférica no era tan evidente en la parte baja del muro, y la fuente de sulfato, en este caso, podría ser el agua de lluvia. Además, la falta de correlación entre calcio y sulfato fue relevante, porque generalmente indica la formación de sulfato de calcio. Por el contrario, el calcio se correlacionó con el bicarbonato, por lo que era posible que los ladrillos permanecieran en un primer punto de descomposición (carbonatación), probablemente, debido a la protección del mármol. Por eso, en la parte superior de la pared, en la que no estaba el mármol, la descomposición era más evidente.

Tabla 5.11. Análisis de correlación de las muestras de mortero. Se remarca la correlación por encima de la R crítica para el 95% de confianza (0.549), amarillo el positivo y naranja el negativo.

	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	C ₂ O ₄ ⁼	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²
CO ₃ ⁼	1.00									
HCO ₃ ⁻	-0.44	1.00								
Cl ⁻	-0.13	-0.75	1.00							
NO ₃ ⁻	-	-0.70	0.04	1.00						
SO ₄ ⁼	-0.21	-0.61	0.88	0.46	1.00					
C ₂ O ₄ ⁼	0.07	0.39	-0.56	0.01	-0.13	1.00				
Na ⁺	-0.37	-0.85	0.98	0.14	0.88	-0.64	1.00			
K ⁺	0.37	-0.57	0.95	0.15	0.89	-0.41	0.96	1.00		
Ca ⁺²	-0.18	0.69	-0.72	-0.71	-0.24	0.66	-0.79	-0.38	1.00	
Mg ⁺²	0.74	-0.55	0.73	0.90	0.80	-0.35	0.68	0.76	-0.33	1.00

Cabe destacar también la correlación negativa entre el bicarbonato y el resto de los iones, que podría indicar distintas fuentes, contaminación atmosférica por bicarbonato y aerosoles marinos para el resto. Igualmente se observa también una correlación negativa también entre oxalato y cloruro indicando diferentes fuentes, biodegradación para el oxalato, que se correlacionó con el calcio indicando el oxalato más común, el oxalato de calcio. Este compuesto no es soluble en agua, por lo que su presencia en el material probablemente fue superior a la observada.

Estos resultados mencionados fueron confirmados por el análisis de PCA que con 3PCs explica el 95% de la varianza. En la Figura 5.21 es posible observar el grupo claro de calcio y oxalato. Sin embargo, en este caso, el resto de los iones estuvieron muy cerca para llegar a otras conclusiones. Es reseñable, como el sulfato, no estaba tan agrupado con otros iones, lo que probablemente indica un origen mixto como se había propuesto anteriormente.

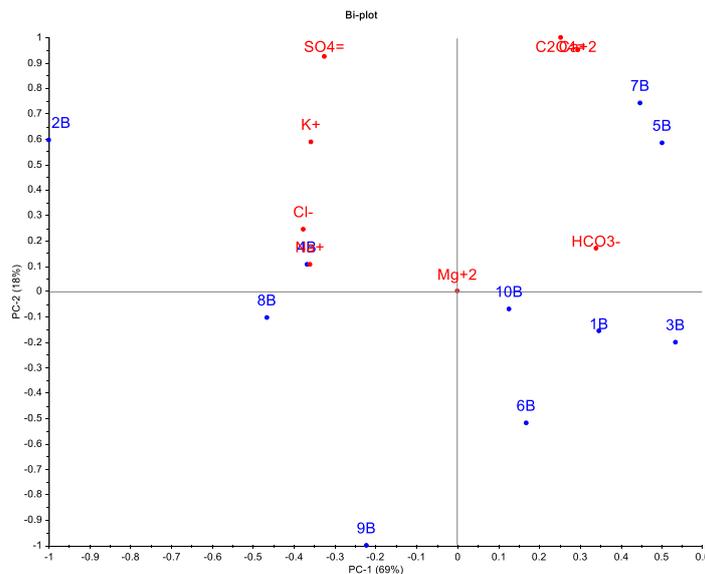


Figura 5.21. Bi-plot del análisis de sales solubles en los ladrillos.

En cuanto a las muestras, se crearon tres grupos: (2B, 4B, 8B), (7B, 5B) y (1B, 3B, 6B, 10B). El primero, relacionado con el aerosol marino y el segundo con las aguas de infiltración y la biodegradación, por lo que la fuente de la biodegradación podría ser la infiltración del agua del jardín ubicado en la parte superior del edificio.

5.3. Conclusiones del capítulo

Gracias a la metodología multianalítica llevada a cabo, y al trabajo transversal realizado, se han logrado llegar a importantes conclusiones acerca de los elementos analizados.

Respecto a las tintas de grafitis, aunque su caracterización fue complicada, permitió conocer algunos de los componentes de estos espráis, a pesar de no contar con información por parte de las empresas comercializadoras, sirvió para direccionar los protocolos de eliminación de grafitis con los productos más adecuados. Además, se hizo una importante ampliación de la base de datos sobre tintas, la cual quedó evidenciado en literatura que era fundamental.

Las medidas recogidas en la colorimetría demostraron que es imprescindible la protección frente al exterior del salón. Además, la limpieza de los mármoles de una forma periódica es esencial para evitar acumulaciones de contaminantes indeseadas, que pueden llegar a provocar, si se mantienen, graves daños en un soporte tan poroso como es el mármol. Sin embargo, se pudo observar cómo, no todas las zonas del salón requieren de una misma periodicidad en su mantenimiento.

En cuanto a los pigmentos identificados en las pinturas murales, estos, fueron inusuales para el período histórico en el que se utilizaron, ya que eran pigmentos en desuso por su toxicidad o, por su simple sustitución por pigmentos sintéticos modernos y más económicos. Práctica habitual en pinturas del régimen franquista. Además, la presencia de grandes cantidades de partículas, con diferentes granos de pigmentos, es generalizada en todas las muestras. Esto, podría deberse a dos situaciones: el artista o artistas tuvieron una mala praxis al limpiar los pinceles, y/o, se realizó la ejecución de las pinturas suma rapidez. Esta última hipótesis podría ser la más plausible si las pinturas responder a una ocupación en la Guerra Civil, y derivado de ello, la necesidad de decorar rápidamente el espacio por el bando franquista. Esto, explica el motivo de observar estas iconografías franquistas en un edificio de origen republicano.

En lo que se refiere a él aglutinante, este, se pudo identificar una cera, probablemente cera de carnauba a falta de evaluar las demás paredes del salón. Debido a la elección de este aglutinante y no otro, las pinturas murales de esta pared 4 han resistido mejor el paso del tiempo, dado que esta pared tiene un mayor aporte de agua.

De forma general, este ligante les confiere más luminosidad, por el efecto de la cera. Por el contrario, los craquelados en esta pintura son más patentes, debido la gran carga de este aglutinante que resulta denso, y que, al transcurrir el tiempo, termina por craquelar la capa gruesa de película pictórica. En cualquier caso, la elección de la cera coincide con la técnica artística del régimen franquista habitual.

También, el estudio de las capas identificó una pintura original que permanece debajo de la pintura mural actual. La pintura con clinocloro empleada, compuesto moderno para la época de construcción, concuerda con el contexto del edificio, repleto de materiales innovadores. Sin embargo, no es posible aún, encontrar una iconografía específica.

Por último, el análisis de sales solubles hizo patente la considerable afección que han recogido las paredes del salón. Por un lado, el mortero se vio significativamente afectado por a los gases ácidos atmosféricos. En el caso del ladrillo, el principal problema fue el agua de lluvia y el aerosol marino. En ambos casos es importante realizar una desalación previa, seguido de una consolidación del mortero y ladrillos (al menos los ubicados en la parte superior). Además, se ha observado la acción protectora del mármol en el caso de los ladrillos, pero no así, en el caso de los morteros, y el efecto sinérgico del agua de infiltración favorece el ataque de los gases ácidos atmosféricos. Esta infiltración de agua parece ser la responsable de la biodegradación que afecta a las paredes.

Todos estos resultados indican que es importante la correcta evaluación del estado de Conservación de un edificio para una comprensión global de los procesos que se están presentes y poder proponer así, las acciones conservativas adecuadas. En este sentido, la restauración de las pinturas actuales tiene poco sentido por su bajo valor artístico e ideología, pero su estudio ha permitido comprender mejor su ejecución, y, además de rellenar vacíos históricos debido a la falta de documentación.

Por todo ello, se ha recopilado información importante para establecer un protocolo de Restauración y Conservación, que podría proteger el patrimonio oculto. Sin embargo, el logro más importante de este trabajo fue ayudar a contextualizar la sala principal de estas galerías, y llenar el vacío observado en la documentación histórica, todo gracias a un procedimiento multianalítico y transversal. Y así poder cambiar la percepción histórica de este patrimonio, poniendo la ciencia al servicio de la historia.

5.4 Referencias

- [1] Zicarelli, S. S. (2013). Caracterización de pinturas murales, exteriores e interiores, en edificios de valor patrimonial. *Jornada de Técnicas de Reparación y Conservación del Patrimonio*, 11. <https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/341>
- [2] Bell, I. M., Clark, R. J., & Gibbs, P. J. (1997). Raman spectroscopic library of natural and synthetic pigments (pre- \approx 1850 AD). *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 53(12), 2159-2179. [https://doi.org/10.1016/S1386-1425\(97\)00140-6](https://doi.org/10.1016/S1386-1425(97)00140-6)
- [3] LU, R., Downs, R., Denton, M. B., & Rossman, G. (2005). Integrated database of Raman spectra, X-ray diffraction and chemistry data for minerals. In *Abstracts with Programs Geological Society of America* (Vol. 37, p. 350)..[http://minerals.gps.caltech.edu/Manuscripts/2005/2005 Lu-GSA p350.pdf](http://minerals.gps.caltech.edu/Manuscripts/2005/2005%20Lu-GSA%20p350.pdf)
- [4] Pérez-Alonso, M., Castro, K., & Madariaga, J. M. (2006). Vibrational spectroscopic techniques for the analysis of artefacts with historical, artistic and archaeological value. *Current Analytical Chemistry*, 2(1), 89-100. <https://doi.org/10.2174/157341106775197385>
- [5] Castro, K., Pérez-Alonso, M., Rodríguez-Laso, M. D., Fernández, L. A., & Madariaga, J. M. (2005). On-line FT-Raman and dispersive Raman spectra database of artists' materials (e-VISART database). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 382(2), 248–258. <https://doi.org/10.1007/s00216-005-3072-0>
- [6] Guerra, E. P. (2014). *Risanamento di murature umide e degradate: Sintomi e cause– Rimedi–Soluzioni progettuali*. Dario Flaccovio Editore.
- [7] Stefanis, N., Theoulakis, P., & Environment, C. P.-. (2009). Dry deposition effect of marine aerosol to the building stone of the medieval city of Rhodes, Greece. *Building and Environment*, 44(2), 260–270. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.03.001>
- [8] WTA 4-5-99: Evaluation of masonry, WTA-Merkblätter, (1999).
- [9] Madariaga Escudero, I. (2018). *Diseño de protocolos de actuación para la eliminación de materiales acumulados sobre las piezas cerámicas de las galerías Punta Begoña en Getxo*. [tesis doctoral, Universidad del País Vasco] Repositorio UPV/EHU, ADDI. <http://hdl.handle.net/10810/29423>

- [10] Magro, L. C. (2018). Reflectografía infrarroja para el examen y diagnóstico del Patrimonio Cultural. *MoleQla: revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, (30), 62-64. <https://www.academia.edu/download/59898833/Pags62-64MoleQla3020190630-774-kklgl4.pdf>
- [11] Matteini, M., Mazzeo, R., & Moles, A. (2017). *Chemistry for Restoration*. Florence: Nardini.
- [12] Tortora, M., Sfarra, S., Chiarini, M., Daniele, V., Taglieri, G., & Cerichelli, G. (2016). Non-destructive and micro-invasive testing techniques for characterizing materials, structures and restoration problems in mural paintings. *Applied Surface Science*, 387, 971-985. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.07.023>
- [13] Magon, P. M., & Del Lama, E. A. (2019). Material characterization, stratigraphy, textures, and painting techniques of the mural painting The Allegory of the Industrial Development of São Paulo by Fulvio Pennacchi. *Studies in Conservation*, 64(7), 387-396. <https://doi.org/10.1080/00393630.2018.1564502>
- [14] De Benedetto, G. E., Fico, D., Margapoti, E., Pennetta, A., Cassiano, A., & Minerva, B. (2013). The study of the mural painting in the 12th century monastery of Santa Maria delle Cerrate (Puglia-Italy): characterization of materials and techniques used. *Journal of Raman Spectroscopy*, 44(6), 899-904. <https://doi.org/10.1002/jrs.4298>
- [15] Sawczak, M., Kamińska, A., Rabczuk, G., Ferretti, M., Jendrzewski, R., & Śliwiński, G. (2009). Complementary use of the Raman and XRF techniques for non-destructive analysis of historical paint layers. *Applied surface science*, 255(10), 5542-5545. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2008.07.138>
- [16] Stanley Jr, W., & Mayer, J. W. (2006). *The science of paintings*. Springer Science & Business Media.
- [17] Gonzales Gil, P. (2016). Science and Art. The Painted Surface de Antonio Sgamellotti, Brunetto Giovanni Brunetti y Costanza Miliani (Editores). *Revista De Química*, 30(1-2), 29-30. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/15398>
- [18] Sotiropoulou, S., Papiakia, Z. E., & Vaccari, L. (2016). Micro FTIR imaging for the investigation of deteriorated organic binders in wall painting stratigraphies of different techniques and periods. *Microchemical Journal*, 124, 559-567. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2015.10.002>

- [19] Sarmiento, A., Pérez-Alonso, M., Olivares, M., Castro, K., Martínez-Arkarazo, I., Fernández, L. A., & Madariaga, J. M. (2011). Classification and identification of organic binding media in artworks by means of Fourier transform infrared spectroscopy and principal component analysis. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 399(10), 3601-3611. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-011-4677-0>.
- [20] Prieto-Taboada, N., & ... O. G.-L.-. (2012). Optimization of two methods based on ultrasound energy as alternative to European standards for soluble salts extraction from building materials. *Ultrasonics Sonochemistry*, 19(6), 1260–1265. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.03.002>
- [21] EN16455:2014: (2014). Conservation of cultural heritage - Extraction and determination of soluble salts in natural stone and related materials used in and from cultural heritage, European Committee for Standardization (CEN).
- [22] Ott, T. S. and J. (2015). *Paint & coatings industry*. Lead Chromate Replacement. <https://www.pcimag.com/articles/101063-lead-chromate-replacement>
- [23] Pandey, S. (2014). *A Deep Technical Insight On Arylide Yellow Organic Pigments*. <https://web.archive.org/web/20140224215715/http://www.hubshouts.com/2014/02/deep-technical-insight-arylide-yellow-organic-pigments/>
- [24] Eastaugh, N., Walsh, V., Chaplin, T., & Siddall, R. (2007). *Pigment compendium: a dictionary of historical pigments*. Routledge.
- [25] Schulte, F., Brzezinka, K. W., Lutzenberger, K., Stege, H., & Panne, U. (2008). Raman spectroscopy of synthetic organic pigments used in 20th century works of art. *Journal of Raman Spectroscopy: An International Journal for Original Work in all Aspects of Raman Spectroscopy, Including Higher Order Processes, and also Brillouin and Rayleigh Scattering*, 39(10), 1455-1463. <https://doi.org/10.1002/jrs.2021>
- [26] Ministerio de las Culturas, artes y el P. (n.d.). *Verde permanente*. Tesouro Arte y Arquitectura. <https://www.aatespanol.cl/terminos/300013489>
- [27] Maguregui, M., Knuutinen, U., Castro, K., & Madariaga, J. M. (2010). Raman spectroscopy as a tool to diagnose the impact and conservation state of Pompeian second and fourth style wall paintings exposed to diverse environments (House of Marcus Lucretius). *Journal of Raman Spectroscopy*, 41(11), 1400–1409. <https://doi.org/10.1002/jrs.2671>

- [28] Morillas, H., Maguregui, M., Gómez-Laserna, O., Trebolazabala, J., & Madariaga, J. M. (2012). Characterisation and diagnosis of the conservation state of cementitious materials exposed to the open air in XIX century lighthouses located on the coast of the Basque Country: “The case of Igueldo lighthouse, San Sebastian, North of Spain.” *Journal of Raman Spectroscopy*, 43(11), 1630–1636. <https://doi.org/10.1002/jrs.4130>
- [29] Miliani, C., Rosi, F., Daveri, A., & Brunetti, B. G. (2012). Reflection infrared spectroscopy for the non-invasive in situ study of artists’ pigments. *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, 106(2), 295–307. <https://doi.org/10.1007/s00339-011-6708-2>
- [30] Mendes, N., Lofrumento, C., Migliori, A., & Castellucci, E. M. (2008). Micro-Raman and particle-induced X-ray emission spectroscopy for the study of pigments and degradation products present in 17th century coloured maps. *Journal of Raman Spectroscopy: An International Journal for Original Work in all Aspects of Raman Spectroscopy, Including Higher Order Processes, and also Brillouin and Rayleigh Scattering*, 39(2), 289-294. <https://doi.org/10.1002/jrs.1892>
- [31] Smith, G. D., & Clark, R. J. (2002). The role of H₂S in pigment blackening. *Journal of Cultural Heritage*, 3(2), 101-105. [https://doi.org/10.1016/S1296-2074\(02\)01173-1](https://doi.org/10.1016/S1296-2074(02)01173-1)
- [32] Matteini, M., & Moles, A. (2001). *La química en la restauración*. Editorial Nerea.
- [33] Eastaugh, N., Walsh, V., Chaplin, T., & Siddall, R. (2007). *Pigment compendium: a dictionary of historical pigments*. Routledge.
- [34] Roy, A. (1993). Artists’ pigments. A handbook of their history and characteristics, 2. *National Gallery of Art, Washington, DC*.
- [35] P.Grall. (2011). *Saint Atelier André*. Pigmentos Azules. <http://www.atelier-st-andre.net/es/paginas/tecnica/colores/pages/bleus.html>
- [36] Lalli Galliano, C., Bosch Roig, M. D. P., Escriva Torres, V., & Bosch Reig, I. (2010). Reconocimiento de los componentes físicoquímicos de las pinturas murales romanas del santuario y termas de Edeta. Valencia. *Arché*, (4-5), 37-44. <http://hdl.handle.net/10251/30186>
- [37] Coccato, A., Moens, L., & Vandenabeele, P. (2017). On the stability of mediaeval inorganic pigments: a literature review of the effect of climate, material selection, biological activity, analysis and conservation treatments. *Heritage Science*, 5(1), 12. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40494-017-0125-6>

- [38] Álvarez Romero, C. (2012). Los pigmentos en la prehistoria: proyecto de experimentación térmica con óxidos e hidróxidos de hierro, *Boletín de Arqueología Experimental*, (9), pp. 25-42. <https://revistas.uam.es/arqexp/issue/view/567/348>
- [39] Moya, M. S. A., & Sancho, N. (2010). Alquimia: Pigmentos y colorantes históricos. In *Anales de la Real Sociedad Española de Química* (1), pp. 58-65. Real Sociedad Española de Química. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3184831.pdf>
- [40] Ministerio de Cultura, Educación y Deporte (2020). *Tesoros del Patrimonio Cultural de España*. Amarillo de Cromo. <http://tesoros.mecd.es/tesoros/materias/1181652.html#c-156121920>
- [41] Hernández, Á. L. (1992). *Arte e ideología en la España de la postguerra (1939-1951)*. [Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=14423>.
- [42] Gebremariam, K. F., Kvittingen, L., & Banica, F. G. (2016). Physico-Chemical Characterization of Pigments and Binders of Murals in a Church in Ethiopia. *Archaeometry*, 58(2), 271-283. <https://doi.org/10.1111/arcm.12163>.
- [43] *Database of minerals, rocks and meteorites*. Mindata. (2020). Clinocllore. <https://www.mindat.org/min-1070.html>
- [44] Martin, R. T., Bailey, S. W., Eberl, D. D., Fanning, D. S., Guggenheim, S., Kodama, H., ... & Wicks, F. J. (1991). Report of the clay minerals society nomenclature committee: revised classification of clay materials. *Clays and Clay Minerals*, 39(3), 333-335. <https://link.springer.com/article/10.1346/CCMN.1991.0390315>
- [45] Oliveira, C. J. S., Bettencourt, A., Gonçalves, L. M. B., Alves, M. I., Ribeiro, A. T., Barbosa, A., ... & Delerue-Matos, C. (2019). *A Multi-Analytical study of Rock Paintings from Leandro 5 Megalithic Barrow, North-Weastern Portugal*. <http://hdl.handle.net/1822/61932>
- [46] Sotiropoulou, S., Perdikatsis, V., Birtacha, K., Apostolaki, C., & Devetzi, A. (2012). Physicochemical characterization and provenance of colouring materials from Akrotiri-Thera in relation to their archaeological context and application. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 4(4), 263-275. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12520-012-0099-y.pdf>

- [47] Edreira, M. C., Feliu, M. J., Fernandez-Lorenzo, C., & Martín, J. (2003). Spectroscopic analysis of roman wall paintings from Casa del Mitreo in Emerita Augusta, Mérida, Spain. *Talanta*, 59(6), 1117-1139. [https://doi.org/10.1016/S0039-9140\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0039-9140(03)00020-1)
- [48] GMBH, K. (2020). *Keim pinturas*. Historia. <https://www.keim.com/es-es/empresa/historia/>
- [49] Doerner, M. (2001). *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Reverté.
- [50] Akuart. (2019). *Galerías Punta Begoña*. ¿Qué Son Las Galerías?. <https://puntabegona.getxo.eus/que-son-las-galerias/>
- [51] Ö NORM B 3355-1. (2006): Dehumidification of masonry - Structure diagnosis, planning principles, execution and monitoring, Österreichisches Normungsinstitut.
- [52] Ministère de la culture et de la communication (2003, julio). *Ouvrages en pierre de taille*. (2003). <http://www.nantesrenaissance.fr/wp-content/uploads/2011/12/taille-pierre-DAPA.pdf>
- [53] O. Gómez-Laserna, N. Prieto-Taboada, I. Ibarrodo, I. Martínez-Arkarazo, M.A. Olazabal, J.M. Madariaga.(2012). *Brick and Mortar Research*. Nova Science Publishers, 195-214.
- [54] Laserna, O. G., Taboada, N. P., Ibarrodo, I., Arkarazo, I. M., Dueñas, M. Á. O., & Mota, J. M. M. (2011). Raman spectroscopic characterization of brick and mortars: the advantages of the non-destructive and in situ analysis. *Brick and mortar research* (pp. 195-213).
- [55] Price, C. A., & Doehne, E. (2011). *Stone conservation: an overview of current research*. Getty publications.
- [56] Prieto-Taboada, N., De Vallejuelo, S. F. O., Veneranda, M., Marcaida, I., Morillas, H., Maguregui, M., ... & Madariaga, J. M. (2018). Study of the soluble salts formation in a recently restored house of Pompeii by in-situ Raman spectroscopy. *Scientific reports*, 8(1), 1-8. <https://www.nature.com/articles/s41598-018-19485-w>
- [57] Kakakhel, M. A., Wu, F., Gu, J. D., Feng, H., Shah, K., & Wang, W. (2019). Controlling biodeterioration of cultural heritage objects with biocides: A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 143, 104721. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2019.104721>
- [58] Sanchez-Moral, S., Luque, L., Cuezva, S., Soler, V., Benavente, D., Laiz, L., ... & Sáiz-Jiménez, C. (2005). Deterioration of building materials in Roman catacombs: the influence of

visitors. *Science of the Total Environment*, 349(1-3), 260-276. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.12.080>

[59] N. Prieto-Taboada, O. Gómez-Laserna, I. Ibarrodo, I. Martínez-Arkarazo, M.A. Olazabal, J. M. M. (2011). *Conference on Micro-Raman Spectroscopy and Luminescence Studies in the Earth and Planetary Sciences*. 66–67.



Capítulo 6

Metodología de la Conservación y Restauración del salón



Los criterios de Conservación y Restauración han evolucionado a la par que la sociedad, a veces, de una forma más lenta de lo deseado, y sin ser lo necesariamente específicos. Esto ha propiciado la *interpretación subjetiva* por parte de los profesionales especializados en Patrimonio. Son conocidas las restauraciones poco ortodoxas realizadas por personal no cualificado en este ámbito. Pero también existen casos similares, en los que arquitectos, historiadores y restauradores, han cometido intervenciones alejadas completamente de unos principios y criterios estipulados a nivel local, estatal y mundial (un ejemplo claro es el Anfiteatro de Sagunto, en Valencia, la muralla de Ávila, en Ávila o depósito Franco de Uribitarte, en Bilbao) [1]. Esta serie de actuaciones, debilitan la concepción social de la Conservación y Restauración de Bienes Culturales, a pesar de los esfuerzos realizados en multitud de proyectos en los que se llevan a cabo restauraciones competentes, regladas y objetivas con los criterios normativos de Conservación y Restauración. La difusión de las primeras ensombrece a las segundas, efectuadas mediante prácticas ortodoxas por parte de profesionales cualificados.

Actualmente, tanto el propio profesional de la Conservación y Restauración de Bienes Culturales, como la sociedad, cuando esta tiene una visión madura sobre su entorno y las expresiones artísticas, han ido ampliando los valores para la salvaguarda del Patrimonio y la preservación de su autenticidad. Por ello, se han establecido una serie de principios fundamentales de intervención, admitidos por la mayoría de los profesionales y de las Administraciones responsables de la tutela del Patrimonio, que inspiran y rigen las diferentes operaciones [2].

El seguimiento de estas directrices es un deber moral en cualquier intervención en el Patrimonio. Es por ello, que es necesaria la creación de una metodología basada en unos criterios *de* Conservación y Restauración actuales para llevar a cabo el proyecto que se presenta en esta tesis, una vez estudiados sus diferentes elementos. Plantear esta metodología, desde el comienzo, apoya las soluciones y medidas a tomar, y facilita el resto de las tareas que comprende el proyecto en sí. Para lo cual, es esencial que toda protección se base en la identificación previa de un conjunto de valores: de su propia realidad física, históricos, simbólicos, afectivos y en mayor medida inmateriales [3]. Este conjunto de valores no puede ser defendido desde una única vertiente, sino que es necesaria la complementación con otros campos del conocimiento, siendo, por tanto, necesaria la transdisciplinariedad en el proyecto.

A pesar de resultar beneficiosa, esta transdisciplinariedad, puede convertirse en un obstáculo para el desarrollo de esta metodología si, primaran los criterios de actuación individuales desde cada uno de los ámbitos de investigación que intervienen en él. Así pues, el desconocimiento de unos criterios de intervención para todos los trabajos en este tipo de Bienes Culturales puede ser nefasto para la Conservación y Restauración de estos. Es necesario poner a disposición de todos los grupos una metodología clara y específica para el proyecto. Además, toda intervención sobre los bienes patrimoniales debe basarse en criterios rigurosos que sean consecuentes con la metodología de actuación [3].

La diversidad de grupos dentro del proyecto hace necesaria la incorporación del flujo de la información y, por el contrario, la estanqueidad de estos conocimientos entorpece el resultado final. Aunque es un escenario ideal el que aquí se presenta, lo cierto, es que en muchos proyectos de restauración de Bienes Culturales se trabaja de “forma mono focal”. Aun así, aunque se trabaje la transdisciplinariedad, debe realizarse correctamente, ya que si no, como dice Almagro, A., en “*Metodología en la conservación del patrimonio arquitectónico medieval*”, ese escenario carece a menudo del rigor necesario al desarrollarse a partir de una realidad idealizada que sigue una metodología claramente mono disciplinar que conduce, inevitablemente, a una restauración sin claros objetivos, inútil e incluso dañina para el bien cultural” [3].

Tal y como se expresa en “*El monumento como un todo. El plan director de restauración*”, de Latorre, P.: es probable que, sin una dirección adecuada, cada especialista actúe individualmente estudiando los problemas que afectan exclusivamente a su disciplina, lo que generará una acumulación de datos y puntos de vista diferentes sin ninguna relación entre ellos que acabarán resultando inútiles por insuficientes, irrelevantes o imprecisos [4].

Desde otro ángulo, se constata la necesidad de tener en cuenta la notable parte política que este inmueble tiene. Y es que este conjunto histórico, en el pasado no tuvo el sesgo político actual, como se ha descrito en la parte introductoria de esta tesis, y se ha corroborado con los análisis realizados. Estos inicios desvinculados de una ideología política clara podrían ser perdurables en el tiempo, o eso cabe pensar. Es decir, que no interviniesen en la noción de este patrimonio, y en las restauraciones presentes, pero sería caer en un gran error, creer que el Patrimonio está disociado de

la evolución de la sociedad, de cambios político-económicos o inclusive, de su entorno. Por ello, sociedad, patrimonio y el paisaje es un todo indisociable.

En definitiva, la puesta en marcha de un Plan conjunto de Conservación y Restauración que englobe y tenga en cuenta todos estos aspectos, es imprescindible para continuar con la consecución del proyecto y de sus particularidades, tanto materiales como inmateriales. Este Plan debe ser consensuado y meditado por todos los grupos de investigación y expuesto en las mesas técnicas para tal efecto.

6.1 Criterios de Conservación y Restauración actuales

Las galerías Punta Begoña, fueron declaradas en el 2001, Conjunto Monumental del Área Singularizada de Getxo (según DECRETO 89/2001, de 22 de mayo. BOPV 05/06/2001) [5], que dentro de las protecciones municipales alberga la protección de más alto nivel. Además, están insertadas en el Registro e Inventario creados por la Ley 7/1990, de 3 de Julio de Patrimonio Cultural Vasco [6]. Son registradas en la categoría E.2¹¹ de protección especial.

Sin embargo, aunque las galerías cuentan con esta protección desde la que ha sido posible generar el macroproyecto aquí presentado, no se ha hecho aún patente la inclusión de un plan específico para su Conservación y Restauración. Los estudios y esfuerzos realizados en una primera etapa (trienio 2014-2019), han estado destinados a la recopilación de información, análisis y documentación desde las diferentes disciplinas. Se propone, por tanto, en esta segunda etapa (trienio 2019-2021) la creación de un Plan Director de Conservación y Restauración de las galerías Punta Begoña, en el que se deben recogerse actuaciones e intervenciones para todos los espacios que componen el conjunto monumental.

Por ello, la planificación de una actuación en este espacio es primordial. El proyecto de intervención debe ceñirse, en todo momento, a las disposiciones legales

¹¹ *Son bienes culturales de protección especial aquellos inmuebles, muebles e inmateriales más sobresalientes de la Comunidad Autónoma Vasca (CAPV) que reúnan alguno de los valores culturales: todos aquellos bienes culturales inmuebles, muebles e inmateriales que ostenten un valor artístico, histórico, arqueológico, paleontológico, etnológico, antropológico, lingüístico, científico, industrial, paisajístico, arquitectónico o de cualquier otra naturaleza cultural que merezcan ser considerados de interés para su reconocimiento y transmisión intergeneracional.*

en materia de Patrimonio Cultural que se aplican en territorio español a través de la Ley 16/1985 de Patrimonio Histórico Español [7] y su Real Decreto de desarrollo 111/1986. Del mismo modo, dichos criterios deberán estar sujetos a las tendencias actuales y recomendaciones de los organismos internacionales en materia de patrimonio, destacando las siguientes directrices y recomendaciones: Carta 1987 de la Conservación y Restauración de los Objetos de Arte y Cultura (“Nueva Carta Italiana del Restauo”) [8]; Carta de Cracovia de 2000 [9]; Directrices profesionales de E.C.C.O: La profesión y su código ético, 2002, 2003 y 2004 [10]; Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS) Principios para la Preservación, Conservación y Restauración de Pinturas Murales-2003 [11]. También, deben tenerse en cuenta las informaciones ofrecidas por las entidades como el ICOMOS, La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), y a nivel nacional, organismos como el Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE), el Grupo Español de Conservación (Ge-IIC) [12].

El Plan Director sirve como documento para recoger todo los datos que fueran necesarios para el proyecto, contando con patrimonio tangible como el intangible [13]. Este debe partir desde un planteamiento multidisciplinar, integrando las especialidades que fueran necesarias para abordar el proyecto. Pero debe existir la figura de un responsable que dirija y guie a estos grupos hacia un resultado óptimo y enfocado. A este respecto, la norma habitual en estos planes es la proposición de un arquitecto superior para coordinar la labor de los técnicos e investigadores. Esta decisión en sí es precisa, pero podemos encontrar, en numerosas ocasiones, inexperiencia del titulado en ciertos campos, que, aunque ajenos, van ligados intrínsecamente a la arquitectura. Estas restauraciones de conjuntos históricos necesitan una figura tal, pero podría estipularse y añadirse un “segundo de abordó” el cual ejerciera una labor de consejo para ciertos ámbitos que, a un arquitecto no versado en Conservación y Restauración de Bienes, se le escaparían. Esta figura podría guiar a los diferentes grupos siempre bajo una visión y perspectiva de Conservación por encima de otros intereses.

Este Plan contará con una serie de criterios base, que se especificaran y amoldaran a las características del proyecto en cuestión. Estos criterios básicos son:

- Actuar mediante el criterio de mínima intervención, abogando por la conservación con actuaciones como la consolidación y estabilización, y no la restauración en sí.
- Utilizar de productos afines a los materiales compositivos de las galerías, reversibles y perdurables en el tiempo. Anteponiendo el uso de materiales tradicionales.
- Ser sostenible, por medio del empleo de productos de baja toxicidad y, a ser posible, ecológicos.
- Priorizar el empleo de técnicas analíticas no destructivas.
- Discernir los materiales añadidos en las posibles restauraciones.
- Respetar su autenticidad, sus valores históricos, sociales, artísticos y estéticos del patrimonio, así como, su estructura original, sus volúmenes, espacios y funciones de este.

Además, de estas premisas, particularmente, compondrán el Plan dos soluciones de actuación diferenciados: por un lado, la Conservación, y por otro, la Restauración. Hay que considerar la Conservación como primera opción dentro del Plan Director, puesto que ahorrará esfuerzos económicos al propio proyecto, y por ende a las Instituciones y Administraciones públicas que en él se involucran.

6.1.1 Conservación

El ICCOM estipula la siguiente definición de lo que es Conservación: son todas aquellas medidas o acciones que tengan como objetivo la salvaguarda del Patrimonio Cultural tangible, asegurando su accesibilidad a generaciones presentes y futuras. Además, añade que la Conservación comprende la Conservación Preventiva, la Conservación curativa y la Restauración. Todas estas medidas y acciones deberán respetar el significado y las propiedades físicas del bien cultural en cuestión [14].

Además, se recoge en la resolución de Vaanta del año 2000, como los componentes físicos y tangibles del Patrimonio se ven amenazados por los demolidores estragos de las guerras y las catástrofes naturales o por los efectos, más silenciosos, de la contaminación, los insectos, las condiciones meteorológicas o los actos aislados de vandalismo. La conservación preventiva reduce estos riesgos y aminora el ritmo

de deterioro de colecciones enteras y, por ello, es pieza fundamental de toda estrategia de conservación y un medio eficaz y económico de preservar la integridad del Patrimonio Cultural, reduciendo la necesidad de una intervención adicional sobre los objetos por separado [15].

6.1.2 Conservación Preventiva

Tal y como se recoge en el documento del ICCOM: se considera Conservación Preventiva a todas aquellas medidas y acciones que tengan como objetivo evitar o minimizar futuros deterioros o pérdidas. Se realizan sobre el contexto o el área circundante al bien, o más frecuentemente un grupo de bienes, sin tener en cuenta su edad o condición. Estas medidas y acciones son indirectas, no interfieren con los materiales y las estructuras de los bienes y no modifican su apariencia [14].

En España, las competencias en materia de Patrimonio Histórico y Cultural están transferidas a los gobiernos autonómicos [16]. En cuanto a la Comunidad Autónoma Vasca, que es la que compete a las galerías, no recoge como tal un plan específico para, por ejemplo, el apartado de Conservación Preventiva. Si bien, existen subapartados, en la Ley 6/2019 de 9 de mayo, de Patrimonio Cultural Vasco, los que, de forma somera, tratan la salvaguarda futura del mismo. Es gracias a directrices nacionales e internacionales, como el IPCE, por las cuales los proyectos de Patrimonio Construido pueden guiarse para estipular una Conservación Preventiva. Esta institución, establece que, un plan de Conservación Preventiva pasa por la ejecución de cuatro fases [17], ver Figura 6.1.

Según el manual “Buenas prácticas para la conservación de patrimonio” [16], se pueden añadir otros tres puntos para proceder con una conservación *ad hoc*:

- Establecer prioridades dentro de la estrategia de Conservación Preventiva basadas en estudios realizados.
- Utilizar un análisis de impacto económico y social para justificar la puesta en marcha de la conservación preventiva.
- Además, se debe Establecer directrices y métodos para las actividades de Conservación Preventiva, incluyendo la creación de planes y equipos para situaciones de emergencia.

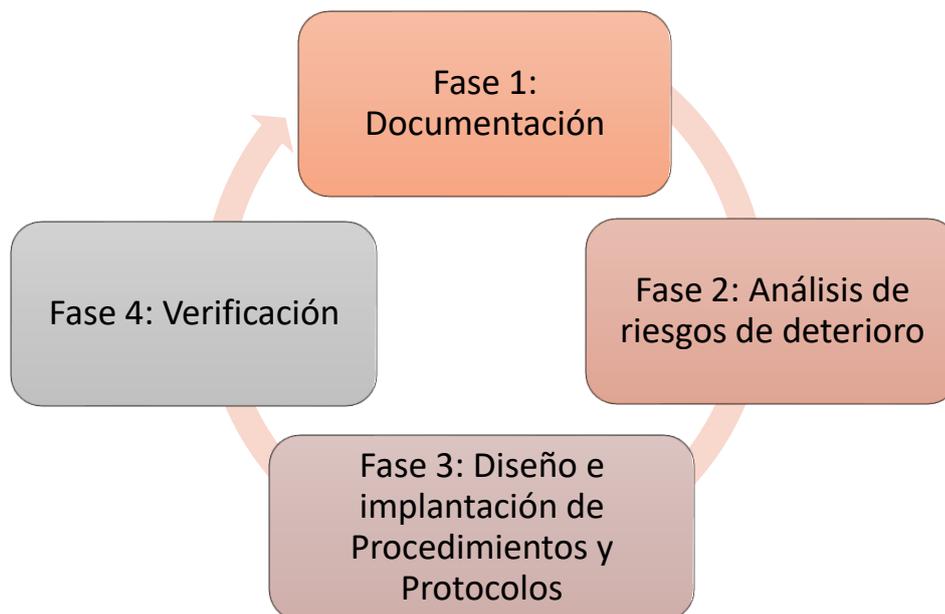


Figura 6.1. Fases dentro de un Plan de Conservación Preventiva. Adaptado de Cirujano Gutiérrez, C., Laguna Paúl, T., & García Pérez, Ángel L. (2011). El mantenimiento de los bienes culturales como garantía para su conservación. Ge-Conservación, 21-33. <https://doi.org/10.37558/gec.v0i0.61>

La implantación de un Plan de Conservación Preventiva, además de conllevar ventajas desde los ámbitos tratados en esta tesis, trae consigo un aprovechamiento de los recursos empleados por las instituciones y organismos encargados de su preservación [18]. No constituye el mismo gasto permitir que un patrimonio se deje a su suerte y, posteriormente, realizar una restauración, que llevar a cabo una prevención de riesgos que reduzcan las restauraciones costosas. La inversión económica difiere mucho cuando se tiene que abordar una restauración de grandes dimensiones cuando la conservación no ha sido la idónea.

Así, en el libro de “El mantenimiento de los bienes culturales como garantía para su conservación” de Cirujano Gutiérrez, C., se explica, cómo las labores de prevención, a partir del control y mantenimiento periódico de los edificios, exigen revisar, no solo el estado de los elementos estructurales y funcionales, sino también, el estado de

conservación de los materiales, para detectar la aparición de nuevos daños y así, efectuar intervenciones mínimas que permitan conservar todos los elementos en perfectas condiciones. Solo así se evitará llegar a una situación en la que las soluciones deban ser más drásticas [18].

6.1.3 Nuevos usos y la Conservación del Patrimonio

Desde los primeros años del s. XX, la sociedad a través de los profesionales y expertos en materia, en primer lugar, y de las Administraciones responsables de la Conservación del patrimonio, en segundo, se ha venido planteando la conveniencia y utilidad de la conservación del Patrimonio Arquitectónico y la forma de llevarlo a cabo [2]. Así lo refleja Agustín Azkárate en “El patrimonio arquitectónico”: *“Hoy en día los edificios, como las personas, aumentan su longevidad y se produce cada vez con más frecuencia, y sobre todo, en el patrimonio contemporáneo, un proceso de dobles vidas, en las que la construcción original se destina a usos totalmente diferentes de los que tenía en su origen. El patrimonio documental y el estudio y valoración del edificio puede legitimar o deslegitimar esa intervención”* [19].

Existen patrimonios reutilizados dentro de nuestro entorno próximo, como son los anfiteatros, casas privadas de personajes históricos, antiguas construcciones industriales, etc. Son innumerables los casos en que la única vía de salvaguarda de estos bienes ha sido la reconversión en nuevos espacios públicos. La situación sociopolítica y económica, ha facilitado estas actuaciones, que dependiendo la época en la que se realizaron, fueron más o menos acertadas.

Las nuevas funciones del espacio, de igual manera, tienen que estar reguladas y mantener la esencia del patrimonio, con sus características principales [2].

6.1.4 Restauración

En cuanto a la restauración, el ICCOM la define como: *“aquella tarea que engloba las acciones, aplicadas de manera directa, a un bien individual y estable, que tengan como objetivo facilitar su apreciación, comprensión y uso. Estas acciones sólo se realizan cuando el bien ha perdido una parte de su significado o función, a través*

de una alteración o un deterioro pasados. Se basan en el respeto del material original. En la mayoría de los casos, estas acciones modifican el aspecto del bien” [14].

En la restauración de bienes inmuebles, se siguen, actualmente, las directrices descritas en el comienzo de este capítulo 6.1.

Además de estas pautas, y en particular, en la restauración de Punta Begoña, se puede añadir el siguiente escrito en la normativa del Patrimonio Cultural del Gobierno Vasco [20]:

- Las intervenciones respetarán los añadidos de todas las épocas que perviven en el bien y que proporcionan información sobre la evolución del mismo. Así mismo, se procurará retirar los añadidos degradantes de los bienes protegidos.
- Que en su reposición se utilicen elementos originales o, si ello no fuera posible, compatibles, debiendo, en este último caso, ser discernibles de los originales.

Se deben incluir, las revisiones periódicas de las restauraciones efectuadas en dicho salón, para comprobar el buen funcionamiento de las medidas adoptadas y valorar los posibles retoques que hubieran de ser necesarios.

6.2 Restauración vs Memoria Histórica. Criterios de restauración en patrimonio franquista

Es frecuente a nivel mundial, observar cómo los regímenes autoritarios, han procurado seguir permaneciendo en nuestros paisajes, y más en concreto en arquitecturas, con símbolos externos, los cuales perduran y se visualizan por las generaciones venideras [21].

En el panorama actual, existen escudos, placas y calles, que se van retirando de forma paulatina dentro del territorio español [22]. A este respecto, Muñoz. A, en “Arquitectura y memoria. El patrimonio arquitectónico y la Ley de Memoria Histórica” pone de manifiesto como estos símbolos utilizados durante la Dictadura en edificios oficiales y espacios urbanos constituyen un recordatorio de ese momento, además de hacer una labor continua propagandística de esos valores, los cuales siguen presentes poniendo de manifiesto los ideales con los que se hicieron [23].

Las galerías Punta Begoña, como patrimonio, vinculan nuestro pasado como comunidad, con el presente y futuro de esta [24]. Es importante, por lo tanto, la difusión de la historia de este conjunto patrimonial, y educar en nuevas perspectivas sobre Punta Begoña. La reflexión de Fraile, J.G. en su artículo apoya esta visión: *“el patrimonio es una herramienta que nos permite reflexionar sobre el camino que hemos recorrido y, por tanto, poder avanzar y tomar decisiones consecuentes para el futuro”* [25].

Es la Ley de Memoria Histórica, Ley 52/2007, de 26 de diciembre, por la que se reconocen y amplían derechos y se establecen medidas a favor de quienes padecieron persecución o violencia durante la guerra civil y la dictadura, la que rige en cuestión de conflicto acerca de un patrimonio, o un elemento perteneciente a este, que vaya en contra de la memoria de los que fueron represaliados.

Dentro de esta Ley, se describe en el artículo 15, “Símbolos y monumentos públicos”, lo siguiente:

- **“Las Administraciones públicas**, en el ejercicio de sus competencias, tomarán las medidas oportunas para la retirada de escudos, insignias, placas y otros objetos o menciones conmemorativas de exaltación, personal o colectiva, de la sublevación militar, de la Guerra Civil y de la represión de la Dictadura”.

“Se creará una comisión, para el estudio de los casos, que determinará las medidas y actuación a tomar frente a cada uno de ellos”.

Además, se exceptúan (...) aquellos símbolos que se encuentren en un bien calificado como Bien de Interés Cultural siempre que se den los siguientes supuestos:

- **“Significado histórico:** sólo se conservarán aquellos símbolos con significado histórico y arquitectónico y que estuvieran previstos en el proyecto original de construcción del inmueble, siempre y cuando estén incluidos en la propia declaración de Bien de Interés Cultural”.
- **“Valor artístico o artístico-religioso:** se conservarán aquellos símbolos con alto valor artístico o artístico-religioso y que formen parte del Bien de Interés Cultural y así haya sido reconocido en su declaración”.

Del mismo modo, a nivel autonómico, se crea Gogora, Instituto de la Memoria, la Convivencia y los Derechos Humanos, creado en Euskadi para, según este organismo, preservar y transmitir la memoria de las experiencias traumáticas marcadas por la violencia durante los últimos cien años [26]. Además, manifiesta como el objetivo perseguido por estos programas autonómicos es poner en marcha líneas de actuación en sus territorios y también (no pocas veces, sobre todo) cubrir, al menos parcialmente, algunas de las insuficiencias más destacadas de las normas y programas desarrollados a nivel estatal [27]. Gogora ha creado un Anteproyecto de Ley de Memoria Histórica y Democrática de Euskadi [28], que en el capítulo VII, en su artículo 24: Elementos contrarios a la Memoria Histórica de Euskadi, expresa lo siguiente:

“A efectos de lo dispuesto en el apartado anterior, se entiende por exhibición pública la presencia de los elementos descritos en cualquier inmueble de carácter público, así como en los inmuebles de carácter privado de uso público o con proyección a un espacio visible de acceso o uso público”

No existe duda sobre su obligatoria retirada de los edificios oficiales y, dudosamente, se les puede reconocer, en la mayoría de los casos, su valor artístico o arquitectónico. En ninguna situación tendrán un valor histórico añadido, ya que su implantación estará datada en los llamados, por los sublevados, años triunfales o en la posterior y larga Dictadura [21]. Así se corrobora en la publicación del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, “Conservar o destruir: la Ley de la Memoria Histórica” [21].

En resumidas cuentas, es un hecho fehaciente que las pinturas murales del salón son exaltaciones franquistas, que presumiblemente, no estuvieron previstas en el proyecto original y, por lo tanto, debieran retirarse, pero caben diferentes alternativas para ello.

6.2.1 El caso de las galerías

Si bien ya han quedado aclarados los ordenamientos legales con respecto a las manifestaciones franquistas en el Patrimonio Construido, en las galerías Punta Begoña se encuentran diferentes puntos a tratar en los que se requiere cierto debate.

El único elemento decorativo en el que se encuentran estas simbologías, son las pinturas murales. Aquí se representan los siguientes escudos y retratos con alegoría franquista:

- Escudo Ejército del aire
- Escudo del Ejército de la Marina
- Escudo Ejército de tierra
- Escudo banda música militar
- Escudo de los regulares de Melilla
- Escudo de la legión
- Busto pintado del general Francisco Franco (hoy en día inexistente)
- Busto pintado de José Antonio Primo de Rivera (no se distingue por su deterioro)
- Cruz carlista
- Cruz falangista
- Personajes masculinos del régimen franquista
- Personajes femeninos del régimen franquista
- Lemas perimetrales de exaltación a Francisco Franco

Estas pinturas, en mayor o menor medida, presentan un mal estado de conservación, lo que supone que muchas de ellas apenas se aprecian o parte están destruidas, de tal manera que no dejan leer su significado. Por el contrario, se pueden observar dos escudos a los lados de la chimenea que no tienen carácter militar, sino identitario (Escudo de Bilbao y Escudo de Bizkaia). Estos por sus características, quedarían excluidos de esos símbolos recogidos en la Ley de Memoria Histórica. Y es que, Punta Begoña tiene un origen republicano, de ahí la dualidad de este complejo patrimonial. Por tanto, parte de las pinturas murales pueden permanecer sin intervenir dentro de este aspecto legal. Para las otras, se presentan diferentes grados de intervención, de menor a mayor actuación (Tabla 6.1), sobre la simbología y según las medidas adoptadas por las administraciones competentes:

Tabla 6.1. Distintos grados de intervención en las soluciones a tomar en la restauración de las pinturas murales del salón.

 <p>GRADO DE INTERVENCIÓN</p>	<p>Restauración ortodoxa y completa de las pinturas murales: Reintegración cromática con tinta plana de las lagunas existentes.</p>
	<p>Realización de labores de Conservación Preventiva en las pinturas murales: Dejar que el paso del tiempo termine por borrar estos vestigios franquistas.</p>
	<p>Realizar el cubrimiento de las pinturas murales que entran en contraposición con la Ley de Memoria Histórica: Estos lemas y símbolos se cubrirían con una resina sintética de tipo acrílico, y por encima de esta, la aplicación de una pintura entonada con el fondo cromático del salón. Realización de documentación fotográfica de las pinturas y el proceso de tapado.</p>
	<p>Recuperación de las posibles pinturas o fondo original del salón: Esta drástica actuación, conllevaría la separación de las películas pictóricas superpuestas, hasta dejar a la vista las supuestas paredes originales diseñadas por Ricardo Bastida y Horacio Echevarrieta. Es una intervención peligrosa y costosa ya que el estrato pictórico está pulverulento, descohesionado y debilitado de forma general.</p>

Por último, resulta interesante tener en cuenta un factor que cada vez tiene más presencia en nuestras sociedades, la participación ciudadana. Esta, es el resultado de la intervención de los ciudadanos en las decisiones del ámbito público que competen a los ciudadanos del municipio [29]. Las administraciones locales realizan una presentación de la problemática y las diferentes actuaciones a votar por parte de los ciudadanos. Primeramente, estas decisiones presentadas al ciudadano han estado valoradas y estudiadas profundamente por los equipos técnicos multidisciplinares. Esta participación por parte de los “locales” de Getxo, afianza la relación personal de estos con el patrimonio municipal y se han podido comprobar los efectos positivos

de ella en otros ejemplos [30]. También se pueden exponer cuestiones como la gestión del espacio y su uso.

6.3 Protocolo de actuación en la Conservación y Restauración del salón de las galerías Punta Begoña

Durante los años de realización de trabajos e intervenciones para la Conservación y Restauración del salón, se ha propiciado la investigación metodológica para una recuperación total del espacio, junto con sus elementos decorativos. Se ha optado por esta opción, dado que es la solución más completa, para así, a partir de ella, extraer las metodologías para las intervenciones menores según la decisión final acordada. Conocer exhaustivamente y valorar todos los parámetros es fundamental para poder alcanzar una decisión acertada y reglada. Para ello, se ha tomado como referencia la pared 4 a modo de “laboratorio de pruebas” (ver capítulo 7 de esta tesis) para llevar a cabo *in situ*, las pruebas hechas en probetas: pruebas de limpiezas, consolidación y protección.

Hasta la fecha actual, además de estas operaciones, se ha llevado a cabo un mantenimiento del salón de forma rutinaria, para minimizar el impacto de la contaminación, las aves, los usos inadecuados de este, control de microorganismos, y nuevos actos de vandalismo.

6.3.1 Pautas y propuestas de Conservación y Restauración

A través del empleo de las *escalas ABC* de Stefan Michalski [31], se pueden ordenar todas las patologías existentes en el salón en una escala de magnitudes y en una matriz que nos permitirá decidir sobre en qué riesgo/problemática actuar primero [29]. Después de un estudio exhaustivo de los valores que componen las galerías Punta Begoña, y del análisis de las degradaciones y su escala, se pueden definir las actuaciones prioritarias, secundarias y de mantenimiento que se deben tener en cuenta en este lugar. En la mayoría de estas pautas intervienen otros factores, como el del propio conjunto y su estructura, y la contextualización en su entorno, que deben tenerse en cuenta porque afectan directamente en los elementos decorativos del salón.

6.3.1.1 Prioritarias

Las intervenciones, que con más urgencia se requieren dentro del salón, son las que a continuación se enumeran. Dado que este espacio es uno de los más importantes y que más elementos decorativos acoge, deberían de priorizarse estas acciones, frente al resto de las restauraciones menores, que no afecten a la estructura y no supongan un peligro.

i. **Detener la entrada de agua**

Las humedades que provoca el jardín superior y el acantilado generan gran parte de los problemas de conservación que se visualizan actualmente en el salón. En el 2017 la colocación de una cubierta asfáltica en el jardín superior (Fig.6.2.a), mejoró notablemente el estado de los muros de este. Esta obra tuvo como contrapartida la falta de impermeabilización de la pared lateral, anexa con la 1ª crujía, y esta, a su vez, con un jardín exterior con pendiente (Fig.6.2.b). En esa zona se ha creado un hueco con agregado de tierra y escombros (Fig.6.2.c) permitiendo que penetre el agua en forma de riachuelo y descienda por la escalera de la 1ª crujía, e inunde gran parte del salón.

Por ello, se propone la impermeabilización de estos muros laterales como punto significativo para su conservación.



Figura 6.2. a) Aislamiento del techo del salón, b) Jardín exterior que se une con la pared izquierda de la 1ª crujía. Las humedades y aguas subterráneas de esta inclinación del terreno penetran en el salón y c) Hueco abierto que conecta con las escaleras de la 1ª crujía.

Por otro lado, una de las actuaciones sobre las que reflexionar para interrumpir la entrada de agua (Fig.6.3) y el aporte de humedad que proviene de la pared frontal (2 y 3), es la adaptación de la piedra del acantilado al contorno del muro del salón. La solución pasa por eliminar el exceso de tierra que se sitúa por debajo del suelo del salón y que llega hasta la mitad del mismo. Así mismo, se plantea la posibilidad de llevar a cabo un corte del acantilado para separar los muros del salón de las aguas subterráneas, que trae consigo este acantilado. Además de esto, sería conveniente crear una cámara de aire entre los pilares de los cimientos y el acantilado, para disminuir la capilaridad que existe en ellos. Estas intervenciones son habituales en las restauraciones en Patrimonio Construido en el que las aguas subterráneas, a menudo, son el origen de numerosos problemas [32].

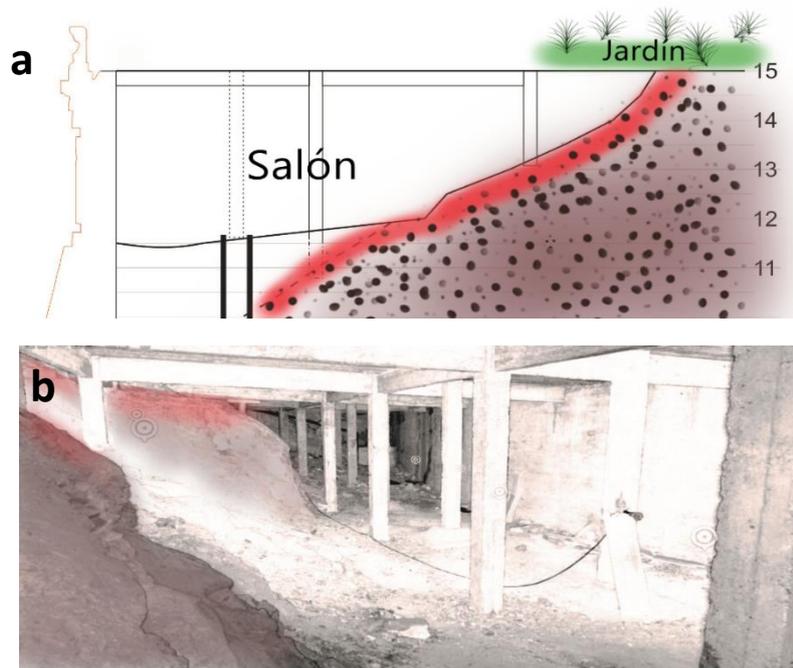


Figura 6.3. Imágenes pertenecientes a las investigaciones realizadas por el grupo consolidado de Hidrogeología (HGI-UPV/EHU). a) Plano de perfil del salón, en el que se aprecia como el acantilado choca contra las paredes y cimientos del salón, y b) Imagen del interior de las cimentaciones del salón, a la izquierda se puede observar que el acantilado y montantes de tierra llegan hasta la mitad del espacio (en color rojo).

ii. Eliminación de las sales solubles de las paredes del salón

Como se ha visto en el capítulo 5 los diferentes materiales requieren de desalinización, sin embargo, la consolidación tiene que ir de la mano, debido al gran cantidad de sales presentes que provocan la disgregación de los materiales. En cualquier caso, este punto debe realizar tras la eliminación de la humedad para evitar de nuevo su formación.

iii. Protección frente al vandalismo ¹²

El salón de las galerías registra, de forma habitual y continuada, la mayoría de los daños causados por el vandalismo. Sus paredes y sus lemas alientan a los grafiteros

¹² Contribución artículo al VI Congreso del GEIIC: ¿Y después? Control y mantenimiento del Patrimonio Cultural, una opción sostenible (2018). La seguridad como aval de la conservación preventiva de las Galerías de Punta Begoña. In VI Congreso del GEIIC: (Grupo Español del International Institute of Conservation: (pp. 462-467).

a plasmar su “arte”, entrecomillado en este caso, por no suponer un arte urbano con coherencia y calidad artística, sino una degradación del entorno [33]. Tras varias incursiones indeseadas desde el comienzo del proyecto, algunas incluso pertrechadas después de intensas labores de restauración (Fig.6.4), se decidió realizar un cerramiento más efectivo de los puntos de entrada a las galerías e incluir cámaras de vigilancia disuasorias en todo el recinto.



Figura 6.4. Imagen de uno de los actos vandálicos efectuados a finales del 2019 en parte de la restauración realizada, pared 4.

Son medidas tenues, ya que el conjunto, por estar muchos años cerrado y abandonado, suscita la entrada de curiosos, pero sobre todo, de vándalos. Reforzar estas medidas pasa por acciones como:

- Levantar los muros o verjas de acceso.
- Cerrar los accesos a las galerías en los puntos fácilmente escalables.
- Cerrar los posibles huecos o boquetes en el jardín superior.
- Y, en última instancia, si estos hechos persisten, realizar la contratación de personal de seguridad para cubrir el periodo de tiempo más conflictivo, que suele ser en estos casos, por la noche.

6.3.1.2 Secundarias

Estas intervenciones, no afectan de una manera tan directa como las descritas en prioritarias, sin embargo, la ejecución de ellas no se debe relegar a un segundo plano y sería conveniente realizarlas tan pronto como las prioritarias queden cubiertas.

i. Limpieza superficial y eliminación de pátinas de alteración en mármoles y pintura mural.

Se realizará por medio de acciones mecánicas, y en las zonas con más problemática, mediante sistemas químicos o el conjunto de ambas. Todas las actuaciones tendrán un seguimiento analítico.

ii. Eliminación de capas extemporáneas (grafitis)

Este paso se realizará mediante medios mecánicos y químicos. Se considerarán grafitis todas las inscripciones que recubren las paredes y suelo del salón. Se llevará a cabo con el empleo de productos evaluados y testados para la eliminación de grafitis en Patrimonio y que no constituyan peligro para los elementos decorativos.

iii. Consolidado del estrato pictórico de la pintura mural

Esta medida podría situarse como prioritaria, ya que el estado de conservación de las pinturas murales así lo requiere. Las consolidaciones o vendajes de emergencia no tienen cabida en esta pintura mural ya que el muro cuenta con un constante aporte de agua, de ahí que sea secundaria.

iv. Reintegración de las lagunas del mortero y policromía

Se llevarán a cabo estas restauraciones contando siempre con la similitud de los materiales de restauración con la obra, la reversibilidad de estos, la perdurabilidad y la discernibilidad de la restauración. Dado que algunas de las pinturas son contrarias a la Ley de Memoria Histórica, se recomienda cubrirlas, por medio de una tinta de color del fondo del salón. En el caso de la simbología ajena al régimen franquista, se optará por la aplicación en las lagunas pictóricas de una tinta plana, para que quede constancia de la intervención efectuada, y distinguir el original. Estas tintas, ayudan a una correcta lectura de la iconografía, sin hacer la recreación del dibujo original perdido.

v. Reintegración de los paños de mármol

Esto permitirá, por un lado, la lectura homogénea del salón, y por otro, la protección del muro (mortero/cemento y ladrillos) frente la acción de contaminación atmosférica, como hemos visto en el capítulo 5. Además, en el capítulo 7 de esta tesis, se describen las posibles soluciones para este punto. En cualquiera de los casos, primará la recopilación del mayor número de material marmóreo para su nueva colocación para preservar el material original frente a uno nuevo. Del mismo modo que en el caso de las pinturas, se recomienda que cualquier intervención estará supeditada a los criterios de discernibilidad.

vi. Sustitución de ladrillos del muro

Refuerzo de las zonas que conlleven un peligro para la sustentación del muro, y el mortero que alberga las pinturas y los mármoles. Sustitución de los ladrillos altamente deteriorados por unos nuevos con las mismas características de forma (dimensiones, peso, y huecos), pero con componentes duraderos. Las dimensiones de este trabajo dependerán, en parte, de la efectividad de la desalinización/consolidación urgente propuesta.

vii. Cerramiento de las entradas situadas en la pared 1 y 4

Cerrado, mediante puertas acordes a las memorias recogidas de los ciudadanos, de la pared 1 que anexa la denominada como 1ª crujía y la pared 4, que da acceso al baño, y cocina. La colocación de unas puertas de entrada a estos dos habitáculos mejorará las posibles corrientes de aire existentes, que traen consigo arena y otros contaminantes atmosféricos. Aunque este punto resulta importante, se debe tener en cuenta ventilación necesaria en el salón, puesto que el acantilado le aporta una humedad relativa alta, que, con el paso de los días, puede derivar en la condensación de esta y provocar el efecto contrario: favorecer el surgimiento de otras degradaciones como la afloración de sales, el ataque microbiológico, y, por consiguiente, la descohesión del mortero. Por ello siempre es conveniente realizar la ventilación del espacio, aunque las condiciones externas no sean las mejores, ya que en un sistema como el salón, sistema pasivo, la corriente de aire ayuda a la evaporación de la humedad [34].

6.3.1.3 Conservación Preventiva

Como ya se ha mencionado, el objetivo de la conservación preventiva es garantizar su perdurabilidad, salvaguardar su valor histórico y artístico y además, reducir gastos en acciones futuras [14]. Las tareas de mantenimiento a realizar serán las siguientes:

i. Prevención ante aves

Será necesario erradicar la anidación y poner barreras físicas que dificulten la entrada en el salón. Este punto se verá afectado por la efectividad del cerramiento del salón propuesto como intervención secundaria [35].

ii. Colocación de sistemas de medición de temperatura y humedad permanentes en el salón

El objetivo será la monitorización de los parámetros ambientales (HR y T) durante un ciclo anual, y así conocer las condiciones ambientales interiores a las que están expuestas las pinturas murales, los revestimientos y la decoración pétreo [36,37]. Así, en caso de superarse niveles determinados, se puede tomar acciones antes de observar los daños en los materiales.

iii. Control de plagas microbiológicas

Para este apartado, también será de ayuda el monitoreo de la HR y T, para controlar la proliferación de microorganismos, sobre todo, en las entradas de agua que, aunque sean subsanadas, siempre albergan colonias en estado latente a la espera de las condiciones ambientales propicias. Primeramente, se deberán caracterizar las especies presentes para proceder a su eliminación mediante un biocida de baja toxicidad y específico.

iv. Control de la iluminación

Proceder a la colocación de luces led de baja intensidad para favorecer la visión del salón y dañar lo menos posible los elementos que lo componen. Así mismo, evaluar la incidencia de la luz natural, y protegerlo, si fuera necesario frente a esta, mediante la colocación de láminas solares en el cerramiento de madera. Como posible opción está el instalar unas láminas 99,5% anti-UV, o valorar, así mismo, la instalación de láminas que, además, reduzcan el calor durante los meses de verano.

v. Limpieza y seguimiento semestral de las pinturas murales y los mármoles

Realizar un protocolo de mantenimiento semestral, por lo estipulado en los estudios realizados en los azulejos de las galerías, como periodo mínimo de tiempo en el que los contaminantes atmosféricos y otros agentes, perjudican a estos.

iv. Regulación de visitas guiadas

La difusión del proyecto, con el conocido “abierto por obras” [38], en ocasiones ha propiciado un modelo de visita poco recomendable para el salón. Las visitas han sido en algunos casos “visitas libres” con todo lo que conlleva este término. Este modelo tiene como contrapartida dos puntos relevantes: por un lado, el patrimonio, al carecer de guía, no tiene el mismo impacto en los visitantes, que no llegan a tener toda la información acerca del inmueble, su historia y su conservación y restauración. Y por otro, el comportamiento del visitante no siempre es el deseado, generando destrozos y/o realizando pequeños hurtos.

vi. Regulación de su uso como salón expositivo para diversos actos

También, en el estado de “abierto por obras” y la difusión del patrimonio, tiene cabida la realización de eventos de distinta índole: exposiciones, charlas, programas de radio, grabaciones de video, etc. Estos, son beneficiosos para la promoción de las galerías, ya que, atraen a nuevos visitantes que se interesan por el estado de estas y su historia. Pero, nuevamente como contrapartida, si estas actividades no están reguladas o se establece una normativas del uso de los espacios, se dificulta la conservación del mismo (Fig.6.5).

v. Formación del personal a cargo

Todo el personal que trabaje en las galerías es conveniente que tenga una formación mínima en Patrimonio, también sobre el proyecto en sí, los criterios de Conservación, y los últimos avances en los trabajos que se llevan a cabo en ellas. El personal de limpieza tendrá que ser informado de las tareas a realizar y los productos empleados para tal fin. Del mismo modo, los guías, seguridad, y mantenimiento de las instalaciones, deberán tener especial sensibilidad hacia el Patrimonio y guiarse por las normas incluidas en el Plan de Conservación y Restauración.



Figura 6.5. a) Proyección directa de imágenes en las pinturas murales desde dos puntos distintos, b) Daños provocados por los marcos de los paneles de teatro realizado en el salón, c) Exposición Getxophoto, donde se ancló una fotografía en tela, a dos pernos metálicos introducidos directamente en la pared 3.

Para completar las futuras labores de mantenimiento de las galerías, como ejemplo, se puede emplear un documento, Tabla 6.2, obtenida de "*El mantenimiento de los bienes culturales como garantía para su conservación*", que puede servir de ejemplo para mostrar los distintos puntos que se deberían tener en cuenta para comprobar el estado de conservación [18]. Además, puede ser adaptable a las características del edificio en cuestión y ampliada con fichas de cada elemento compositivo de este.

Tabla 6.2. Controles periódicos sobre el monumento Fuente: Cirujano Gutiérrez, C., Laguna Paúl, T., & García Pérez, Ángel L. (2011). *El mantenimiento de los bienes culturales como garantía para su conservación. Ge-Conservación*, 21-33. <https://doi.org/10.37558/gec.v0i0.61>

	CONTROL	PERIODICIDAD	RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES	PLAZO ESTIMADO	PRESUPUESTO ESTIMADO
AMBIENTALES	Detección de escorrentías Cohesión soporte Revisión grietas Revisión anclajes Revisión juntas Revisión y localización de focos de corrosión Localización y cuantificación de eflorescencias salinas Revisión consolidación Revisión hidrofugación				
CONTAMINANTES	Revisión y cuantificación de formación de costras Cuantificación de deposición de partículas				
BIODETERIORO	Revisión y localización de nidos Cuantificación excrementos Revisión crecimiento de plantas...				
CONSTRUCTIVOS	Estabilidad de materiales Revisión uniones y anclajes Revisión grietas, fracturas Revisión faldones cornisas Bajantes, sumideros y cubiertas				
ANTROPOGÉNICOS	Localización y cuantificación de daños: grafitis, manchas, fracturas				
MEMORIA Y RECOGIDA DE DATOS DEL CONTROL					
TOTAL PRESUPUESTO CONTROL					

6.4 Conclusiones del capítulo

El salón de las galerías Punta Begoña ha sido, desde la Guerra Civil española, un lugar conflictivo para la memoria de los ciudadanos. Existen pocos referentes a nivel nacional, lo que hace de este salón un espacio único de revisión de los criterios de restauración. Por ello, la recuperación de este, tiene que contar con una especial sensibilidad hacia la historia vivida. La Ley de Memoria Histórica, junto a organismos autonómicos, son de ayuda para dirigir una puesta en valor consciente del espacio. Además, es imprescindible tener en cuenta la visión de la sociedad con respecto a este, y realizar actividades informativas continuas del proyecto. Sin embargo, la recuperación, sobre todo, la de las pinturas murales, puede ser abordada desde diferentes fases de actuación con distintos niveles, siempre atendiendo a la Memoria Histórica.

6.5 Referencias

- [1] Parrado, D. (2019). *Siete ejemplos de conservación de patrimonio polémicos, contados por los expertos*. El País, Icon Design. https://elpais.com/elpais/2019/03/29/icon_design/1553873489_312054.html
- [2] Macarrón, A. (2008). *Conservación del Patrimonio Cultural: criterios y normativas*. Ed. Síntesis.
- [3] Almagro, A., Navarro, J. y Orihuela, A., 2008: Metodología en la conservación del patrimonio arquitectónico medieval, Saiz-Jiménez, C. y Rogerio-Candela, M. A. (eds.), *La Investigación sobre Patrimonio Cultural*, Sevilla, p. 87-98. <http://hdl.handle.net/10261/14047>.
- [4] Latorre, P. (2012). El monumento como un todo. El plan director de restauración. *Informes de La Construcción*, 64(EXTRA), 45–56. <https://doi.org/10.3989/ic.11.079>
- [5] Cortes Generales Gobierno de España. (2002, 14 de mayo). Decreto 89. *Por el que se califica, como bien cultural, con la categoría de Conjunto Monumental, el área singularizada de la Anteiglesia de Getxo (corrección de errores)*. Boletín Oficial del País Vasco, nº32. <https://www.euskadi.eus/y22-bopv/es/p43aBOPVWebWar/VerParalelo.do?cd2002001020>
- [6] Gobierno Vasco.(1999, 5 de octubre) Decreto 342. *Registro de Bienes Culturales Calificados y del Inventario General del Patrimonio Cultural Vasco*. Boletín Oficial del país Vasco 17526. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj2uZzHssXsAhXj1uAKHYVPAkIQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.boe.es%2Fbuscar%2Fpdf%2F2012%2FBOE-A-2012-2861-consolidado.pdf&usq=AO-vVaw1sYRnQ4zqmvY0VkeiuafJp>
- [7] Cortes Generales del Gobierno de España. (1985 ,25 de junio). Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español. Boletín Oficial del Estado 2007-155. <https://www.boe.es/eli/es/l/1985/06/25/16/con>
- [8] Carta 1987 de la Conservación y Restauración de los Objetos de Arte y Cultura. (1987). Instituto del Patrimonio Cultural de España. <https://ipce.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:b2e31f8c-8df0-47e9-8b67-105512628225/1987-carta-bienesmuebles-italia.pdf>
- [9] Carta de Cracovia 2000. Principios para la conservación y restauración del Patrimonio Construido. (2000).Unesco. https://en.unesco.org/sites/default/files/guatemala_carta_cracovia_2000_spa_orof.pdf
- [10] E.C.C.O. Confederación Europea de Organizaciones de Conservadores-Restauradores. (2013). *Directrices profesionales de E.C.C.O: la profesión y su código ético*. Grupo Español de Conservación GellC. https://ge-iic.com/files/Cartasydocumentos/2002_directrices_%20profesionales_de_ecco_la_profesion_y_su_codigo_e@co.pdf
- [11] ICOMOS Principios para la Preservación, Conservación y Restauración de Pinturas Murales. (2003). Grupo Español de Conservación GellC. <https://www.ge-iic.com/2012/03/26/2003-principios-para-la-preservacion-conservacion-y-restauracion-de-pinturas-murales/>

- [12] Domingo Tronch, A. (2018). *La conservación preventiva y su problemática. Proyecto para una campaña de sensibilización y divulgación*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/110115>
- [13] Plan Nacional de Catedrales. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. <http://www.culturaydeporte.gob.es/planes-nacionales/dam/jcr:51237635-e3ae-4bb7-9d1a-130a03c13909/01-maquetado-catedrales.pdf>
- [14] ICCOM-CC. Terminología para definir la conservación del Patrimonio Cultural tangible. https://ge-iic.com/files/Cartasydocumentos/2008_Terminologia_ICOM.pdf
- [15] ICCROM (2000): Hacia una Estrategia Europea sobre Conservación Preventiva. Resolución de Vantaa (Finlandia) 21-22 de septiembre de 2000. <https://ge-iic.com/files/grupoconservacionpre/RESOLUCIONDEVANTA.pdf>
- [16] Heritage Care (2019). Buenas prácticas para la conservación de patrimonio. http://santamariareal.org/sites/default/files/sites/default/files/heritagecare-af-int-070819_0.pdf
- [17] Plan Nacional de Conservación Preventiva. IPCE. <http://www.culturaydeporte.gob.es/planes-nacionales/dam/jcr:7de1dd75-89e6-412a-92dd-73478c8b22c4/cp-fundamentos-2018b.pdf>
- [18] Cirujano Gutiérrez, C., Laguna Paúl, T., & García Pérez, Ángel L. (2011). El mantenimiento de los bienes culturales como garantía para su conservación. *Ge-Conservación*, 21-33. <https://doi.org/10.37558/gec.v0i0.61>
- [19] Azkarate, A., Ruiz de Ael, M.J. y Santana, A., 2003. El patrimonio arquitectónico. In: *Kulturaren Euskal Kontseilua* [en línea]. p. 1-23. Disponible en: http://www.kultura.ejgv.euskadi.eus/r465773/es/contenidos/informacion/pv_patr_arquitectonico/es_6597/adjuntos/patrimonio_arquitectonico_c.pdf.
- [20] Gobierno vasco. (2019, 9 de mayo). Ley 6/2019, de 9 de mayo, del Patrimonio Cultural Vasco. *Normativa de Patrimonio Cultural. Departamento de Cultura y Lingüística del Gobierno Vasco*. Boletín Oficial del País Vasco 2359. <https://www.euskadi.eus/legislacion-de-la-comunidad-autonoma-vasca/web01-a2kulonz/es/>
- [21] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2009). *Conservar o destruir: la Ley de Memoria Histórica*. (Patrimonio). Ministerio de Cultura. https://sede.educacion.gob.es/publicventa/descarga.action?f_codigo_agc=13494C_19
- [22] de Andrés Sanz, J. (2006). *Los símbolos y la memoria del Franquismo*. <https://www.almendron.com/tribuna/wp-content/uploads/2007/01/los-simbolos-y-la-memoria-del-franquismo.pdf>
- [23] Muñoz Cosme, A. (2009). Arquitectura y memoria: el patrimonio arquitectónico y la ley de Memoria Histórica. *Patrimonio Cultural de España* n.º 1. 88-101. http://www.mecd.gob.es/culturamecd/dms/mecd/cultura-mecd/areas-cultura/patrimonio/mc/patrimonioculturale/n-1/capitulos/10_PCE1_Arquitectura_memoria.pdf Google Scholar
- [24] Gernika, F. M. de la P. de. (2015). *Caer y levantarse: erori eta altxatu: ondarea berreraikitzea, gerra baten ondoren*. G. B. M. Fundazioa (Ed.), Fundación Museo de la Paz de Gernika. http://www.academia.edu/download/56519946/Libro_CAER_Y_LEVANTARSE.pdf

- [25] Fraile, J. G., & Corral, Ó. N. (2011). Ley de Memoria Histórica: Estrategias para recuperar y comunicar el Patrimonio de la Guerra Civil Española. *Ebre 38: revista internacional de la Guerra Civil*, 1936-1939, 6, 185-201. <https://www.raco.cat/index.php/ebre/article/view/250291>.
- [26] Gogora.(2020, 24 de mayo). *Instituto de la Memoria, la Convivencia y los Derechos Humanos*. <https://www.gogora.euskadi.eus/gogora-presentacion/aa82-cogogora/es/>
- [27] de la Cuesta, J. L., & Odriozola, M. (2018). Marco normativo de la Memoria Histórica en España: legislación estatal y autonómica. *Revista Electrónica de Ciencia Penal y Criminología*, 1-38. <http://criminet.ugr.es/recpc/20/recpc20-08.pdf>
- [28] Anteproyecto de Ley de Memoria Histórica y Democrática de Euskadi. https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion_publica/inf_dncg_ley_3655_19_55/eu_def/adjuntos/anteproyecto%20de%20ley%20bilingue.docx
- [29] Divulgación dinámica. (2020, 27 de mayo). *La Participación Ciudadana: Definición y Tipos de Participación*.<https://www.divulgaciondinamica.es/blog/participacion-ciudadana-definicion-tipos-participacion/>
- [30] Fernández, A. (2016). Apuntes para un Manual de buenas prácticas para la participación ciudadana en la gestión del Patrimonio Cultural en Andalucía. *Periférica Internacional. Revista Para El Análisis de La Cultura y El Territorio*, 16, 45–50. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25267/Periferica.2015.i16.04>
- [31] Michalski, S., Pedersoli, J. L. J. (2016). *The ABC Method: a risk management approach to the preservation of cultural heritage = La méthode ABC pour appliquer la gestion des risques à la préservation des biens culturels*. http://canada.pch.gc.ca/DAMAssetPub/DAM-PCH2-Museology-PreservConserv/STAGING/texte-text/risk_Manual-2016_1485276122362_eng.pdf
- [32] Ferrer Morales, A. (1998). *La pintura mural. Su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas*. Sevilla: Editorial Universidad de Sevilla, 2ª Ed.
- [33] Noguera-Cámara, J. Amor-García, R. (2015). Vandalismo en grafitis y otras pinturas murales en aerosol. In *Conservation Issues in Modern and Contemporary Murals* (pp. 166–180). Cambridge Scholars.
- [34] Gil-Muñoz, M.T. (2013). Las humedades en edificios declarados BIC desde la perspectiva de la conservación preventiva. Desarrollo de una metodología de diagnóstico y control Conservación preventiva: revisión de una disciplina. *Patrimonio Cultural de España*, 7, 119-127. <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/patrimonio-cultural-de-espana-n-7-2013-conservacion-preventiva-revision-de-una-disciplina/conservacion-restauracion-patrimonio-historico-artistico/14392C>
- [35] López-Ruiz, C., Cuba-Taboada, M. (2014). Conservación preventiva para todos: una guía ilustrada. [presentación diapositivas]. Issuu. https://issuu.com/aecidcultura/docs/conservacion_preventiva_para_todos_3dcdd0266f20eb
- [36] Departamento de Pintura Mural del Servicio de Conservación y Restauración de Obras de arte, Patrimonio arqueológico y Etnográfico (CROAPAE).(2017). *Proyecto de conservación y restauración de las pinturas y revestimientos murales de la iglesia de san miguel de Lillo*,

Oviedo (Asturias).<https://docplayer.es/108042575-Proyecto-de-conservacion-y-restauracion-de-las-pinturas-y-revestimientos-murales-de-la-iglesia-de-san-miguel-de-lillo-oviedo-asturias.html>

[37] STORM project (2016) *Safeguarding Cultural Heritage through Technical and Organisational Resources Management. Current practice for management and conservation of Cultural Heritage*. <http://www.storm-project.eu/wp-content/uploads/2017/04/D1.1-Current-practice-for-management-and-conservation-of-Cultural-Heritage.pdf>

[38] Fundación Catedral Santa María. (2001, 1 de mayo). *Plan Director de Restauración de la Catedral de Vitoria vol.1*. [Presentación diapositivas]. Issuu <https://issuu.com/catedralvitoria.com/docs/www.catedralvitoria.com>



Capítulo 7

Restauración integral del salón. Metodologías de intervención



La metodología llevada a cabo en el salón de las galerías ha estado condicionada principalmente por los factores medioambientales y los materiales compositivos de los muros y suelos, además de, las características propias del terreno circundante en el que se halla inscrito. Tras la información recopilada y análisis realizados acerca de la composición de los elementos decorativos del salón y su estado de conservación y establecido el protocolo de actuación, se puso en práctica la metodología estudiada para la conservación, se realizaron ensayos reales para la conservación y restauración específica del salón.

Dadas las dimensiones monumentales del salón, se optó por zonas reducidas asequibles y controladas para, en un futuro dentro del proyecto, ampliar a la totalidad del salón. Aunque se han realizado pruebas por todo el salón, es en la pared 4 donde se han hecho la mayoría de las intervenciones. Esta pared, presenta todos los elementos decorativos casi al completo (excepto faltantes de escasa dimensiones en los zócalos). Por este motivo, esta pared fue seleccionada, con el fin de mostrar un resultado completo y extrapolable al resto del salón. Las demás paredes, y también el techo, tienen similares características, aunque no idénticas, ya sea por disposición, composición de la pared, o capas y pátinas no pertenecientes al estrato pictórico, y por ello pueden encontrarse ligeras modificaciones a las restauraciones realizadas en la pared 4.

Es importante destacar que, la intensa degradación en las pinturas murales, unida a la falta de consenso actual respecto a su restauración, ha provocado una posición más conservadora frente a las intervenciones realizadas en estas que el resto de materiales, y, debido a ello, los tratamientos aplicados y evaluados, han sido puntuales, pero también con intencionalidad global en caso de así decidirse.

Por el contrario, en cuanto a los mármoles y suelo, gracias al relativo buen estado de conservación en comparación a las pinturas, ha sido posible abordar la restauración de estos desde diferentes flancos.

Para establecer esta metodología a extrapolar al resto del salón, se trabajó en todos los casos con probetas y, tras esto, en la propia pared. Las probetas fueron creadas lo más similares, en cuanto estructura y composición, a lo que se encontraba en el salón. Posteriormente a los trabajos con probetas, se ejecutaron acciones direc-

tamente sobre mármoles y muros, con zonas de pruebas (ventanas) de aproximadamente 5 x 5 cm en muros, y 20 x 20 cm en mármoles, según problemática y ubicación. Por último, se integraron estos resultados (probetas y ventanas) y se intervino en la totalidad de la pared 4. Para ello, se colocaron dos andamios para alcanzar las zonas superiores de las pinturas, así como el techo.

Estas investigaciones y tareas de restauración han estado supeditadas, en todo momento, al cumplimiento de los criterios mínimos de intervención de carácter internacional descritos en el capítulo 6 de esta tesis.

A continuación, se presentan, de forma pormenorizada, las actuaciones en los diferentes elementos, apoyadas en algunos casos, con varias alternativas para su recuperación. Y, asimismo, se recogen en el Anexo 2, las fichas técnicas de los productos empleados para su consulta.

7.1 Suelo

Los mármoles que recubren el suelo han tenido una conservación, a lo largo de los años, estable. Son materiales que, a pesar de encontrarse en una de las zonas más castigadas por su uso, no presentan patologías muy visibles, como en las paredes, ni tampoco albergan un espectro amplio de dichas patologías. Sin embargo, las pérdidas de soporte en las losas perimetrales son abundantes.

7.1.1 Limpieza

Durante la realización de esta tesis, el suelo del salón ha sido lugar de trasiego, tanto para los eventos que se han hecho en él, como para las prácticas de estudiantes. Por ello, su suciedad y desgaste continuos. Las tareas de lavado y eliminación de capas superficiales se han llevado a cabo trimestralmente. La metodología empleada, difiere de los casos en los que el mármol es una pieza exenta o volumétrica (esculturas, capiteles, arcos, piezas decorativas, etc.). Porque, en el caso del salón, el mármol tiene una función práctica, además de la ya entendida como decorativa. Por ello, su restauración, debería de plantearse como la última fase de intervención

dentro del conjunto de acciones totales, y realizar su limpieza de forma periódica, después de su restauración final.

En el caso de estas limpiezas de mantenimiento, se han empleado cepillos y agua destilada para la eliminación de costras de diversa índole. Asimismo, la protección del suelo fue necesaria, en algunos momentos puntuales, cubriéndolo con plásticos y cartones para no dañarlo. También, este recubrimiento de protección se colocó en las tareas de restauración de muros y zócalos.

7.1.2 Eliminación de grafitis

Los grafitis situados en el suelo eran escasos y contaban con colores como: verde, rojo, azul, negro y naranja. Para su eliminación, se realizaron probetas en fragmentos pequeños de mármol recogidos en las tareas de desescombro (Fig.7.1). Estas, fueron pintados con espráis comerciales y colores similares (ver capítulo 5), con el fin de reproducir, en la medida de lo posible, los grafitis del salón.

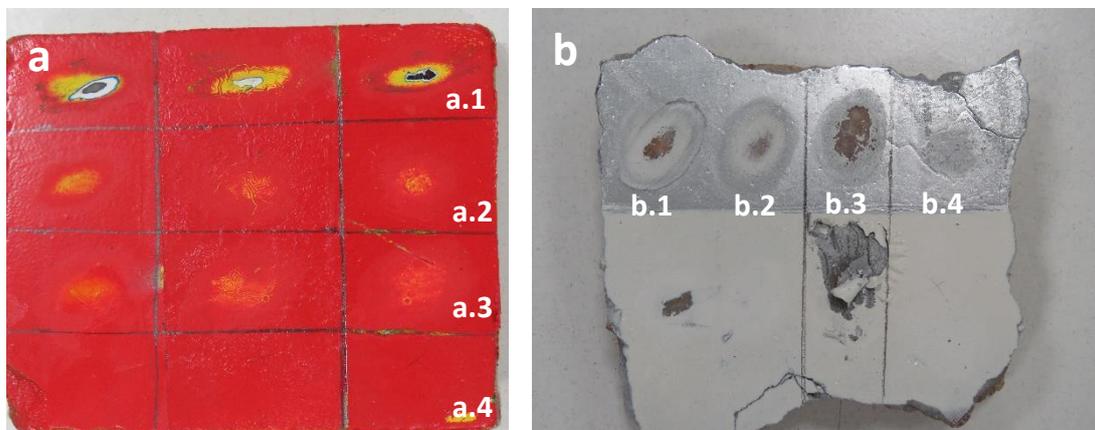


Figura 7.1. a) Probeta con diferentes tintas de espráis superpuestas, y con diversas metodologías y productos probados para la eliminación de las tintas, y b) Probeta con tinta plateada y blanca superpuestas en la que se procedió de la misma manera.

7.1.2.1 Ensayos mecánicos

Se utilizaron escalpelos para levantar las tintas de grafiti, pero los intentos fueron nulos. También se emplearon lanas de acero del nº 00 para retirar parte de los grafitis, pero no surtió efecto alguno.

7.1.2.2 Ensayos con disolventes

En las probetas se realizaron pruebas de eliminación con alcohol (Fig.7.1.a.4 y b.4), acetona pura (Fig.7.1. a.3 y b.1), polietilenglicol PEG200 (Fig.7.1.a.2 y b.2) y decapante (Fig.7.1.a.1 y b.3) de la marca CTS específico para patrimonio. En un primer momento, antes de la elección de este último decapante, y a través de la casa comercial CTS especializada en productos de Conservación y Restauración, se adquirió y probó el anti-grafitis ART SHIELD 4. No obteniendo buenos resultados. CTS recomendó, entonces, emplear su producto DECK 3000, decapante universal, utilizado, primeramente, que actualmente ha pasado a variar su composición de acuerdo con la normativa europea y denominarse DECK 4000, exento de cloruro de metileno. Este decapante actuaba más rápidamente y era más efectivo con todo tipo de tintas.

7.1.2.3 Ensayos combinados

La solución más acertada para la eliminación completa de estas tintas fue la aplicación del decapante DECK 3000, para posteriormente, apurar la limpieza con lanas de hacer nº00, y finalizar con acetona (Fig.7.2).

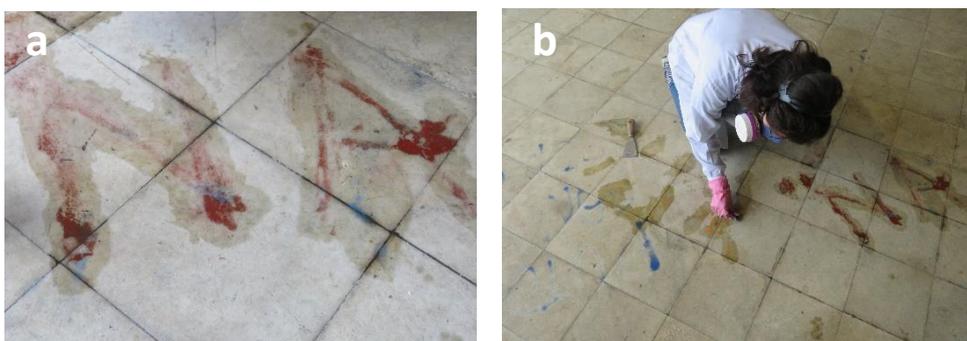


Figura 7.2.a) Aplicación del decapante y b) Proceso de eliminación con lanas de acero nº00 de las tintas de grafiti ubicadas en el suelo.

7.1.3 Eliminación de contaminantes biológicos

Principalmente, los daños más importantes de origen biológico recogidos en el suelo han sido provocados por aves y/o, organismo microbiológicos. Para la retirada de los cuales, se ha procedido de diferentes maneras:

7.1.3.1 Origen animal

Las deposiciones de las palomas constituyen el daño mayoritario en el suelo del salón. En las primeras intervenciones realizadas, se emplearon medios mecánicos para conseguir despegar una capa de aproximadamente 5-10 cm de grosor (Fig.7.3.a). Por medio de espátulas se consiguió levantar gran parte de las costras de guano. La tarea siguiente, fue la eliminación de los restos leves o pátinas generadas por estos excrementos. Se empleó agua destilada para ablandarlas y, por último, fueron retiradas con escalpelo (Fig.7.3.b).



Figura 7.3.a) Costra eliminada mediante espátula y, b) Depósitos restantes tras esta eliminación.

Por otro lado, y debido a la suciedad, podían observarse nidos de arañas en puntos concretos, que se eliminaron mediante cepillo.

7.1.3.2 Origen microbiológico

La aparición de contaminación microbiológica únicamente se visualizó en la zona derecha de la base del hogar de la chimenea (Fig.7.4.a). En los mármoles anexos a esta, se originó una capa blanquecina con aspecto de posible eflorescencia

(Fig.7.4.b y c) que, tras los análisis realizados, por parte del grupo de Química Analítica (IBeA), se descartó que realmente fuera una sal, como se creía. Por lo que se identificó que su origen correspondía a microorganismos (hifas). Para su eliminación, fue necesario el sellado e impermeabilizado de la abertura (jardín superior) que existía en el techo y que provocaba el aporte de agua y que favorecía el crecimiento de estos microorganismos.

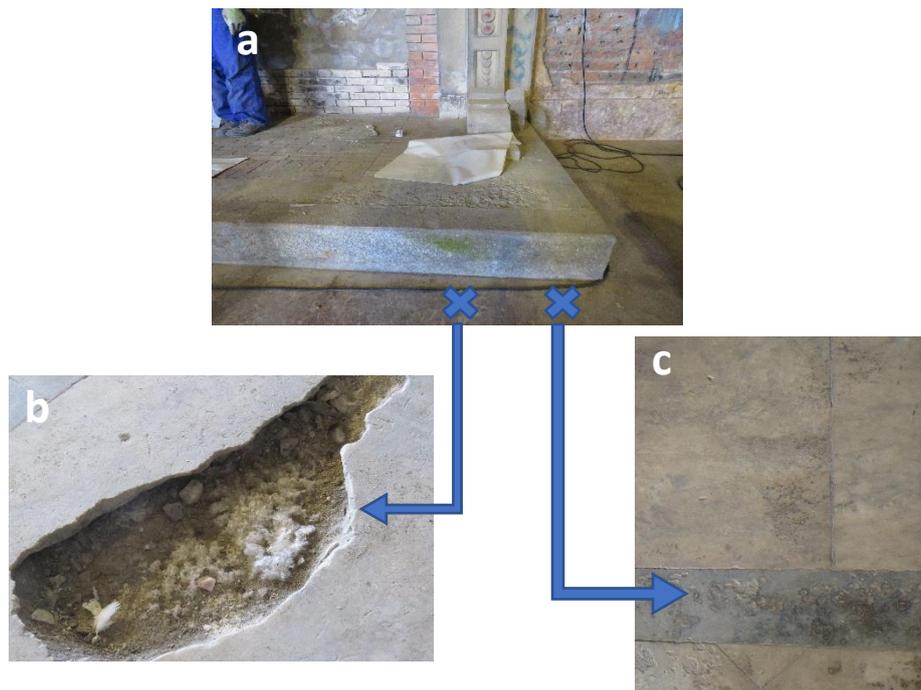


Figura 7.4. a) Base del hogar de la chimenea afectado por microorganismos, b) Aspecto de las hifas en un faltante del suelo en zona izquierda, y c) Afección de los mármoles contiguos en zona derecha.

En observaciones posteriores, se comprobó la reducción drástica de este crecimiento. Para asegurar la eliminación casi al completo, se roció con fungicida comercial habitual para Patrimonio: Preventol RI50, preparación líquida concentrada de sales de amonio cuaternario con amplio espectro de actividad contra hongos, bacterias y algas. Este fungicida se empleó al 5% en disolución acuosa, mediante spray.

7.1.4 El pulido de los mármoles

Para devolver su estado original al suelo del salón, se han planteado varias opciones. Los estudios realizados por el grupo de Hidrogeología de la Universidad del País Vasco determinaron que la mejor metodología a llevar a cabo para la limpieza y recuperación del aspecto/brillo de los mármoles originales era el pulido con pasta de diamante [1]. Es una solución relativamente agresiva en la que se elimina, además de la capa de suciedad, unas micras del propio mármol. Debido a las dimensiones del suelo, esta medida puede ser la más apropiada, aunque, cabe la posibilidad de realizar esta restauración mediante otros métodos, o por lo menos, tenerlos en cuenta para su profunda evaluación:

- **La tecnología láser**, queda demostrada en el ámbito de la Conservación y Restauración en numerosos soportes, siendo el más habitual la piedra [2,3]. Los inconvenientes de esta técnica en mármol son los siguientes:

En el empleo de láseres a potencias por debajo del umbral de ablación para cristales de calcita, se induce un daño mecánico en los mármoles ornamentales, con un aumento en rugosidad de la superficie. Se debe, tener, por tanto, cuidado a la hora de utilizar láseres Nd: YAG Q-Switched (habituales en estos trabajos) en la limpieza de obras de arte en mármol. Las condiciones de exposición al láser deben ajustarse a las características de la microestructura de cada mármol [4,5].

- Por otro lado, y de forma menos agresiva que los anteriores métodos, mediante **emplastos de Agar** (Grupo consolidado de Química Analítica: 2% gel Agar + 3% EDTA), se puede hacer una limpieza de la superficie del mismo. El tiempo de trabajo se incrementaría, pero la limpieza sería más controlada.

7.1.5 Reconstrucción de zonas faltantes del suelo

Las intervenciones de reconstrucción en los mármoles del suelo han sido escasas. En este caso, al ser un elemento decorativo de uso frecuente y expuesto a la degradación continua, se ha optado por la evaluación de distintos sistemas. La reconstrucción de las zonas faltantes y paños completos de los diferentes tipos de mármoles puede abordarse por medio de estas 3 vías:

1. Reconstrucción mediante mortero nivelante de color plano pero discernible.
2. Reconstrucción mediante marmolados coloreados y acordes a la zona faltante.
Estos estarán compuestos por: agua, yeso cola fuerte y pigmentos.

En la Figura 7.5 se puede observar como una loseta marmoleada puede adecuarse a la zona del suelo que sea necesaria. Esta, en concreto, se colocó en una ubicación que había perdido una gran superficie del mármol Yellow Benou en noviembre 2019. Se ha ido comprobando su resistencia al rozamiento por pisadas, pero, sobre todo, frente a la humedad, agua y condensación que existe en este punto. Actualmente, no existe constancia de roturas y está en perfecto estado.

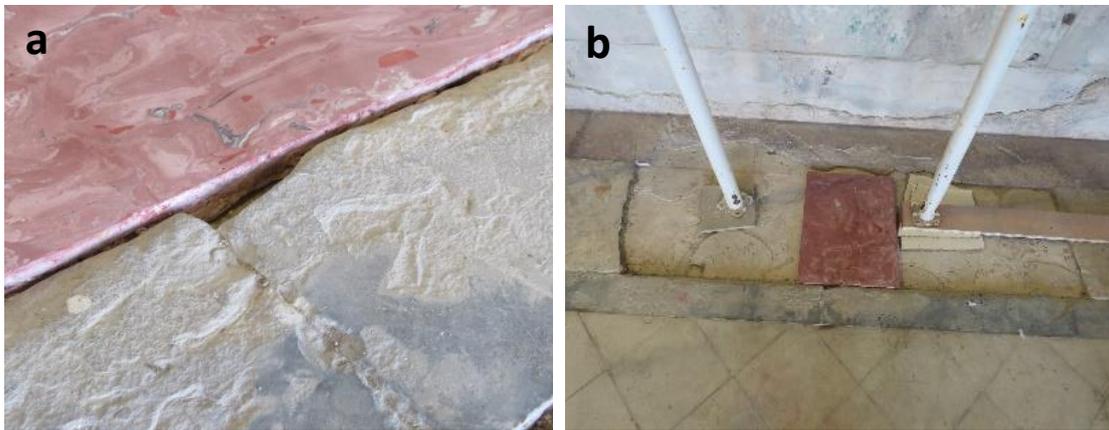


Figura 7.5. a) Detalle del marmolado al nivel del Gris Bardiglio, y b) Loseta de marmolado en faltante grande del suelo realizado por Juan Bermejo Soler estudiante del Programa de Doctorado en Estrategias Científicas Interdisciplinarias en Patrimonio de la UPV/EHU.

3. Reconstrucción con mármoles del mismo origen y relleno de las juntas mediante mortero adicionado con polvo de mármol.

Aunque esta, resulte la opción más conveniente, el veteado y el paso del tiempo en los mármoles del suelo, en su envejecimiento natural podrían llegar a modificar su coloración. Aún siendo discernible en la restauración, tomarían demasiado protagonismo las piezas nuevas frente al suelo original.

En cualquier caso, la reintegración volumétrica es necesaria, puesto que, las lagunas pueden provocar roturas, mayor desgaste y, por consiguiente, la pérdida completa de la estructura del paño, además de ser una puerta de entrada para almacenamiento de polvo, suciedad y microorganismos.

7.2. Zócalos

En estos elementos decorativos, se realizaron varias tareas para su recuperación, interviniendo, tanto en las piezas aún en su posición original, como las recogidas en el desescombro.

7.2.1 Limpieza, clasificación y recogida de piezas

Las piezas de mármol Yellow Benou del zócalo del salón se encontraron casi su totalidad en el desescombro realizado en las jornadas de junio-julio del 2018 y 2019. Los estudiantes de 3º y 4º del grado de Conservación y Restauración de Bienes Culturales realizaron de forma guiada las siguientes tareas para recuperar la mayor parte de piezas marmóreas, ver Tabla 7.1.

Tabla 7.1. Tareas para el desescombro y recuperación de piezas.

1. Recogida de los fragmentos de mármol entre los escombros. Incluyendo piezas desde 1x1 cm hasta piezas de 40x40 cm.
2. 1^{er} almacenamiento de las piezas en cajas numeradas y catalogadas.
3. Clasificación de los mármoles según su veteado y coloración.
4. Limpieza del polvo, tierra y suciedad mediante brochas.
5. Lavado en agua destilada durante 10 minutos.
6. Secado entre papeles absorbentes durante 24 horas.
7. 2^{do} almacenamiento de las piezas según tipo de mármol y tamaño del mismo para su futura colocación.

Durante 2 campañas de actuación se almacenaron más de 20 cajas con restos de mármol (Fig.7.6). Las piezas de mayores dimensiones recogidas tienen como objetivo la recolocación en los paños del zócalo. Por el contrario, con las de pequeño tamaño, se puede formar polvo de mármol para agregar a los morteros de reconstrucción. Los inconvenientes y las ventajas de estas actuaciones se recogen en el apartado 7.2.5 de este capítulo.

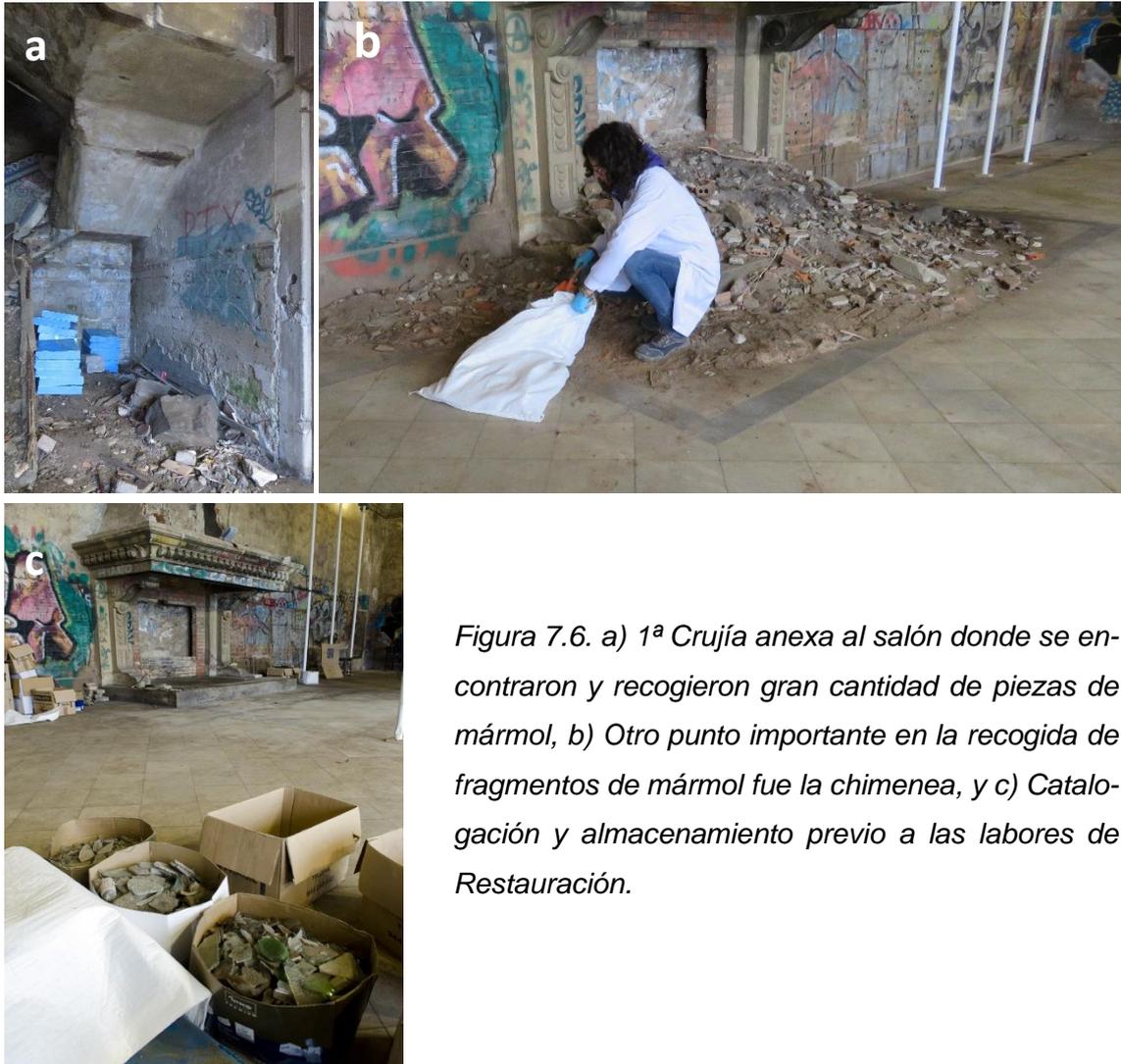


Figura 7.6. a) 1ª Crujía anexa al salón donde se encontraron y recogieron gran cantidad de piezas de mármol, b) Otro punto importante en la recogida de fragmentos de mármol fue la chimenea, y c) Catalogación y almacenamiento previo a las labores de Restauración.

7.2.2 Eliminación de grafitis

Los grafitis constituyen uno de los problemas más desafiantes dentro de las patologías del salón, y son uno de los trabajos más importantes dentro de la restauración de este. La presencia de hasta 21 capas de tinta de grafitis dificultó, aún más

si cabe, la eliminación de estos. Tras las analíticas llevadas a cabo para la caracterización de tintas, y dada la naturaleza de las mismas, se determinaron los productos adecuados para su retirada. La metodología que se llevó a cabo fue la misma que con otros elementos decorativos: la realización de probetas para la evaluación de diferentes productos y sistemas de retirada (Tabla 7.2). De forma posterior, se abrió una “ventana” en la pared de pruebas de dimensiones 50x30 cm (pared 4) para la comprobación de la eficacia del método escogido (Fig.7.7). Las tintas tuvieron que ser eliminadas por capas, dado el gran número de ellas.

Estos paños de la pared 4, fueron los primeros en intervenir ya que el mármol ofrece una superficie más adecuada para las limpiezas.

Tabla 7.2. Metodología de eliminación de tintas de grafitis

PRODUCTO/ÚTIL	SISTEMA APLICACIÓN	TIEMPO	SISTEMA RETIRADA
Decapante DECK 3000 (capa gruesa)	Brocha	10-15 min.	Espátula
Decapante DECK 3000 (capa gruesa)	Brocha	10-15 min	Espátula/algodón
Decapante DECK 3000 (capa fina)	Brocha	10-15 min	Espátula/algodón
Decapante DECK 3000 (capa fina)	Brocha	10-15 min	Espátula/algodón
Acetona	Hisopo algodón	10 min	Hisopo algodón
Lanas acero nº00	Manual/rotatorio	10-15 min	Hisopo algodón
Acetona	Hisopo algodón	10 min	Hisopo algodón

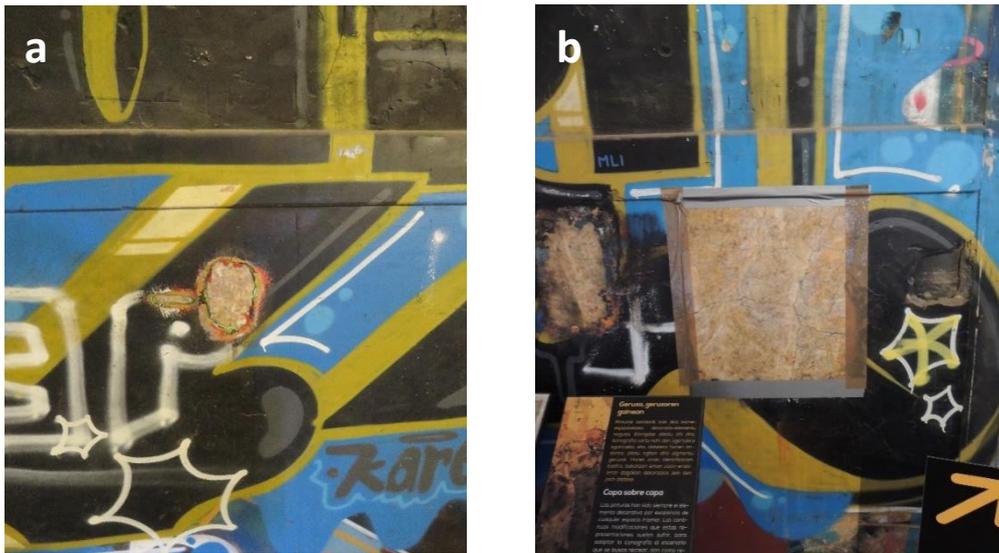


Figura 7.7. a) Estado inicial del mármol antes de la primera actuación de limpieza, y b) Ventana de limpieza abierta para la evaluación in situ del sistema de eliminación de grafitis.

Una vez definida la metodología correcta, fue la pared 4 completa la que se abordó durante 8 semanas. Las primeras capas tuvieron un desprendimiento fácil, e incluso, en algunas zonas, se pudieron quitar más de 4 capas a la vez en una primera intervención. Pero la dificultad que entrañaba esta eliminación consistió en la retirada completa de todas las tintas, incluidas las que habían penetrado parcialmente en las grietas del mármol.

De forma general, el color azul y el plateado (cuya composición lleva pequeños trozos metálicos) fueron las tintas de grafiti que más resistieron a las limpiezas con decapante y acetona. En el caso contrario, el color morado se pudo retirar fácilmente.

Al terminar con estas limpiezas, el zócalo de remate superior, y zona inferior de los paños, permitieron descubrir una costra gris-negrucza muy agarrada al soporte (Fig.7.8). Estas zonas coincidían con puntos donde la humedad había sido más persistente con el paso de los años. Se procedió a su limpieza mediante agua destilada y lanas de acero nº00. Aun así, su recuperación total fue lenta y se necesitaron varios meses de trabajo para su completa eliminación, en los que se continuó realizando estas limpiezas por paños.

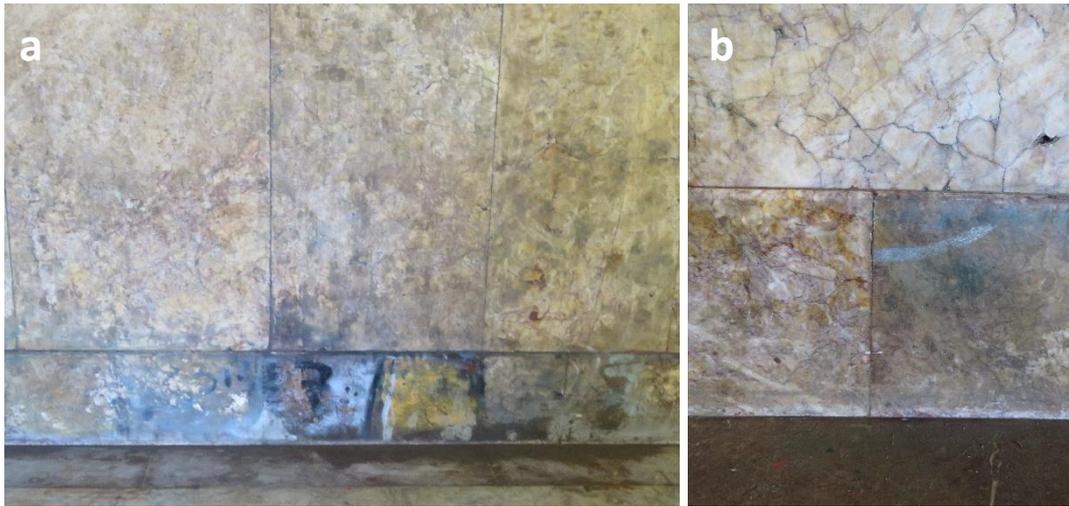


Figura 7.8. a) Uno de los paños de la pared 4 en el que aparecía la pátinas y en ocasiones costras negruzcas, y b) Detalle de esta afección.

Por otro lado, se llevó a cabo la limpieza de los sistemas de enganche de los paños de mármol de los zócalos. Estos acabaron pintados por varios grafitis (Fig.7.9.a). La identificación de ellos y su limpieza con la misma metodología que con paños de mármol (Decapante y acetona), fueron esenciales para iniciar la recuperación de estos pernos (Fig.7.9.b). Al igual que el resto de los elementos, son también parte de la historia del salón y por ello, deben ser tratados con los mismos criterios.

Finalmente, el proceso completo de eliminación de las tintas de grafitis de la pared 4, se puede observar en la Figura 7.10.

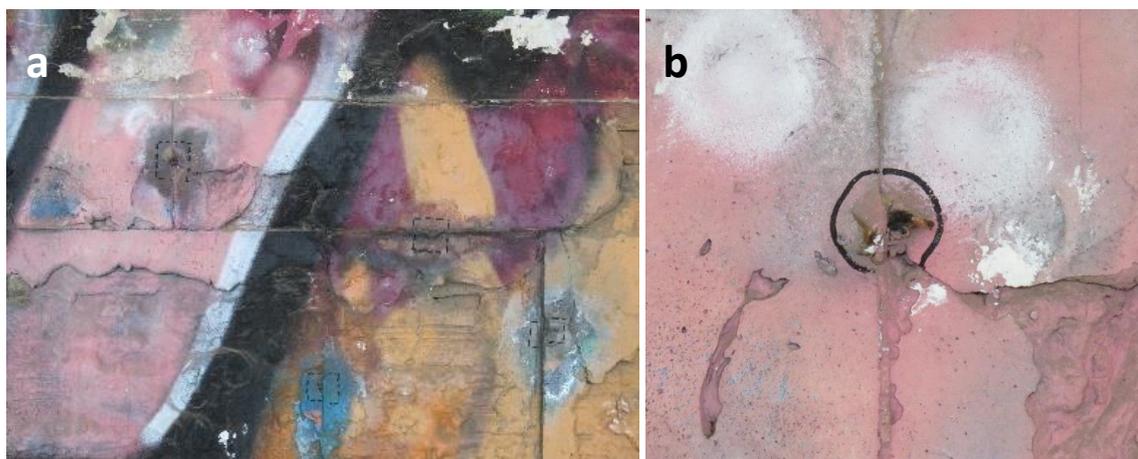


Figura 7.9. a) Uno de los paños de la pared 4 en el que aparecían las pátinas descritas, y en ocasiones costras negruzcas, y b) Detalle de esta afección.

Pared 4

Fases de la limpieza de tintas en zócalos



Figura 7.10. Proceso de eliminación de grafitis y pátinas en la pared 4.

En noviembre del 2019 hubo nuevos ataques con grafitis por todas las galerías, una vez completada la limpieza de todos los mármoles del salón, lo que llevó requirió una nueva limpieza de estas zonas, tanto de pintura mural como de mármol. Fueron únicamente dos colores de tintas con las que se realizaron: negro y rojo. En esta ocasión, se escogió realizar la limpieza mediante acetona, por dos motivos fundamentales: su rápida evaporación, que hace que no penetre el disolvente en el grosor del mármol, y la superficie lisa y satinada que ofrecería el zócalo limpio (Fig.7.11.a y b) [6]. Esta superficie, facilitaba la retirada de las tintas, no obstante, fue de gran ayuda, comenzar la limpieza al de pocos días de la noticia del acto vandálico, al no permitir así, el envejecimiento de las tintas y por ello, no dar lugar a un mayor agarre al soporte (Fig. 7.11.c).



Figura 7.11. a) Pintada en pared 2, y b) Aplicación de la acetona en una de las zonas, c) retirada de las tintas mediante algodón.

Como hecho significativo, en el 2020, una vez terminada la eliminación de las tintas de grafiti y después de los ataques vandálicos, se procedió a apurar en la limpieza en los mármoles del zócalo de la pared 4. Esto permitió eliminar una pátina amarillenta que les confería una coloración apagada y diferente al resto del salón. Posteriormente a estas limpiezas, se comprobó como el color original del mármol era rosáceo, como en los pequeños fragmentos de que persisten aún en el zócalo (Fig. 7.12).



Figura 7.12. Color original de los paños de mármol.

7.2.3 Consolidación de zonas en degradación

Las operaciones de consolidación de mármoles no han sido necesarias. Los que aún se sostienen en los zócalos, se mantienen en buen estado. Las fisuras que se observan son propias del mármol, e intervenirlas sería modificar la propia característica del mismo.

En las zonas donde el paño termina en arista viva, o en los posibles desprendimientos, se ha procedido a colocar un vendaje de emergencia (gasa de algodón con adhesivo epoxídico) para retener el deterioro. Este adhesivo se ha empleado en la restauración de piezas de mármol con buenos resultados [7,8].

7.2.4 El pulido de los zócalos

De la misma manera que se ha determinado el pulido en los mármoles del suelo como mejor sistema de recuperación del brillo, en los zócalos, al estar colocados de manera vertical, la solución sería la misma, aunque con más dificultad, por su posición. Además de actuar en los paños colocados, se realizará el pulido de los fragmentos encontrados en el desescombro para su posterior colocación.

7.2.5 Reconstrucción de los paños

La restauración del salón pasa por proporcionar una lectura continuada del mismo. Esto es posible únicamente con la restauración de los mármoles de los zócalos. La gran cantidad de piezas desprendidas (paños completos) hace imposible reconocer el salón, por ello, se presentan varias opciones estudiadas y meditadas para la puesta en valor de este elemento decorativo:

7.2.5.1 Opción 1

Evaluación del comportamiento de los morteros de reintegración y/o morteros de enlucido en las zonas faltantes, tanto pequeñas como amplias, en la pared 2 (Fig.7.13.a) del salón, por ser una pared en la que no existían los paños de mármol en el zócalo y estar lisa. Para esta prueba, se hizo una limpieza de los grafitis y se cuadrículó esta zona a fin de aplicar varias pastas de mortero de 20 x 20 cm. (Fig.7.13.b). Posteriormente, se realizó un picado de la pared para facilitar el agarre de los morteros de prueba (Fig.7.13.c y d).

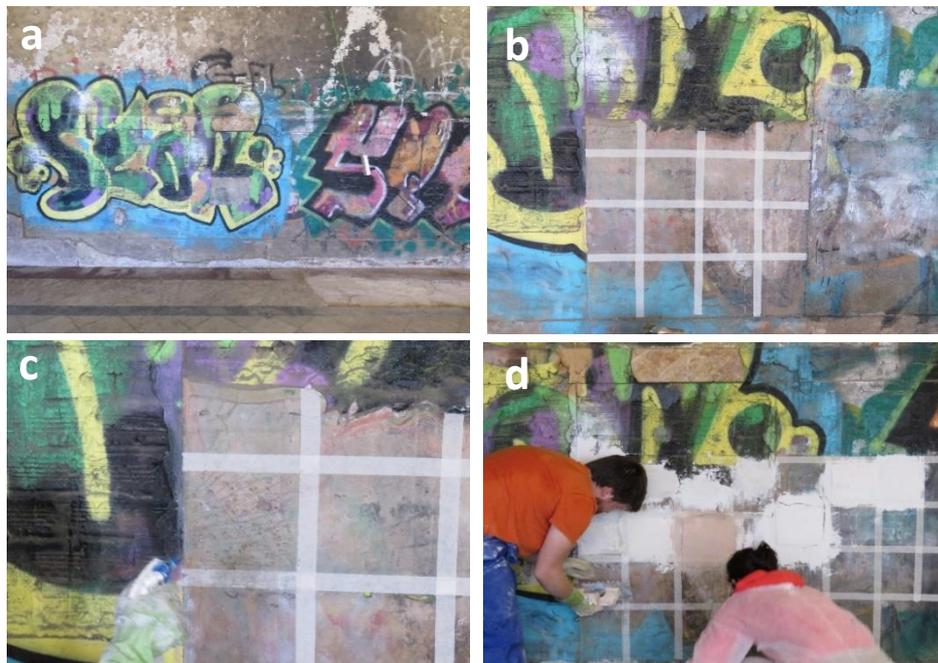


Figura 7.13. a) Pared 2 antes de la intervención, b) Eliminación de grafitis y cuadrículado de la zona, c) Picado de la pared y, d) Aplicación de los morteros de prueba.

En la elaboración de estos morteros se empleó cal hidratada y pigmentos inorgánicos tierra de la marca comercial CTS y arena de arija de Materiales de construcción HIMABISA.

Se comenzó con los siguientes tipos de mortero, con proporciones habituales para revoques:

- 1 volumen (vol.) cal + 2 vol. arena gruesa
- 1 vol. cal + 2 vol. arena gruesa + 1 vol. polvo mármol
- 1 vol. cal + 2 vol. arena gruesa + 0,5 vol. polvo mármol

La granulometría de la arena fue excesiva en estos primeros morteros, debido a esto, el fraguado de la pasta no fue uniforme, y fue demasiado rápido, por lo que la superficie quedó pulverulenta.

Las siguientes pruebas se realizaron con arena fina de arija, con proporciones de cal y polvo de mármol diferentes tras la observación del comportamiento de estos en las pruebas anteriores:

- 1- 1 vol. cal + 2 vol. arena gruesa + 1 vol. polvo mármol
- 2- 1 vol. cal + 2 vol. arena gruesa + 0,5 vol. polvo mármol
- 3- 2 vol. cal + 1 vol. arena fina + 0,5 vol. polvo mármol.
- 4- 2 vol. cal + 1 vol. arena fina + 0,5 vol. pigmento tierra.

SELECCIONADO

La cantidad de agua adicionada fue la mínima para evitar fraguados de tiempo excesivo. En el caso del pigmento y el polvo de mármol, fueron dos aditivos que resecaron en exceso la muestra. Las pruebas de mortero con polvo de mármol se agrietaron al completo, aunque ofrecían un acabado brillante y pulido. El pigmento, en contra, ofreció un secado homogéneo y sin grietas, pero pulverulento. Todas las muestras se adhirieron al soporte perfectamente. Se seleccionó la muestra de mortero 3, pero eliminando el polvo de mármol, el cual se pigmentaría por encima de la masa una vez seco.

7.2.5.2 Opción 2

En este caso se seleccionó un adhesivo empleado en la restauración de mármoles como es la resina epoxy para, encima del mortero existente de la pared 2, pegar con dos puntos de resina a esta pared, una pieza de mármol de 15x15 cm aproximadamente, recogida y seleccionada en el desescombro. De forma paralela, se realizó la misma operación con un marmoleado hecho a tal efecto y de dimensiones similares.

La evaluación del comportamiento de estas dos piezas fue realizada mensualmente durante el periodo de 1 año desde su colocación. Se ha comprobado que no han sufrido alteraciones significativas y continúan manteniendo su adhesión al muro (Fig.7.14).

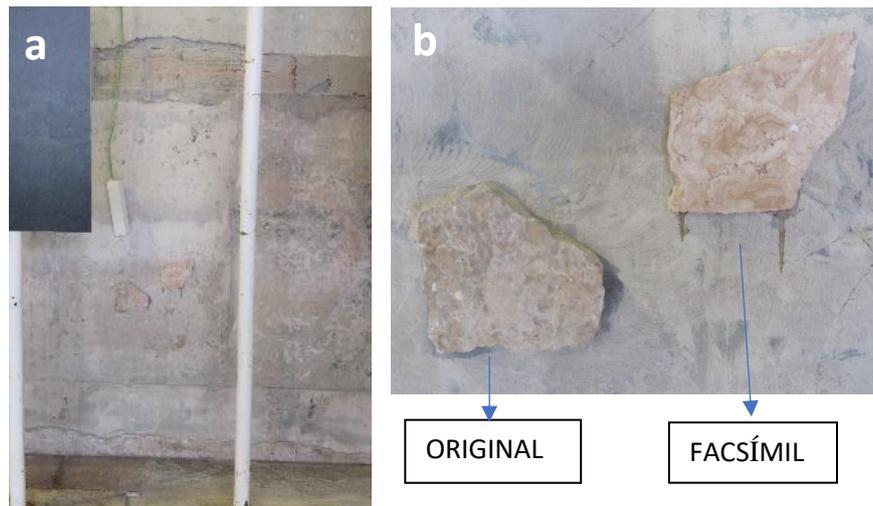


Figura 7.14. a) Vista general de las dos piezas pegadas y b) Detalle del mármol original, izquierda de la foto, y el marmoleado, derecha. La realización de los marmoleados fue efectuada por Juan Bermejo Soler.

7.2.5.3 Opción 3

Se planteó la posibilidad de insertar piezas de mármol de tonalidad y veta similar junto con mortero coloreado (Fig.7.15.a). La ubicación de esta prueba se hizo en la pared 4, en el hueco de 80 x 60 cm (Fig.7.15.b), con faltante de mármol desde el inicio del proyecto. El resultado, aunque fiable y duradero, no cumplió las expectativas de la disposición y el color tras secado, adecuadas para esta pared (Fig.7.15.c). Finalmente, se extrajeron estas piezas sin daño alguno para los paños contiguos.



Figura 7.15. a) Fragmentos seleccionados de mármol de distintas medidas para la elaboración del puzle, b) Momento de aplicación del mármol coloreado para el agarre de las piezas y c) Inclusión de las piezas y resultado final de la prueba.

7.2.5.4 Opción 4

Se ha diseñado un sistema de reintegración a través de la colocación sobre el muro de planchas perforadas de aluminio, para que se reduzca el peso del soporte, ya que el propio mármol tiene un peso considerable. Esto sería válido para la recolocación de paños completos, que es la situación de 3 de las 4 paredes. A este bastidor de aluminio se incluirá una capa de mortero, en el que aún fresco, se insertarían las piezas de mármol recogidas (Fig.7.16.a), previamente seleccionadas y agrupadas por colores, formas y vetas. El bastidor (Fig.7.16.b), contaría con un riel oculto ubicado en el muro en el que engancharlo y colocarlo a ras de los demás paños.

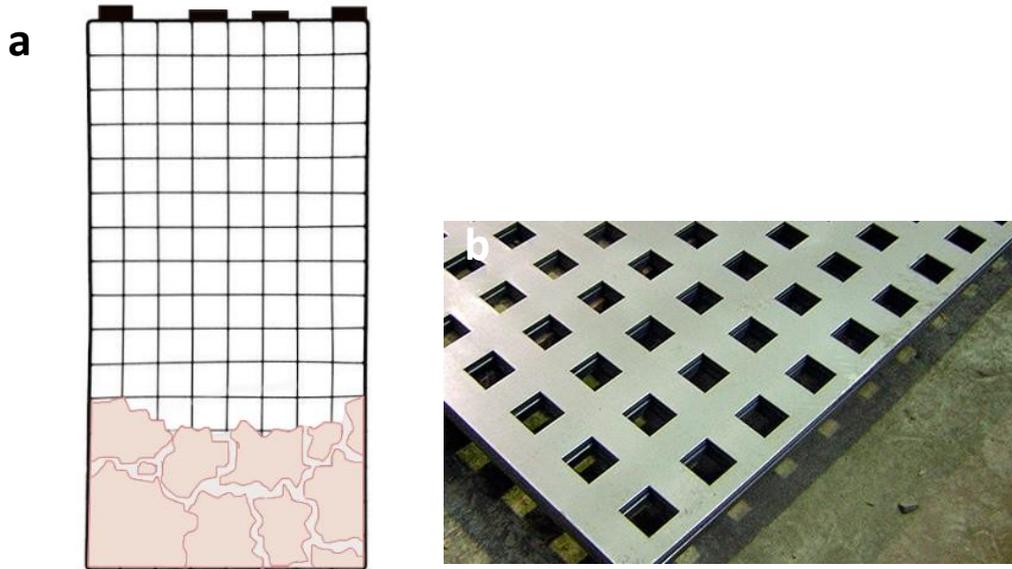


Figura 7.16. a) Recreación de los bastidores de aluminio con las piezas de mármol, y b) Imagen Plancha de aluminio. Fuente: Grupo Hierros Alfonso. Chapa perforada. <https://www.grupohierrosalfonso.com/productos/chapa-de-cerramientos-y-cubiertas/chapa-perforada.html>

En el planteamiento de la recuperación de los mármoles, ya sea con alguna de las tres opciones siguientes, siempre se ha tenido en cuenta la recuperación y colocación o uso de los fragmentos de mármol clasificados en el desescombro. Si bien con piezas grandes, medianas y pequeñas, también con las piezas diminutas encontradas. Por ello, se planteó moler estas últimas piezas para crear polvo de mármol para su adicción en el mortero de restauración (material 100% compatible en todos los aspectos). Se llevó a cabo consultas a diferentes medios: canteras, marmolerías, universidades, laboratorio, etc. Tras meses de infructuosos resultados, se encontró la posibilidad de moler gracias a la empresa, spin-off de la Universidad de Zaragoza, Geoartec Technical Solutions S.L. Pero, finalmente, el encarecimiento del servicio de la molienda de unos pocos kilogramos hizo desistir de tal opción.

7.3 Pinturas murales

Por otro lado, y en cuanto a las pinturas murales se refiere, la metodología de trabajo llevada a cabo fue similar en algunas fases a la realizada en los mármoles, pero al ser esta un soporte policromado y que cuenta con más fragilidad, se intervino

paulatinamente en los daños que presentaban los muros, para crear una metodología futura de recuperación. Esta intervención estaría supeditada a las decisiones basadas en la Memoria Histórica.

7.3.1 Limpieza superficial

Antes de la consolidación de las capas, se procedió a la limpieza de los distintos estratos y posibles oquedades mediante la aplicación de aire con pera de aire y brocha suave (Fig.7.17.a y b). La suciedad adherida a las paredes es heterogénea y repartida de igual manera por las 3 paredes con pintura mural, aunque fue más notable en el tiro de la chimenea donde la superficie inclinada de este ayudó a su acumulación (Fig.7.17. c y d).

Además de esta suciedad superficial, encontramos otros puntos en los que fue necesaria la limpieza y retirada de escombros, como en el caso de la pared trasera del tiro de la chimenea (Fig.7.17. e) y el hueco encima del dintel de la entrada a la 1ª crujía.



Figura 7.17. a) Suciedad acumulada en las paredes, b) Retirada de la capa de polvo y otros materiales mediante brocha suave, c) Pared lateral de la chimenea antes de la limpieza de la suciedad, d) Cantidad de polvo recogido en la cornisa de la chimenea y e) Desescombrado de la chimenea.

7.3.1.1 Ensayos mecánicos

En los lugares donde la suciedad estaba más adherida al muro se inició su limpieza mediante brocha de pequeño tamaño, con pelo fino y suave para no dañar la película pictórica (Fig.7.18.a). En todos los muros del salón se pueden observar huellas dejadas por pelotas y otro tipo de objetos incrustados. Para la eliminación de las manchas de pelota, se probó a utilizar en un primer momento una goma de borrar de caucho natural. Debido al mal estado en el que se encontraba la pintura mural este tipo de limpiezas quedaron descartadas, dada la poca adherencia que presentaba la capa pictórica, lo que era generalizado.



Figura 7.18. a) Eliminación de la suciedad mediante brocha, y b) Prueba con goma vulcanizada.

Posteriormente, se trataron las manchas y suciedad mediante esponja de goma vulcanizada de la casa comercial CTS (Fig. 7.18.b). Esta apenas eliminó las marcas.

7.3.1.2 Ensayos con disolventes

Aunque la intervención directa sobre las pinturas ha sido de manera puntual, previo a cualquier operación de agregado de productos o disolventes para la limpieza, se realizaron pruebas de solubilidad en pinturas murales. Estas eran sensibles a disolventes polares, como agua y alcoholes de bajo peso molecular, en cambio, a los no polares con las cetonas, no reaccionaban.

Por lo tanto, y después de la limpieza mecánica con pincel, la aplicación de acetona como método de limpieza fue adecuada, ya que ayudó a remover la suciedad adherida y apenas aportó humedad al muro debido a la alta volatilidad del compuesto. Los ensayos realizados con acetona atenuaron las manchas dejadas por las pelotas, pero no eliminaron completamente estas marcas.

Por otro lado, se llevó a cabo la evaluación de la eliminación de estas manchas con Agar al 2% en líquido (de la casa comercial CTS)(Fig.7.19.a). Tras su preparación al baño maría y disolución, se aplicó en las manchas durante 20 minutos, obteniendo una limpieza parcial, además de un ablandamiento de la suciedad. Esta solución, puede ser efectiva en ciertas zonas donde la policromía y los estratos estén en buen estado, pero en las más deterioradas no ya que, al retirar el gel, puede provocarse un “efecto peeling” y dañar más aún la superficie.



Figura 7.19. a) Gel de Agar al 2% aplicado sobre la mancha de pelota y b) Papeta de metilcelulosa aplicada en mancha de pelota.

También se colocaron en estas manchas, apósitos/papetas con metilcelulosa (casa comercial, Productos de Conservación)(Fig.7.19.b) durante 30 minutos para conseguir un reblandecimiento de la suciedad. Esta opción fue efectiva en menor grado ya que no conseguía penetrar lo suficiente.

Dada la dificultad que entrañaba la eliminación de manchas de pelota, se incluyeron a modo de prueba, los siguientes compuestos: carboximetilcelulosa 5% (Productos de Conservación), gel rígido Agar 4% (CTS) y gel de Kudzu al 10% (Mitoku), todos ellos disueltos en agua destilada (Fig.7.20). Este último, es un almidón nuevo dentro de la Conservación y Restauración del cual se ampliará información en el capítulo 8 de esta tesis.

La utilización del Agar-agar en diferentes soportes es conocida, por ello, se elaboró gel de Agar al 4% para crear un gel rígido que pudiera absorber mayor suciedad.

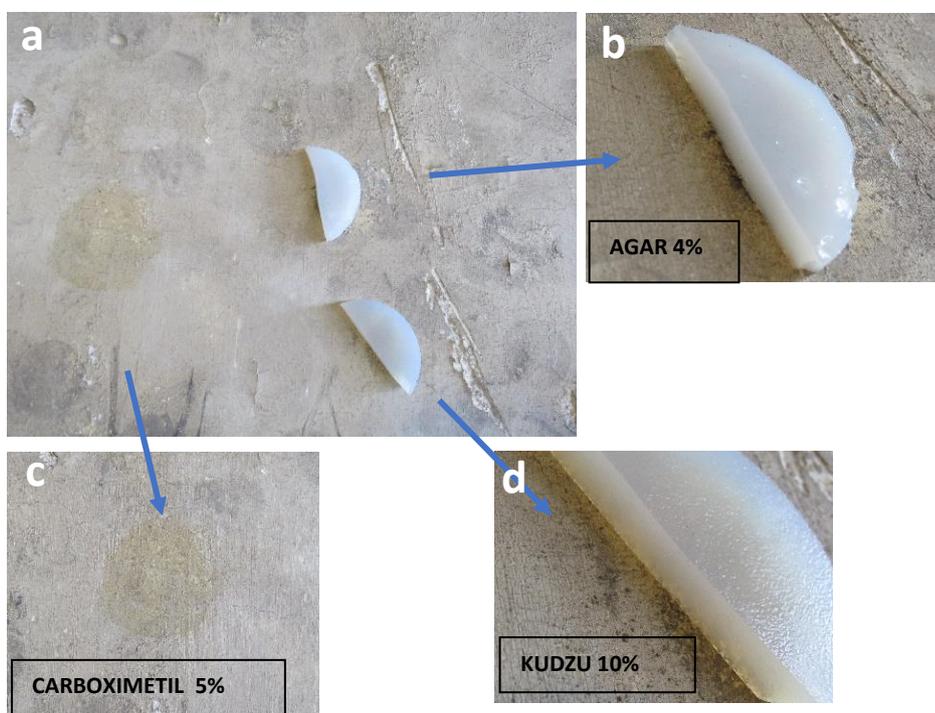


Figura 7.20. a) Vista general de las tres aplicaciones en la pared 4, b) Gel de Agar al 4% rígido aplicado sobre la mancha de pelota, c) Carboximetilcelulosa al 5% y d) Gel rígido de kudzu al 10%.

El compuesto de carboximetilcelulosa apenas actuó con las manchas de pelota, el Agar tras 30 minutos (control cada 10 min.), removió levemente la suciedad, y absorbió parte de ella en el gel. Por último, el kudzu tras 30 minutos, eliminó gran

parte de la suciedad, siendo el compuesto más adecuado para removerla. El apurado final se hizo con escalpelo.

7.3.1.3 Ensayos combinados

La eliminación de suciedad y marcas existentes en las paredes pasó por combinar limpiezas mecánicas y limpiezas con disolvente: limpieza mediante brocha para desprender la mayoría del polvo que se depositó en las pinturas, y, posteriormente, el empleo de gel de kudzu al 10%, y la utilización de acetona para mejorar el estado de la pared. En las zonas donde exista pintura mural, este método es desaconsejable para ellas.

7.3.2. Eliminación de grafitis

El salón presenta una gran cantidad de grafitis en sus paredes, desde el zócalo inferior hasta una altura de 2,5 m. La eliminación de estas tintas que afectan de forma notable a las pinturas del salón conllevó la realización de ensayos tanto mecánicos, como con ayuda de disolventes.

7.3.2.1 Ensayos mecánicos

En primer lugar, se comenzó con una limpieza mecánica con pincel retirando la capa superficial de suciedad, después, con especial cuidado, para intentar retirar alguna capa de grafiti, se utilizó un escalpelo. Todos estos métodos han sido poco fructíferos debido a que los grafitis se han adherido al mortero penetrando en él con un efecto consolidante sobre el mismo.

7.3.2.2 Ensayos con disolventes

La actuación con disolventes siempre tiene que estar marcada por la precaución. Comenzando con un primer disolvente de menor grado de agresividad, tanto para el mortero como para la capa pictórica, y comprobando su estabilidad y su poder de disolución. Por lo cual, el primer disolvente que se empleó fue la acetona. Dado que es una sustancia muy volátil se aplicó mediante impacos (Fig.7.21.a) para mantener el poder disolvente durante 15 minutos. Como se puede apreciar en la Figura 7.21.b, no se consiguió un resultado óptimo, aunque si removió parte de la tinta del grafiti.

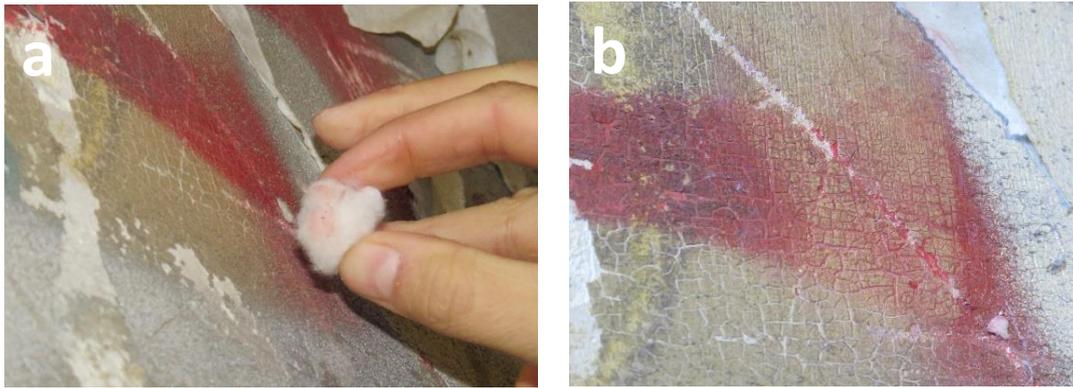


Figura 7.21. a) Impaco de acetona en tinta de grafiti de la pared mural 1 y b) Resultado tras varias aplicaciones de impacos de acetona.

Posteriormente, se empleó el decapante DECK3000 probado en mármoles. Este decapante actuó en las tintas ablandándolas y disolviéndolas. Se realizó la limpieza con algodón para eliminar cualquier resto de disolvente, como de tinta. Algunos de los colores fueron más costosos de eliminar, como son el plateado y el azul pero que igualmente, poco a poco, se pudieron eliminar.

7.3.2.3 Ensayos combinados

Finalmente, la solución óptima a la eliminación de grafitis fue la realizada con decapante, un apurado mecánico con escalpelo y una limpieza final con acetona. Las grietas que presentaba el mortero eran un espacio de difícil limpieza. Retirar la tinta que se había adentrado en ellas fue tarea imposible, si no eereparando estas grietas con producto, lo que conllevaría daños mecánicos en el mortero. Por lo tanto, se descartó una limpieza más exhaustiva. Estas primeras pruebas se realizaron en pequeñas zonas, una vez conseguida la metodología de actuación, y se continuó en la pared 4, para trabajar en los grafitis que aún quedaban en la pintura mural (Fig.7.22.a).

Se comenzó con la realización de pequeñas catas con acetona y decapante (compuestos ya comprobada su eficacia en los mármoles) sobre las pinturas murales. Estas, al ser la acetona un compuesto volátil, no le dio tiempo a verse afectada, pero en cambio, sí las tintas de grafitis que se encontraban superpuestas (Fig.7.22.b). En los siguientes pasos se fueron ampliando las zonas, aunque el límite máximo de área

de trabajo fueron 20 x 20 cm para no descuidar los tiempos de aplicación y controlar así, las reacciones de las capas pictóricas (Fig.7.22.c).



Figura 7.22. a) Pared 4 antes de la intervención, b) Prueba realizada con acetona en pintura mural con grafiti, c) Aplicación y retirada del decapante en ventanas controladas y d) Aspecto final de la pared tras estos trabajos.

Sin embargo, el aspecto final de la pared mostraba un color oscuro, tras las limpiezas, por este motivo, se continuó con el apurado de esta zona con acetona y algodón, para retirar casi al 100% las veladuras negruzcas que permanecían en toda la pared (Fig.7.22.d).

7.3.3 Eliminación de pátina microbiológica

Las áreas donde más presente estaba, a simple vista, la contaminación microbiológica eran: la esquina derecha del salón (pared 3 y 4), ver Figura 7.23.a, y el techo (únicamente 2 puntos reducidos). Estas zonas estaban tan deterioradas por la entrada de agua que se habían perdido todas las posibles pinturas murales que había en ellas (Fig.7.23.b).



Figura 7.23. a) Esquina de unión de la pared 3 con la pared 4 con crecimiento microbiológico, y b) Detalle del aspecto del punto afectado.

Únicamente se intervino en la esquina derecha ya que podía afectar por proximidad a las pinturas cercanas. Los puntos del techo fueron controlados, pero se observó una disminución de la capa microbiológica al impermeabilizar el jardín superior. Al igual que en los mármoles, se empleó el fungicida Preventol RI50 en esta zona de mortero en la que había desaparecido la película pictórica (Fig.7.24.a). Para ello, se aplicó con spray y se repitió esta acción al cabo de una semana. La mejora de la esquina fue significativa (Fig.7.24.b). Para realizar el mantenimiento semestral, se dispersó isopropanol puro de la casa comercial CTS, a fin de, controlar la proliferación de microorganismos (Fig.7.24.c).



Figura 7.24. a) Intervención con fungicida en spray, b) Esquina tras las aplicaciones del fungicida y c) Pulverización de alcohol para mantener controlado el ataque microbiológico.

7.3.4 Eliminación de empastes y otros depósitos

Son numerosos los ataques vandálicos sufridos sobre las pinturas murales, uno de los más habituales son los impactos con pintura plástica blanca (Fig.7.25.a). Para proceder a su retirada, se empleó cuidadosamente el escalpelo (Fig.7.25.b), que permitía levantar grandes áreas de empaste sin dañar la policromía (Fig.7.25.c), dejando al descubierto la coloración original del salón en este punto.



Figura 7.25. a) Empaste de pintura plástica situado en la cornisa del salón, b) Eliminación del empaste mediante escalpelo y c) Resultado final de la operación en el que se aprecia el tono de fondo original.

Además, existían en todas las paredes, impactos de objetos de vidrio, y perdigones, la retirada de todos estos objetos se efectuó con pinzas.

También aparecían restos de papeles pegados a la pared. En este caso se eliminaron una vez ablandados con agua destilada, mediante pinzas e hisopo de algodón para su completa eliminación (Fig.7.26.a).

Ha sido habitual encontrar dentro del mortero, y situados a cualquier altura, clavos de hierro que, en muchos de los casos, debido a la corrosión, habían reventado las capas del soporte y policromía. Se ubicaban de diferentes maneras y en ninguno de los casos estaban clavados al mortero. Su eliminación se llevó a cabo mediante pinzas, en los casos en los que se encontraban parcialmente fuera del mortero, y tenazas, en los casos más complicados (Fig.7.26.b).

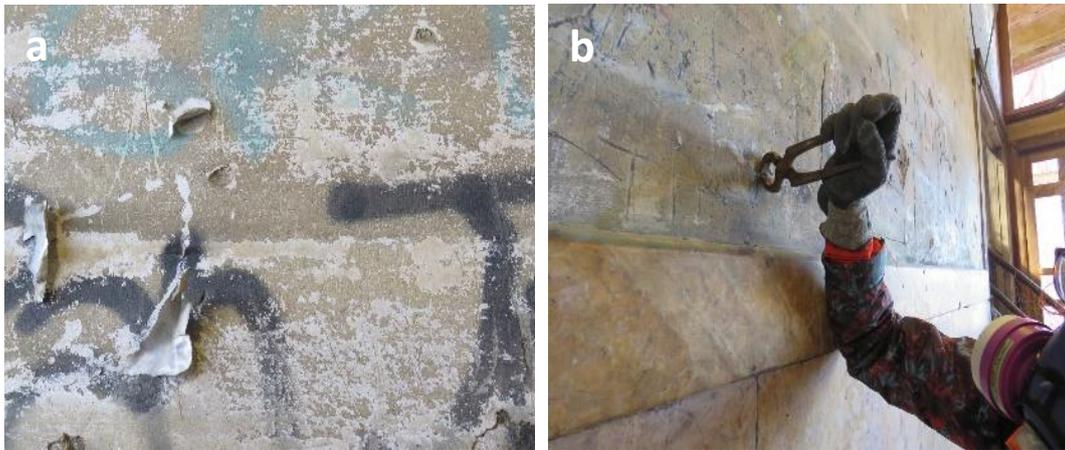


Figura 7.26. a) Papeles adheridos y b) operación de extracción de clavos.

7.3.5 Recogida y conservación de fragmentos de pintura mural

En las campañas de desescombro realizadas por estudiantes de 3º y 4º del grado de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, se clasificaron, limpiaron y almacenaron las pinturas murales desprendidas supuestamente del tiro de la chimenea del salón (Fig.7.27.a). Para ello se desempolvaron, mediante brocha, por el anverso y el reverso, se eliminaron las capas de sales adheridas y, posteriormente, se almacenaron en cajas protegidas de la luz solar (Fig.7.27.b). Cada pieza se envolvió cuidadosamente con papel tisú, intercalando láminas de papel secante libre de ácido (Productos de Conservación) entre pieza y pieza.



Figura 7.27. a) Fragmento de pintura mural hallado en los escombros pertenecientes al tiro de la chimenea, y b) Piezas que contenían pintura mural, para su posterior almacenaje.

7.3.6 Consolidación

Según la descripción de Giorgi, R. en “Nuevo método para la consolidación de pinturas murales basado en dispersiones de cal viva en alcohol” [9]: *“los compuestos usados en el proceso de consolidación reciben, a menudo, el nombre de fijadores. Dicho término indica la mezcla del elemento consolidante con un agente dispersante necesario para su aplicación. Con el objeto de conseguir una buena consolidación, el fijador debe ser capaz de penetrar a una profundidad de al menos dos o tres milímetros, para así evitar la formación de películas superficiales o la acumulación de material en las capas externas.”*

Las pinturas murales y, en general, los muros del salón presentan grandes lagunas, abombamientos y exfoliaciones (Fig.7.28). Algunos de estos daños, no pueden ser reparados con productos consolidantes, y deben fijarse mediante morteros de restauración. Además, la pulverulencia es generalizada en gran parte de la superficie, lo que dificulta las labores de consolidación.

La elección de los consolidantes evaluados fue motivada por los estudios científicos llevados a cabo en Restauración de Patrimonio Construido [10]. Por ello, muchos de estos consolidantes no han sido evaluados en pintura mural. La interacción de estos productos con ciertos pigmentos y aglutinantes no está comprobada. Así pues, las pruebas realizadas se han llevado a cabo en zonas exentas de iconografías.

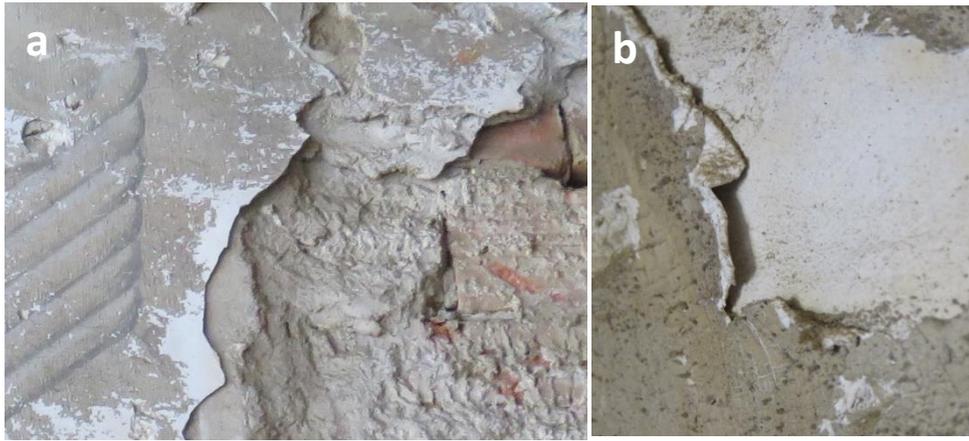


Figura 7.28. a) Zonas con grandes pérdidas que llegan hasta el soporte, y b) Exfoliaciones de distintos estratos de la pared.

En la Tabla 7.3, se muestran las diferentes evaluaciones de los productos para la consolidación de las pinturas murales y los métodos de aplicación directamente en las paredes.

Se ha concluido, mediante observaciones organolépticas en la propia pintura mural, como el consolidante idóneo para las pinturas, es el Nanorestore, por sus características nanométricas, la capacidad de penetración y el grado de adherencia a una superficie como es el mortero y la película pictórica [11,12].

Tabla 7.3 Resultados obtenidos en las pruebas de consolidación de las pinturas murales.

Nombre	Composición+ Disolución	Porcentajes	Sistema aplicación	Resultado
COMERCIALES				
NanoRestore®	Ca(OH) ₂ (nanopartículas)+ Alcohol Isopropílico	8%	Dispersión superficial	Efectos amortiguados/ Consolidación de capas superficiales
			Inyección	Buena adherencia
		15%	Brocha	Desprendimiento de pintura mural de fondo
			Dispersión superficial	Efectos amortiguados/ Poca eficacia consolidante
			Inyección	Buena adherencia
			Brocha	Desprendimiento de pintura mural de fondo
			Dispersión superficial	Pátina blanquecina
			Inyección	Adhiere capas íntimas película piclorica levemente..
			Brocha	Pátina blanquecina al secado.
			Dispersión superficial	No es evaluable
Inyección	No adhiere las capas			
Fluidine CP®	Fluor- elastómeros Y polímeros acrílicos + acetona	5%	Dispersión superficial	No es evaluable
			Inyección	No adhiere las capas
		10%	Brocha	No aconsejable
			Dispersión superficial	Adhiere levemente
			Inyección	Adhiere levemente
			Brocha	No aconsejable
			Dispersión superficial	Adhiere levemente
			Inyección	Adhiere levemente
			Brocha	No aconsejable
			Dispersión superficial	Adhiere levemente
Inyección	Adhiere levemente			
NO COMERCIALES				
Hidróxido de Calcio	Ca(OH) ₂	8%	Dispersión superficial	Crea pátina blanquecina al secar
			Inyección	Adhiere bien pero deja cerco de cal en el estrato subyacente.
		9%	Brocha	No es posible la aplicación
			Dispersión superficial	Crea pátina blanquecina al secar
			Inyección	Adhiere bien pero deja cerco de cal en el estrato subyacente.
			Brocha	No es posible la aplicación
			Dispersión superficial	Crea pátina blanquecina al secar
			Inyección	Cerco de cal notable
			Brocha	No es posible la aplicación
			Dispersión superficial	Crea pátina blanquecina al secar
Inyección	Cerco de cal notable			
Hidróxido de Bario	Ba(OH) ₂	11%	Dispersión superficial	Crea pátina blanquecina al secar
			Inyección	Adecuado para capas interiores.
		12%	Brocha	No es posible la aplicación
			Dispersión superficial	Crea pátina blanquecina al secar
			Inyección	Adecuado para capas interiores.
			Brocha	No es posible la aplicación
			Dispersión superficial	Crea pátina blanquecina al secar
			Inyección	Adecuado para capas interiores.
			Brocha	No es posible la aplicación
			Dispersión superficial	Crea pátina blanquecina al secar
Inyección	Adecuado para capas interiores.			
Funori	Polisacárido alga Gloiopeptis	10% por ser un adhesivo suave para mortero.	Brocha(por su viscosidad)	Adherencia mediana pero mantiene la mateidad del fondo de la pintura mural
			Brocha	No es posible la aplicación

7.3.7. Apertura de ventana de la pintura original

Tras los resultados obtenidos en los análisis químicos por capas, en los cuales, se corroboró la existencia de una capa de color marrón subyacente (ver capítulo 5.2.4.3), se ejecutó a modo de ensayo la apertura de una ventana que posibilitara ver esa pintura original.

La zona escogida (área junto al zócalo de mármol de la pared 2) en la que, las limpiezas de los grafitis hicieron descubrir esta capa (Fig.7.29.a), contaba con unas dimensiones de 6x3 cm. Mediante el microscopio óptico portátil Dinolite, se pudo levantar con el empleo de un escalpelo, la capa superior, correspondiente a la preparación de blanco de plomo o Albayalde. En la Figura 7.29.b se puede ver esta preparación encima de una capa de color marrón claro con aspecto cristalino, lo que coincide con los resultados obtenidos en el ensayo de Difracción de rayos X.

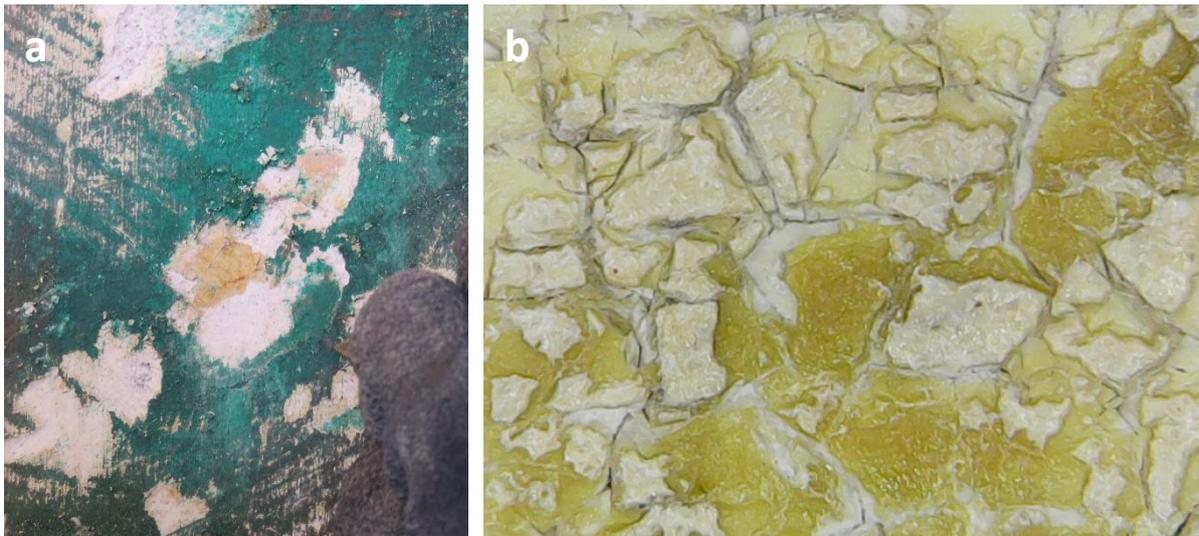


Figura 7.29. a) Área donde apareció la posible capa subyacente, y b) Macrofotografía de esta zona.

Esta cata realizada, permitirá determinar la posibilidad de una intervención “agresiva” de extracción de toda pintura original del salón, si tras la valoración por parte de los organismos competentes, finalmente, se decide esta opción. No obstante, no es la opción más recomendable, por el estrés físico-mecánico que sufrirán los estratos de la pintura mural.

7.3.8 Ensayos de Reintegración

A fin de completar el posible trabajo de conservación y restauración de las pinturas, se procedió a realizar las pruebas de reintegración cromática, para la futura lectura de las paredes, si se optase, por el mantenimiento de las actuales.

7.3.8.1 Reintegración de lagunas

La reintegración de lagunas se efectuó en la pared 4, nuevamente, para que después, pueda ser extrapolado al resto de los muros.

Después de su limpieza, se resaltaron, más si cabe, las pequeñas muescas y lagunas que contenía. La laguna central de grandes dimensiones se reintegró de la siguiente manera:

1. Aplicación de agua destilada en spray (varias aplicaciones) hasta comprobar que el muro estaba húmedo (Fig.7.30.a)
2. Enrasado con mortero de restauración PLM-SM de CTS.
3. Tras secado, creación de marcas de agarre en el mortero (Fig.7.29.b).
4. Enlucido con mortero PLM-S de CTS (Fig.7.30.c).

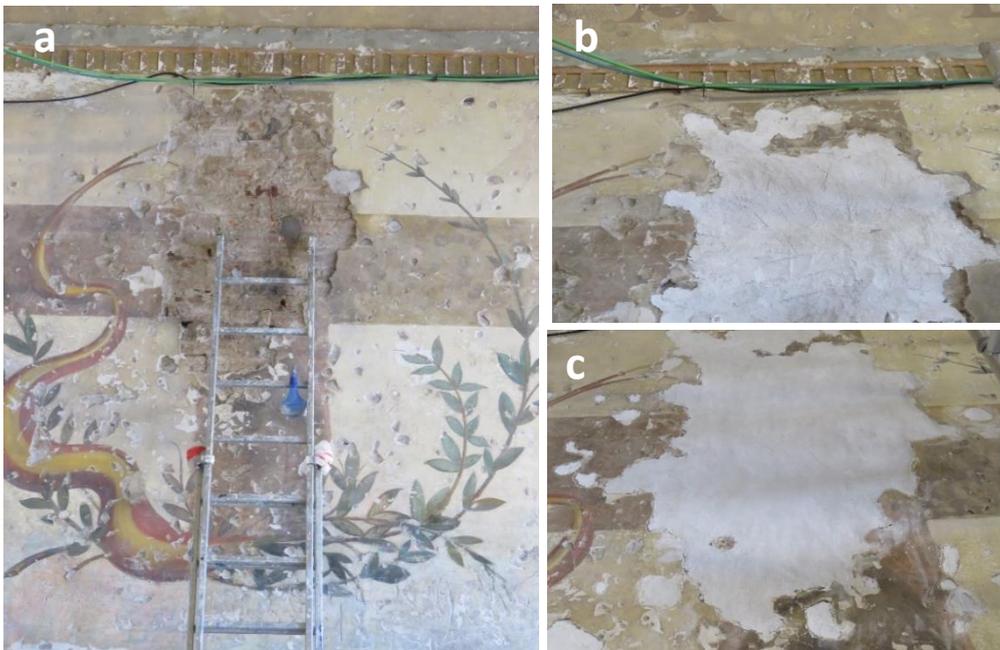


Figura 7.30. a) Laguna central con agua pulverizada, y b) Mortero de arricio con rasgados para el agarre del intonaco y c) Aplicación de mortero de enlucido.

Para lagunas pequeñas, pero con profundidad, se procedió de la misma manera que en la laguna grande. En cambio, a la hora de reintegrar lagunas superficiales o muescas, se empleó solamente mortero de estucado o enlucido PLM-S de CTS con espátula pequeña para rellenar estas oquedades (Fig.7.31).

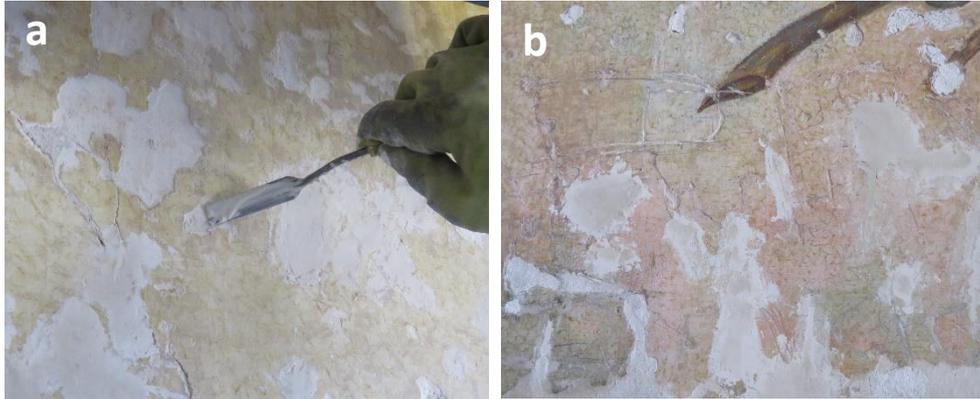


Figura 7.31. a) Aplicación de estuco en lagunas de pequeñas dimensiones y b) Apariencia final de las lagunas pequeñas con pintura mural.

Finalmente, la pared 4 se reintegró casi en su totalidad, excluyendo la esquina izquierda (Fig.7.32) por presentar degradaciones que llegan hasta el soporte de ladrillo.



Figura 7.32. Aspecto final de la restauración de lagunas.

7.3.8.2 Reintegración cromática

Posteriormente a la reintegración de estas lagunas, se abordó la reintegración cromática. Esta reintegración se planteó desde su inicio, como reintegración discernible, mediante el empleo de tintas planas que devolviera la legibilidad de la pared [13-15].

Esta opción de reintegración fue una prueba, un trabajo realizado para comprobar la adecuación de las tintas y la visión mejorada de la pared 4. Esta operación queda a expensas de las decisiones políticas pertinentes respecto a las pinturas murales, pero ha servido de ensayo para los futuros trabajos.

La dificultad en cuanto a la reintegración cromática fue provocada por el aspecto mate y vibrante que presentaban las pinturas murales en la actualidad. Cabe decir, que este efecto óptico es complicado de recrear, ya que el empleo de pinturas actuales no permite esta veladura generalizada.

Las pinturas que se eligieron para la reintegración cumplieron con los principios de: reversibilidad, no alteración cromática con el paso del tiempo, y por último, compatibles con la obra. Se utilizó, por tanto, Gouaché, de la marca comercial Talens. En el comienzo del procedimiento se establecieron unos colores base semejantes a la zona a reintegrar, con los que se fue alternando su tonalidad hasta encontrar los más adecuados para cada caso (Fig.7.33.a). El pompón resultó una herramienta muy útil para la aplicación del color (Fig.7.33.b), puesto que, le otorgó ese aspecto vibrante que requería, mediante pequeños golpes aplicados, sin marca alguna. Previamente a la aplicación en la zona escogida, se llevaron a cabo pruebas de color para el calibrado del color más conveniente (Fig.7.33.c).

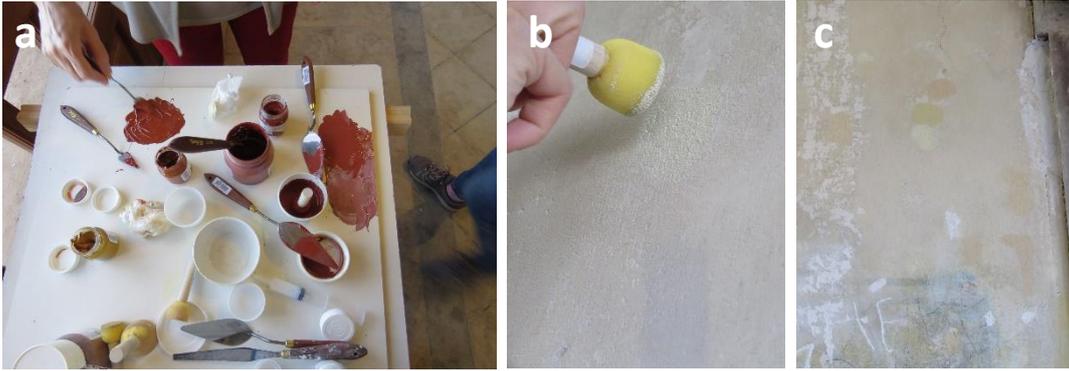


Figura 7.33. a) Mezcla de colores para realizar la paleta de reintegración, b) Aplicación del color de fondo mediante pompón y c) Pruebas de color sobre el fondo de la pintura mural.

Se intervino, cromáticamente, en los colores rojo y amarillo de la cruz central. A pesar de haber reducido la luminosidad del color, este dominaba la pintura. Por ello, la mejor opción para el cromatismo de esta laguna pasó por alternar diferentes colores aplicados con pompón, y así, rebajar ese efecto (Fig.7.34.a).

El color de fondo, en cambio, resultó menos complejo a la hora de reintegrar, pudiendo aplicar el color en zonas extensas que quedaban acorde con el resto de la pared 4 (Fig.7.33.b).

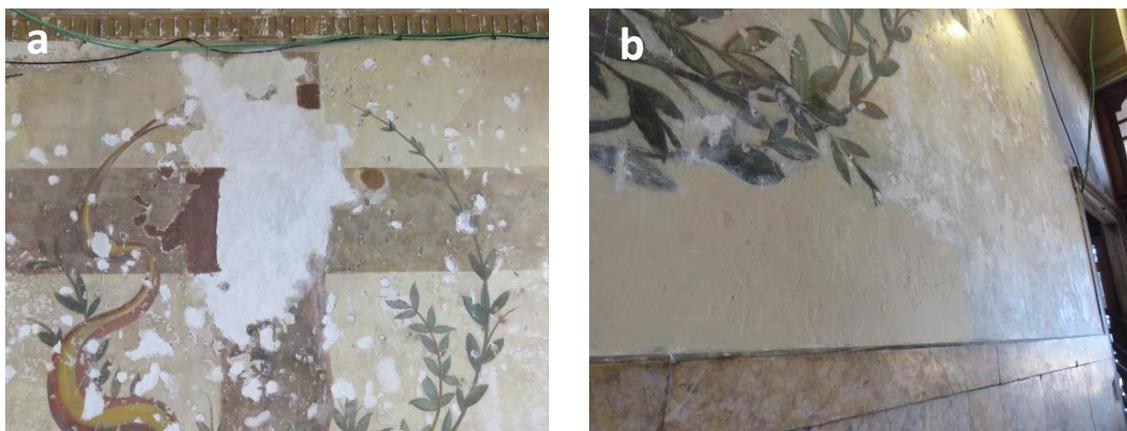


Figura 7.34.a) Reintegración cromática efectuada en la cruz central y b) Color fondo aplicado. Este se mimetiza con el fondo de la pintura.

7.3.9 Protección final

La protección de las pinturas murales, o simplemente del fondo de las paredes, pasa por la aplicación de una resina acrílica. Esta capa protegería a las pinturas de agentes biológicos y microbiológicos, atmosféricos, marinos y actos vandálicos. Fue necesario dar una capa fina, pero a la vez resistente para evitar nuevos deterioros [16]. Para el tipo de aplicación se haría uso de una pistola de aire comprimido, idónea para estas pinturas, ya que son de gran tamaño y este modo de aplicación deja acabados uniformes [17]. Sería necesario proteger las pinturas murales con una plantilla realizada en papel que nos permita acceder a los fondos sin invadir el espacio de las pinturas.

7.3.10 Musealización de las tareas de Restauración

Todas las tareas de Restauración realizadas hasta el momento en el salón y las futuras pasan por ser difundidas a la sociedad, ámbito académico, y ciudadano. Por ello, se ha llevado a cabo la elaboración de paneles informativos, ver Anexo 3, para seguir el ejemplo de “abierto por obras” y que se puedan observar los avances en los trabajos de Conservación y Restauración.

Se dispondrán en el salón para que el visitante conozca, sobre todo, el estado de conservación anterior, y valore, a la vez, el trabajo realizado. Y, por consiguiente, reconozca y aprecie, como en un patrimonio municipal, la inversión de esfuerzos económicos está justificada.

7.3.11 Desarrollo de herramientas 3D para su difusión

La incorporación de herramientas virtuales 3D al mundo del Patrimonio Cultural es cada vez más habitual. Gracias a los nuevos sistemas de visualización de espacios en modelos 360º es posible ver el Patrimonio en lugares a miles de kilómetros de distancia, o reconstrucciones de lo que hoy son restos arqueológicos [18,19]. Como proyecto destacado en este ámbito, se encuentra la catedral de Notre-dame (Paris) [20], que tras el incendio en el que se sumió en el 2019, han conseguido realizar visualizaciones 3D de lo que se ha perdido, para preservar lo que fue. De la misma

manera, las galerías Punta Begoña, como se ha mencionado a lo largo de esta tesis doctoral, es un patrimonio desconocido. Por ello, herramientas virtuales para la inmersión del visitante se consideran importantes, ya que ayudan a entender el patrimonio, ya sea con la musealización virtual, como con reconstrucciones de épocas históricas diferentes por las que ha pasado el edificio.

Aunque, el proyecto de puesta en valor de las galerías ya contaba con visualizaciones 360° a través de su página web, estas no permitían observar en conjunto el espacio y dimensionar de forma real los lugares de estas.

Para lo cual, se llevó a cabo durante la duración del proyecto, la recogida de imágenes 2D y 3D, aunque son las primeras las que predominan, se pudo en el 2017, sacar imágenes 360° de salón al completo (Fig. 7.35).

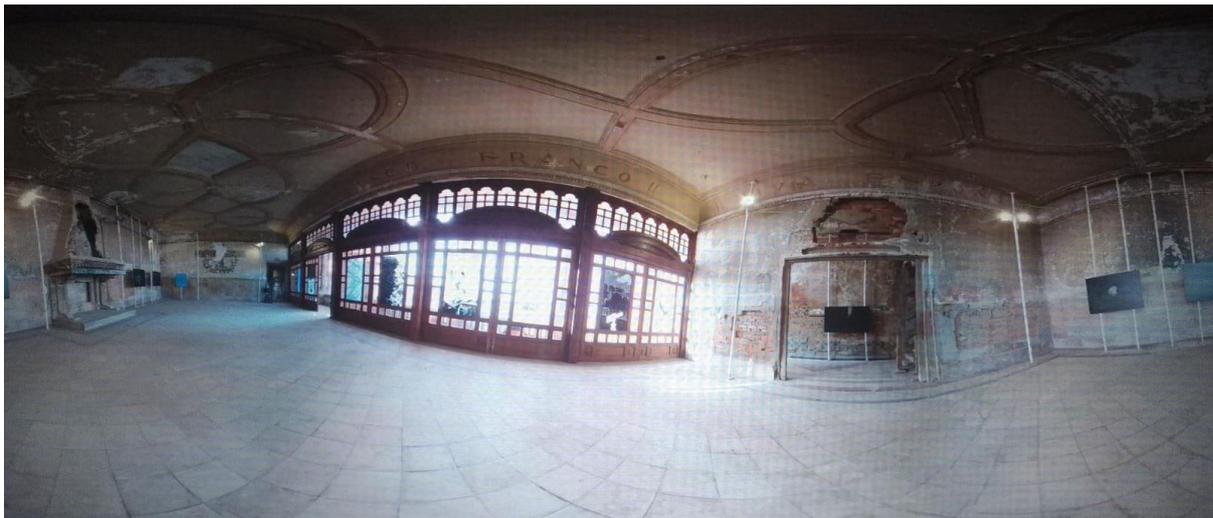


Figura 7.35. Imagen equirectangular del salón.

A través de un software¹³ de manipulación de las imágenes equirectangulares, se transformaron en espacios 360°, para después crear un espacio virtual de la sala. Lo mismo sucedió con las imágenes tomadas en el 2020, ya con las intervenciones hechas en el salón.

¹³ Software TOTBOX VR. Módulo de Gestión de Patrimonio. Se trata de un software de creación de tours virtuales que dispone de un módulo específico para la gestión de patrimonio que permite realizar el seguimiento del estado del mismo y su proceso de restauración a partir de series históricas de imágenes 360°.

Para otorgar más capacidad inmersiva a estos modelos 3D, se introdujeron puntos de información dentro de las paredes del salón, lo que permitió ver singularidades de cada uno de los muros.

Además, el visualizador de la escena tiene la posibilidad de cambiar de vista enfocando en ciertos puntos marcados, es decir, puede ver el antes y después de la recuperación del salón. Esto supone una forma muy eficaz para que el ciudadano, cercano o extranjero, compruebe como se desarrollan los trabajos de restauración. Igualmente, debido a la situación sanitaria mundial que se está viviendo mundialmente por culpa del virus SARS-CoV-2, se hace más imprescindible este tipo de herramientas, que acercan el Patrimonio a cualquier lugar.

Actualmente, se están añadiendo nuevas visualizaciones para la recreación de lo que fue el salón en sus comienzos, junto con modelos virtuales de las supuestas pinturas originales, decoración original, reconstrucción de los zócalos y, la interacción con el espacio.

Todo ello, facilita la labor de conocimiento de las galerías, es en definitiva un aprendizaje cultural idóneo, incluyendo la preservación del conjunto, con un modelo de visitas más sostenible.

Las visitas virtuales desarrolladas, se han insertado en un el siguiente enlace web:

<https://vr.totbox.es/puntabegona>

Puede ser visitado mediante gafas VR o directamente en el dispositivo móvil u ordenador.

7.4 Conclusiones del capítulo

Las tareas de restauración llevadas a cabo, en los diferentes elementos decorativos, han servido para establecer las bases de la restauración completa del salón.

En primer lugar, la limpieza generalizada de los mármoles y muros, mediante medios mecánicos, facilitó las posteriores acciones, y permitió reducir algunos de los agentes de deterioro.

En lo relativo a la metodología creada para la eliminación de grafitis, esta, fue satisfactoria en los zócalos por medio de decapante específico (DECK4000 de CTS) y acetona como disolvente de rápida evaporación, y extrapolable a otros puntos del salón, como el suelo. Además, los mármoles recogidos en su mayoría en las tareas de desescombro, permitirán, mediante diferentes opciones, su futura colocación en los muros.

En lo referente a las pinturas, se determinó necesaria su consolidación, el consolidante seleccionado, NanoRestore, funcionó en la zona aplicada. Pero se requiere la desalación mediante papetas para poder realizarla al completo. Gracias al hallazgo de nuevas pinturas murales en las labores de desescombro, no identificadas, puede servir de ayuda para completar la historia del salón. En el desarrollo de los trabajos de reintegración cromática ha podido concretar la metodología de reintegración de las lagunas de las pinturas, con pequeños puntos de color encima de una tinta plana, con la técnica del gouache.

Por último, deben darse a conocer estas intervenciones a la sociedad, por medio de una musealización específica de la restauración. Además, el desarrollo de herramientas virtuales, más en la situación sanitaria actual, se ve imprescindible para poner en valor el patrimonio, pero también la importancia de esta profesión, desconocida para mucha gente.

7.5 Referencias

- [1] Damas Mollá, L., Uriarte, J. A., Aranburu, A., Bodego, A., Balciscueta, U., García Garmilla, F., Antigüedad, I., & Morales, T. (2018). Systematic alteration survey and stone provenance for restoring heritage buildings: Punta Begoña Galleries (Basque-Country, Spain). *Engineering Geology*, 247, 12–26. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.10.009>
- [2] Ortiz, P., Antúnez, V., Ortiz, R., Martín, J. M., Gómez, M. A., Hortal, A. R., & Martínez-Haya, B. (2013). Comparative study of pulsed laser cleaning applied to weathered marble surfaces. *Applied Surface Science*, 283, 193–201. <https://doi.org/10.1016/j.apusc.2013.06.081>
- [3] Klein, S., Fekrsanati, F., Hildenhagen, J., Dickmann, K., Uphoff, H., Marakis, Y., & Zafirooulos, V. (2001). Discoloration of marble during laser cleaning by Nd:YAG laser wavelengths. *Applied Surface Science*, 171(3–4), 242–251. [https://doi.org/10.1016/S0169-4332\(00\)00706-6](https://doi.org/10.1016/S0169-4332(00)00706-6)
- [4] Rodríguez-Navarro, C., Rodríguez-Navarro, A., Elert, K., & Sebastian, E. (2004). Role of marble microstructure in near-infrared laser-induced damage during laser cleaning. *Journal of Applied Physics*, 95(7), 3350–3357. <https://doi.org/10.1063/1.1649811>
- [5] Colao, F., Fantoni, R., Lazic, V., Morone, A., Santagata, A., & Giardini, A. (2004). Libs used as a diagnostic tool during the laser cleaning of ancient marble from mediterranean areas. *Applied Physics a: Materials Science & Processing*, 79(2), 213–219. <https://doi.org/10.1007/s00339-004-2649-3>
- [6] Torre, A. R. D. la. (2012). *Eliminación de pinturas en aerosol sobre soportes porosos. Revisión de metodologías y nuevas propuestas*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/14508>
- [7] Javaloyes, P. (2001). *Caracterización de recubrimientos epoxi y su aplicación como consolidantes de mármoles de la provincia de Alicante (crema marfil, rojo Alicante y marrón imperial)*. [Tesis doctoral, Universidad de Alicante]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=2096>
- [8] Marambio, G. R., & Rozas Balboa, Y. (2015). Integración de faltantes con polvo de mármol en esculturas. *5º Congreso chileno de Conservación y Restauración*. http://www.academia.edu/download/37413399/Poster_ArTfacto_2015.pdf

- [9] Giorgi, R., Dei, L., & Baglioni, P. (2001). Nuevo método para la consolidación de pinturas murales basado en dispersiones de cal viva en alcohol. *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 34, 57-63. https://ge-iic.com/files/Nanorestore/articulo_IPHA.pdf.
- [10] Núñez, R. & Fernández, A. (2016). Validación de productos para la consolidación de morteros pulverulentos en la pintura mural. *Actas X jornadas de Conservación y Restauración*. Escuela Superior de Arte del Principado de Asturias. https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi7_NKPzIX-tAhWKyIUkHWZcCdAQFjABegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fwww.esapa.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F03%2Fatempo1.pdf&usg=AOvVaw2XiHhPg563DIyu0kDrlqyl
- [11] Barreda - Usó, G., & Zalbidea Muñoz, M. A. (2017, October 6). Tratamientos de consolidación de soporte rocoso con manifestaciones de arte rupestre. Abric de Pinos (Benissa-Alicante). <https://doi.org/10.4995/aniav.2017.5861>
- [12] Barreda - Usó, G., Antonia, M., & Muñoz, Z. (2014). Estudio comparativo entre consolidantes para soporte pétreo con manifestaciones de arte rupestre mediante ensayos de penetración por tinción. *Jornadas de Investigación Emergente en Conservación y Restauración de Patrimonio*. <https://www.researchgate.net/publication/303975627>
- [13] Mercado Hervás, M. S. (2004). Teoría de la reintegración cromática. *Cuadernos de restauración: publicación sobre conservación y restauración de bienes culturales del Ilustre Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Bellas Artes de Andalucía*, 5, 72-82. https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/69573/CyR_5_Art.1_Marina%20Mercado%20Herv%C3%A1s.pdf?sequence=1.
- [14] Mercado Hervás, M. S. (2009). Técnicas y procedimientos de reintegración cromática. *Cuadernos de restauración: publicación sobre conservación y restauración de bienes culturales del Ilustre Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Bellas Artes de Andalucía*, 7, 5-12. <https://idus.us.es/handle/11441/64512>.
- [15] Burbano Ureta, A. I. (2010). *Restauración de pintura mural unidad metodológica de reintegración de color y tratamiento de lagunas*. [Tesis de grado, Universidad tecnológica equinoccial]. <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/4541>.
- [16] Ferrer Morales, A. (1998). *La pintura mural. Su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas*. Sevilla: Editorial Universidad de Sevilla, 2ª Ed.

[17] Bonet Manselgas, A. (2015). *Estudio del estado de conservación de las pinturas murales de6 salón de plenos de Palacio de Santa Bárbara*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Valencia]. <http://hdl.handle.net/10251/49383>.

[18] Napolitano, R. K., Scherer, G., & Glisic, B. (2018). Virtual tours and informational modeling for conservation of cultural heritage sites. *Journal of Cultural Heritage*, 29, 123-129. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.08.007>

[19] Mah, O. B. P., Yan, Y., Tan, J. S. Y., Tan, Y. X., Tay, G. Q. Y., Chiam, D. J., ... & Feng, C. C. (2019). Generating a virtual tour for the preservation of the (in) tangible cultural heritage of Tampines Chinese Temple in Singapore. *Journal of Cultural Heritage*, 39, 202-211. <https://doi.org/10.4995/var.2017.5845>

[20] Euromaxx (2020). *Notre-Dame: visita virtual por la catedral destruida*. DW. <https://www.dw.com/es/notre-dame-visita-virtual-por-la-catedral-destruida/av-53460328>



Capítulo 8

Evaluación de la utilidad de nuevos materiales naturales como productos de Restauración



Hasta hace un par de décadas, el empleo de productos nocivos para la obra de arte, el medio ambiente y los restauradores era relativamente común. En general, estos productos, logran resultados óptimos a corto plazo. Sin embargo, a largo plazo, la gran mayoría producen daños irreversibles a las obras de arte, a los restauradores y finalmente el medio ambiente debido a una incorrecta gestión de los residuos.

Es por esto que se ha evolucionado hacia metodologías de trabajo más armoniosas con el medioambiente, pero también con los materiales que componen las obras de arte, así como con su futura conservación [1]. Los nuevos avances en este campo de investigación han conducido a la mejora de la formulación de productos empleados regularmente en museos, talleres y escuelas de restauración. Es habitual ver como la normativa europea y los organismos competentes en dicha materia (p.j: ECHA-Agencia Europea de productos químicos) [2], año tras año eliminan del mercado productos químicos frecuentes en muchos ámbitos, sobre todo, en restauración, por otras formulaciones menos tóxicas. A veces, varía un producto al completo, y en otras ocasiones, únicamente se suprime uno de sus compuestos. En este sentido, se han desarrollado y potenciado nuevos materiales y procedimientos gracias a una estrecha colaboración con las ciencias experimentales [3].

Por todo esto, cada vez existe una conciencia mayor acerca de la sostenibilidad en esta profesión. Así, son comunes las iniciativas como: congresos, por ejemplo, el “Green Conservation of Cultural Heritage [4]”; bases de datos, como la de “Cameo” del Museo de Bellas Artes de Boston [5]; o aplicaciones como “DOZN” de Millipore-Sigma [6] (“Matriz de evaluación para alternativas más ecológicas” aplicación interactiva, en la que te muestran de forma cuantificada el impacto que el producto puede tener en el medio ambiente, y nuevas formas de productos más ecológicos). Todas estas iniciativas tienen como objetivo el cambio de paradigma en la Conservación y Restauración de arte, y por ende, el acercamiento a los productos naturales y ecológicos.

Gracias a la conjugación de estos dos elementos: ciencia y restauración, se han vuelto a estudiar y utilizar materiales naturales (en la línea de la Green Chemistry o química “verde”), que se habían utilizado durante siglos en la elaboración de obras artísticas y su posterior restauración, hasta que la llegada de los productos sintéticos, hace algunas décadas, los desplazó [1].

Por un lado, se han descubierto nuevos usos de estos productos frecuentes en otros campos, generando grandes expectativas en la Conservación y Restauración de arte, y por otro, también se han desarrollado nuevos productos.

En este sentido, uno de los productos naturales más utilizados en Conservación y Restauración, es el almidón. Está presente desde la antigüedad, en grandes procesos, como: reparación de rotos, restauración de telas [7], en las adhesiones de encuadernaciones de piel [8], y, actualmente, se está investigando como material de inclusión en morteros de restauración [9]. Dentro de los almidones, los más utilizados son los de trigo y arroz, por sus cualidades y características conocidas [10], seguido por el almidón de maíz. Poco a poco, este material de origen natural se está recuperando nuevamente en la restauración de obras de arte, tanto a nivel europeo, como americano [11]. De este modo se están dejando de utilizar productos de origen sintético o semisintético derivados de la celulosa [12] como metilcelulosa (e.j. Tilosa 300) [13], carboximetilcelulosa de sodio-celulosa [13] o hidroxipropilcelulosa (e.j. Klucel) [14].

Teniendo todo esto en cuenta, en la presente tesis doctoral se ha evaluado la *Pueraria Lobata*, de donde se extrae el almidón de kudzu, una planta trepadora relacionada con la planta del guisante, endémica de Japón, que hoy en día, está expandida por muchos países. Está catalogada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como una de las cien especies invasoras más dañinas del mundo [15,16]. Pero tiene puntos positivos: en Japón, su raíz es sometida a un proceso de extracción mediante un procedimiento natural y ecológico para ser utilizada en la medicina tradicional y la industria alimentaria. Así, la raíz se lava, seca y procesa de forma sostenible, consiguiendo un muy buen porcentaje de almidón en el producto final (en torno al 99,5%) con una temperatura de gelatinización significativamente elevada entre 65 °C y 80 °C) [17,18]. El uso de esta raíz, como se ha comentado anteriormente, es principalmente en la medicina tradicional debido a la presencia de daidzeína y genisteína [19], un flavonoide del grupo de las isoflavonas que actúa como antimicrobiano natural, y que no está presente en otros almidones comunes. Este compuesto se puede encontrar en diferentes proporciones, variando del 1% al 2% según el tipo de almidón kudzu [20-22].

A pesar de estas potencialmente buenas características, el kudzu nunca se ha utilizado en el campo de la Conservación y Restauración. Al ser un producto desconocido para la Restauración, e innovador ha sido necesario, en primer lugar, estudiar la viabilidad del kudzu (*Pueraria Lobata*) en el Patrimonio Cultural.

8.1 Estudio preliminar sobre la viabilidad del kudzu para su utilización en Patrimonio Cultural¹⁴¹⁵¹⁶

A modo de primera aproximación, se estudiaron ciertas características generales para su uso como material para la restauración de papel, su soporte más compatible; para, posteriormente extrapolarlo a otros soportes, como la pintura mural. Además, se comparó con los almidones existentes para las tareas de restauración.

8.1.1 Materiales y métodos

8.1.1.1 Preparación de los almidones

Para realizar el análisis comparativo se seleccionaron los almidones más habituales comercializados en el campo de la restauración del papel, validados y demostrados como viables. Los almidones de arroz y trigo fueron de la marca comercial Lineco (Holyoke, Massachusetts), una de las principales empresas en la producción y distribución de productos de Conservación.

También se utilizaron almidones altamente purificados, como estándar del máximo nivel de calidad, suministrados por Sigma-Aldrich, EE. UU., seleccionándose arroz, trigo y maíz para la comparación. Para ello, en un primer estudio se realizó la comparación de diferentes características con los almidones más utilizados en este

¹⁴ Las investigaciones que se han llevado a cabo para la evaluación de este nuevo almidón han sido reconocidas a nivel estatal con el premio Joven Investigador 2019 del Grupo Español del International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. Además, ha sido publicado en septiembre del 2020, en la revista *Scientific Reports* (ver Anexo 4).

¹⁵ Contribución mediante póster al Congreso Internacional Technoheritage 2017: *Evaluation of the usefulness of kudzu starch as adhesive: ageing test and spectroscopic analysis*.

¹⁶ Contribución oral en el Congreso Internacional International Conference on Innovation in Art Research and Technology-Innart 2018, con el título: *Evaluation of the usefulness of kudzu starch as adhesive: ageing test and spectroscopic analysis*.

campo (arroz, trigo y maíz) utilizados como referencia. Se incluyó el almidón de maíz (Sigma-aldrich), cuando fue posible, a pesar de no ser uno de los más comunes [10].

El polvo de almidón de kudzu fue suministrado por la empresa Mitoku Company de Japón. Esta empresa certificó como, su producto orgánico, se obtiene de la extracción de la raíz de kudzu de forma manual y ecológica, proceso que dura aproximadamente 3 meses [23].

Teniendo todo esto en cuenta, el almidón de kudzu se comparó con 2-3 almidones y dos calidades (calidad de restauración de Lineco y calidad de laboratorio Sigma-Aldrich): arroz Lineco, arroz Sigma-Aldrich, trigo Lineco, trigo Sigma-Aldrich y Maíz Sigma-Aldrich. Para este estudio, todas las pastas de almidón se elaboraron con la misma metodología de cocción.

De manera general, se prepararon dos concentraciones de almidón, al 4% (p/v) y 6% (p/v). Para ello, 20 mL de agua ultrapura fría se mezclaron con 0,8 y 1,2 g de almidón en polvo, respectivamente, según el porcentaje deseado. Se agitó hasta que el almidón se disolvió. Cada mezcla se colocó durante 30 s en el microondas a 900 W, se agitó y se repitió el proceso de nuevo 30 s a 900 W [10, 24].

8.1.1.2 Envejecimiento acelerado

El proceso de envejecimiento acelerado permitió analizar los cambios cromáticos y de adhesión del almidón kudzu comparándolos con los dos almidones más comunes: trigo y arroz. Para ello, se utilizó una cámara Solarbox HR 1500e (de Co.Fo.Me.Gra, Milán, Italia) con parámetros específicos como: filtro ultravioleta (UV) (cristal de ventana) a 310 nm, una humedad relativa (RH) de 62%, irradiancia de 50 W/m², temperatura del aire de 27°C y termómetro Estándar (BST) de 55°C.

El ensayo se ha realizado según la norma UNE-EN ISO 11341: 2005 que sistematiza la meteorización artificial y la exposición a radiaciones artificiales de pinturas y barnices. Se decidió el uso de esta norma, debido a la falta de una regulación específica para estos materiales, y ser la más similar.

El papel utilizado en el proceso de envejecimiento acelerado fue el papel Fabriano Disegno 4 (Fabriano, Italia), hoja de textura lisa con 220g producida con 100% celulosa libre de cloro elemental (E.C.F.) y recortadas a un tamaño de 2,5cm x 5cm. Se aplicaron mediante brocha, tres capas de adhesivo frío (6% p/v) a cada una de las muestras. Después de aplicar los almidones, las muestras se secaron naturalmente durante 24h y luego se introdujeron en la cámara de envejecimiento. Para evaluar el comportamiento cromático de cada almidón, los experimentos se realizaron por triplicado. Para considerar el efecto UV, se cubrió la mitad de cada muestra (Fig.8.1). Finalmente, se introdujo un papel de control sin almidón. Es necesario aclarar que para esta prueba solo se evaluaron los almidones Lineco y el kudzu debido a la limitación en el tamaño de la cámara.

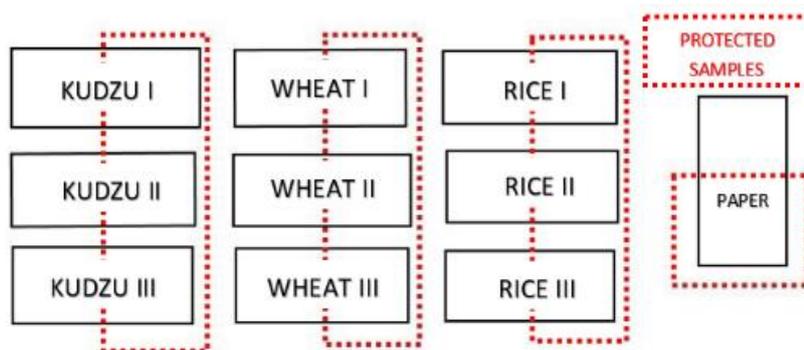


Figura 8.1. Disposición de las muestras de papel con los tres adhesivos de almidón aplicados.

Las muestras fueron medidas periódicamente con el espectrofotómetro Gretamacbeth ColorEye XTH (Xrite, Michigan, EE. UU.), cada 48 h, hasta 350 h, obteniendo los parámetros (L, a y b) dentro del espacio (CIELa*b*) siempre en el mismo punto. Las dimensiones de las muestras fueron determinadas por la ventana de medición del espectrofotómetro.

8.1.1.3 Caracterización elemental y molecular mediante espectroscopia

El polvo de almidón se prensó para asegurar la homogeneidad en los resultados de los análisis químicos. Para este proceso se elaboraron pastillas idénticas de cada

almidón utilizando 0,2g de almidón en polvo que se introdujeron en una prensa (PIKE Technologies CRUSH IR, EE.UU), con 7,0 bar de presión durante 15s.

Para el análisis elemental se utilizó el espectrómetro de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía, M4 Tornado (Bruker Nano GmbH, Berlín, Alemania) y la caracterización molecular de los almidones seleccionados se realizó utilizando un espectrómetro Raman ultramóvil InnoRaman (B&Wtek, Newark, EE. UU.). Ambos equipos están descritos en el capítulo 5 apartado 5.1.2 y fueron utilizados en las mismas condiciones de medida.

En ambos análisis, se creó una cuadrícula de cinco puntos aleatorios en la superficie de cada pastilla con el fin de obtener resultados representativos.

8.1.1.4 Test de adhesión (T-peel)

Para evaluar la capacidad adhesiva se utilizó un tensiómetro para determinar la fuerza empleada en el desprendimiento de la hoja con los almidones mediante un ensayo de adhesión T-peel [25,26]. Para ello se utilizó el equipo tensor Instron 5967 (Barcelona, España) con pinzas neumáticas y una celda de carga de 50 N. La preparación de la pasta de almidón se realizó con agua ultrapura y concentraciones de almidón al 6% ya que concentraciones inferiores no permitían la aplicación homogénea de las muestras al ser demasiado líquidas, y las superiores eran excesivamente densas para su aplicación. La pasta de almidón se aplicó sobre 10 láminas de tereftalato de polietileno cumpliendo con la norma ASTM D1876, cada una con unas dimensiones de 241mm x 25mm, adheridas a otra lámina por la propia acción adhesiva del almidón. Para garantizar la representatividad de los resultados obtenidos se realizaron 10 réplicas de cada almidón. El secado de las muestras fue de 48 h hasta la prueba y las pruebas se realizaron en las siguientes 24 h.

8.1.1.5 Análisis del crecimiento microbiológico

Se llevó a cabo un ensayo para estudiar el crecimiento microbiológico mediante el proceso de sedimentación, con el fin de evaluar de forma preliminar, la capacidad

biocida o de resistencia de los microorganismos a los compuestos implícitos en el kudzu, frente a los demás almidones.

Los diferentes almidones se prepararon al 6% para conseguir una preparación semirrígida y favorecer la prueba microbiológica. Esta concentración favoreció, al aumentar su consistencia, y poder verter en las placas, una base uniforme. Cada pasta de almidón se vertió en una placa de Petri esterilizada (20 mL en cada una) y se selló perfectamente antes de su exposición. Con el fin de seleccionar el mejor ambiente, las placas se colocaron en una biblioteca durante 24h para ser expuestos a los microorganismos que generalmente colonizan el papel.

Posteriormente, las muestras expuestas fueron selladas y transportadas al laboratorio de microbiología de la UPV/EHU donde se cultivaron durante 10 días a una temperatura constante de 26°C. Las unidades de colonias formadas (UFC) se identificaron, cuantificaron y midieron en un Colony Counter 560 (Suntex). Se tiñeron muestras de cada colonia diferente, con solución DC de Lactofenol Bleu (Panreac), y se visualizaron con un microscopio Nikon Eclipse E100 a 1000x.

8.1.1.6 Análisis por Microscopía electrónica de barrido (SEM)

Para evaluar la reversibilidad de los almidones fue necesario tener una vista microscópica de la superficie. Con tal fin, manufacturaron muestras con papel Fabriano Disegno 4, previamente descrito, uniendo dos hojas de papel de 3 x 4 cm por cada almidón estudiado a 6% (p/v), y se dejaron secar 48h. Luego, se separaron los trozos, y el resto del almidón se retiró con un hisopo de algodón y se utilizó agua ultrapura para la eliminación del almidón. El análisis SEM se realizó a través del equipo Carl Zeiss EVO 40 (Oberkochen, Alemania) que permite visualizar la malla de la fibra vegetal del papel, así como, la eliminación total, o no, del adhesivo. Las condiciones de observación y medición fueron: alto vacío, voltaje de 20 kV y distancia de trabajo de 8-11mm. Las muestras, previamente metalizadas con oro (15 nm), se montaron en un porta muestras de aluminio con cinta de grafito (eléctricamente conductora). Se observaron y fotografiaron a diferentes aumentos (primero 100x, luego 500x, y finalmente, 1000x). Se realizaron los análisis antes de la eliminación y tras la eliminación del almidón.

8.1.2 Resultados

En un primer lugar, los engrudos obtenidos en la preparación de los almidones ya generaron diferencias notables. Como se puede observar en la Figura 8.2, la apariencia del kudzu es notablemente más transparente que los almidones habituales, excepto el almidón de maíz, aunque este es mucho menos denso.

8.1.2.1 Caracterización elemental y molecular mediante espectroscopia

El almidón está compuesto por dos polisacáridos que representan aproximadamente el 98-99% del peso seco: amilosa (un polímero lineal de unidades de α -D-glucosa unidas por enlaces α -1, 4 glicosídicos) y amilopectina (un polímero ramificado de unidades de α -D-glucosa unidas por α -1, 4 y enlaces glicosídicos α -1,6). Los almidones contienen entre un 20% y un 30% de amilosa, aunque hay excepciones y cada tipo de almidón tiene sus propias proporciones. Estos polímeros tienen la misma estructura básica, pero difieren en su longitud y grado de ramificación, lo que finalmente afecta sus propiedades fisicoquímicas [18].

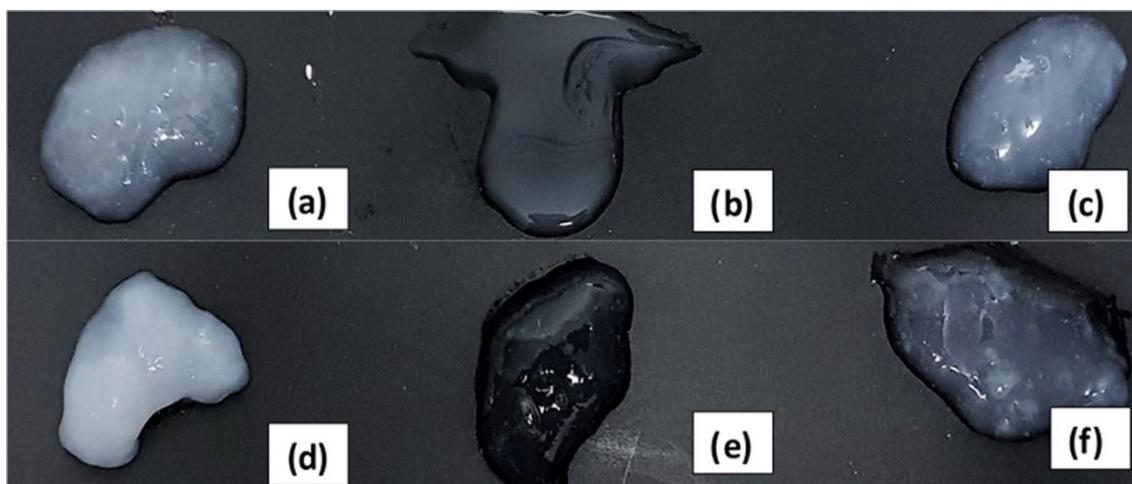


Figura 8.2. a) Almidón de arroz Sigma-Aldrich, b) Almidón de maíz Sigma-Aldrich, c) Almidón de trigo Sigma-Aldrich, d) Almidón de trigo Lineco, e) Almidón kudzu de Mitoku Company, y f) Almidón de arroz Lineco todos ellos al 6%.

Los análisis espectroscópicos Raman (785 nm) dieron un resultado idéntico en los cuatro almidones analizados, incluido el kudzu. De hecho, como se puede ver en algunos ejemplos de los almidones analizados, Figura 8.3.a, la banda Raman principal aparece a 478 cm^{-1} , seguida del pico secundario más significativo a 1125 cm^{-1} . Los almidones Sigma presentaron el mismo espectro Raman, siendo en todos ellos el espectro característico del almidón [27].

En el caso del análisis elemental, se recogieron espectros de EDXRF muy similares (Fig.8.3.b y c). Sin embargo, debe notarse un ligero cambio en la concentración de elementos en cada almidón.

Se observó fósforo, potasio, bromo, calcio, hierro y azufre, en todos ellos, teniendo más concentración el potasio, calcio, bromo y hierro en el almidón kudzu. El espectro de trigo de Lineco contenía menos concentración de calcio que el kudzu, pero, aun así, mayor que los demás. Además, este almidón presentaba una mayor concentración de fósforo que el resto, a diferencia del kudzu que no presentaba este elemento. Además, el azufre tampoco estaba presente en el kudzu. En cualquier caso, las concentraciones observadas siempre indicaban una alta pureza de los almidones, presentado estos elementos a nivel de trazas.

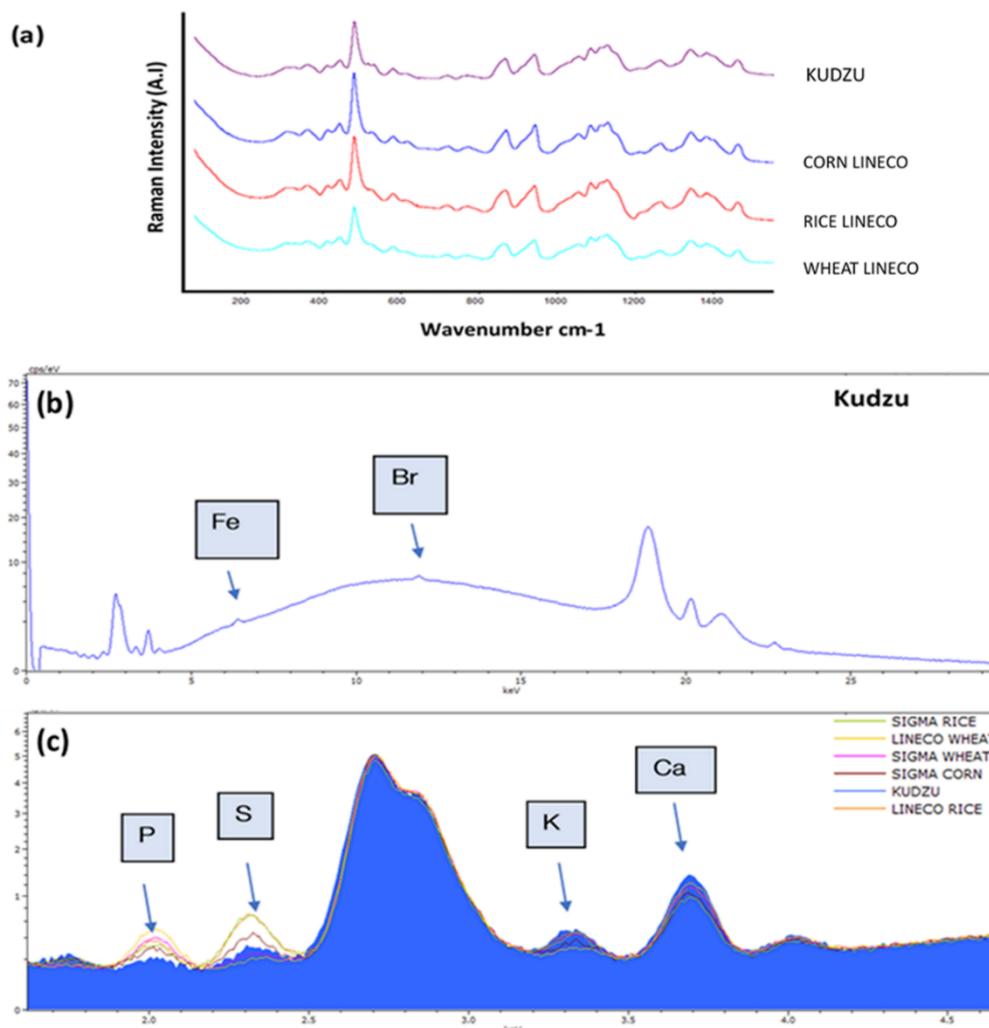


Figura 8.3. a) Espectros de espectroscopia Raman de los almidones comerciales en el campo de la Restauración, b) Los espectros de kudzu revelaron algunas concentraciones de Fe y Br, y c) Espectros de superposición de almidones.

8.1.2.2 Análisis colorimétrico y Fluorescencia Ultravioleta (UV) tras el envejecimiento acelerado

Los resultados medios obtenidos en el proceso de envejecimiento después del análisis colorimétrico se recogen en la Tabla 8.1. Como se puede ver en ella, en todos los casos las zonas cubiertas presentaron una mínima variación de color (ΔE) que muestra el efecto de la luz UV en el papel. En cuanto a las muestras cubiertas, se observaron variaciones muy pequeñas con respecto a la muestra de control. Utilizando la norma ASTM 4303-3 que clasifica la variación total de color en 5 categorías, desde lo imperceptible para el ojo humano hasta la variación más notable (Tabla 8.2),

la variación de todas las muestras cubiertas fue imperceptible (Categoría 1). Sin embargo, se pudieron observar diferencias en las muestras, siendo todos los cambios perceptibles y categorizados como 2. Los mejores resultados los obtuvo el almidón kudzu, que ofreció los resultados más cercanos al papel de control. El cambio de color tuvo una clara tendencia al amarillo (valores altos del parámetro b), en todos ellos, siendo uno de los problemas más importantes en el uso de este tipo de materiales [28]. En este sentido fue el kudzu el menos afectado.

Tabla.8.1. Resultados medios obtenidos tras el análisis colorimétrico. Los valores son la variación con respecto a las medidas inicial y final. ΔE (variación de color total) = $[a^2 + b^2 + L^2]^{1/2}$. La incertidumbre asociada a estas medidas es inferior al 5%.

	MUESTRAS NO CUBIERTAS				MUESTRAS CUBIERTAS			
	a	b	L	ΔE	a	b	L	ΔE
TRIGO	-1.99	6.90	-0.01	7.18	-0.07	0.02	1.25	1.25
ARROZ	-2.09	7.34	0.05	7.63	-0.01	-0.26	1.20	1.23
KUDZU	-1.92	6.14	0.49	6.46	0.05	-0.58	1.40	1.52
Control	-1.82	6.00	0.06	6.30	0.26	-1.09	1.00	1.50

Tabla 8.2. Clasificación de las variaciones de color totales, en función de los valores de ΔE .

Categoría 1	$E^*ab \leq 4$
Categoría 2:	$4 < E^*ab \leq 8$
Categoría 3:	$8 < E^*ab \leq 16$
Categoría 4:	$16 < E^*ab \leq 24$
Categoría 5:	$E^*ab \geq 24$

En cuanto a los resultados obtenidos a largo plazo, no se observaron diferencias entre el comportamiento de los almidones respecto al papel control, observándose el mayor cambio de color en las primeras 150 h.

En la Figura 8.4. a, b y d, se puede observar las muestras bajo luz UV-Vis, observándose claramente el efecto de la radiación UV en los almidones y el papel. De hecho, el almidón y el papel no expuestos a la radiación permanecieron oscuros, pero

el almidón y el papel expuestos, aparecieron con fluorescencia, lo que indica la aparición de procesos de degradación. Como puede verse en la Figura 8.4.c, el kudzu es el almidón menos afectado.

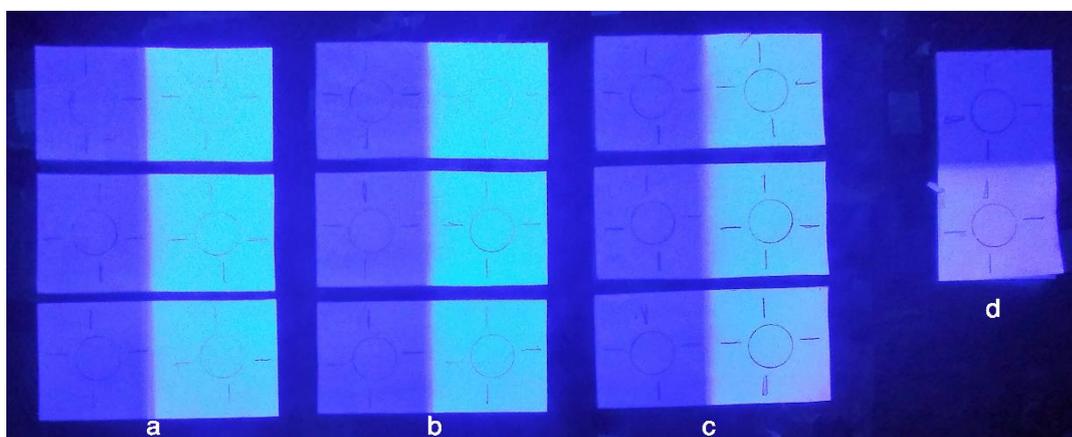


Figura 8.4. Imagen de las muestras tras el proceso de envejecimiento con luz ultravioleta directa de a) Trigo, b) Arroz, c) Kudzu y d) Papel, en la que se puede observar el efecto de la radiación a los materiales siendo kudzu menos almidón afectado.

8.1.2.3 Test de adhesión

Todos los almidones tienen un cierto poder adhesivo debido a los puentes de hidrógeno que forman [28], sin embargo, no todos los almidones tienen exactamente el mismo poder, y, por lo tanto, es un valor a ser evaluado. Así, los almidones de arroz y trigo Sigma-Aldrich tuvieron mayor adhesividad que el resto, con resultados, de 2123×10^{-4} N/mm y 1938×10^{-4} N/mm, respectivamente. Se obtuvieron valores similares en el de arroz, para los almidones de arroz kudzu y Lineco con 1757×10^{-4} N/mm y 1871×10^{-4} N/mm respectivamente. Por último, el almidón de trigo Lineco y el almidón de maíz Sigma-Aldrich obtuvieron los resultados más bajos en fuerza adhesiva (Tabla 8.3). Así, el almidón de kudzu demuestra una fuerza de adhesión considerable, siendo similar o incluso superior a los almidones comercializados como productos de restauración de papel. Los mejores resultados se obtuvieron de los compuestos Sigma-Aldrich, que no se comercializan con fines de restauración. Esta característica probablemente se deba a la mayor pureza del almidón. Por esta razón, los resultados

obtenidos por el almidón de kudzu fueron muy positivos siendo el 88% de la capacidad de adhesión del almidón de arroz Sigma-Aldrich (el de mayor poder de adhesión), el 94% del almidón de arroz Lineco y el 109% del almidón de trigo Lineco.

Tabla 8.3. Valores medios de las fuerzas de adhesión (N/mm).

Poder de adhesión	Almidón	N/mm
-	Maíz Sigma-Aldrich	1449x10 ⁻⁴
	Trigo Lineco	1604x10 ⁻⁴
	Kudzu	1757x10 ⁻⁴
	Arroz Lineco	1871x10 ⁻⁴
	Trigo Sigma-Aldrich	1938x10 ⁻⁴
	Arroz Sigma-Aldrich	2123x10 ⁻⁴
	+	

Es importante mencionar que los datos se recogieron entre 100 mm y 300 mm del total de la dimensión de la tira de tereftalato, para estandarizar y evitar resultados no representativos, ya que, por debajo de 100 mm y en medidas por encima de 300 mm, no fueron estables las fuerzas recogidas. Además, por debajo de 100 mm, no fueron cuantificables los resultados.

8.1.2.4 Estudio del crecimiento microbiológico

De forma general, el área de proliferación de los microorganismos en todos los almidones fue del 40% en adelante, llegando al 70% de la placa de cultivo (Tabla 8.4). La excepción fue el almidón de kudzu con solo el 10% del área colonizada.

En los almidones comerciales utilizados en restauración (Lineco) aparecieron entre 3 y 5 tipos diferentes de colonias. Por el contrario, en la placa de kudzu se encontraron entre 2 y 3 tipos de colonias (Fig.8.5), ocupando una superficie significativamente menor. Los microorganismos más repetidos analizados fueron *Alternaria spp*

(Fig.8.5) y *Aspergillus spp* especialmente en almidones de trigo (Sigma-Aldrich y Lineco).

En cuanto al número de colonias, el kudzu registró 12 unidades de colonias formadas (UFC) seguido del almidón de arroz Sigma con 19 UFC. Los almidones más dañados frente al ataque biológico fueron los de la marca Lineco.

En todos los almidones cultivados (excepto kudzu), el crecimiento microbiológico comenzó al cuarto día. En contraste, la colonización de kudzu comenzó el quinto día, mostrando no solo menos colonización, sino también, un gran efecto inhibitor. Es necesario mencionar que durante el crecimiento en laboratorio se observó como el almidón de maíz perdió consistencia al cuarto día debido al secado del almidón. Sin embargo, aun así, hubo crecimiento microbiológico en él.

Por todo esto, fue evidente la diferencia significativa del kudzu, respecto a la capacidad de resistencia frente a los microorganismos.

Tabla 8.4. Resultados del crecimiento de microorganismos en pasta de almidón.

	Número de colonias	Número de colonias diferentes	Diametro de las colonias (mm)	Crecimiento en placa Petri (%)
<i>Sigma-Aldrich Arroz</i>	19 UCF	4-5	10-20	60-70
<i>Sigma-Aldrich Maíz</i>	31 UCF	3-5	5-15	55-60
<i>Sigma-Aldrich Trigo</i>	27 UCF	3-5	3-10	40
<i>Lineco Arroz</i>	31 UCF	3-5	2-10	50
<i>Lineco Trigo</i>	33 UCF	3-4	2-10	50
<i>Kudzu</i>	12 UCF	2-3	2-5	10

* UCF: Unidades de colonias formadas. El número de individuos iniciales y separados.

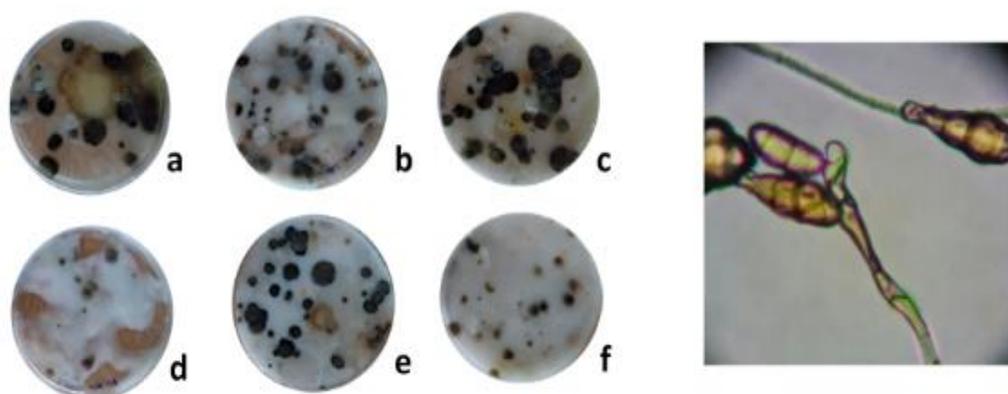


Figura 8.5. Imagen del crecimiento de microorganismos en los diferentes almidones. a) Arroz Sigma-Aldrich, b) Trigo Lineco, c) Arroz Lineco, d) Kudzu, e) Maíz Sigma-Aldrich y f) Trigo Sigma-Aldrich. A la derecha, imagen del hongo *Alternaria* que se encontró en todas las muestras.

8.1.2.5 Análisis SEM

Se realizaron análisis SEM para evaluar la reversibilidad tras la aplicación de los almidones, un aspecto importante en la restauración de obras de arte [29]. Gracias a este análisis, se encontraron diferencias significativas entre los diferentes almidones.

En concreto, al almidón de arroz Lineco se distribuyó uniformemente por toda la superficie e incluso penetró hasta las capas internas del papel (Fig.8.6.a) hecho observable debido a los grandes huecos sin adhesivo que indicaban una percolación hacia el interior de las fibras. Así, tras la eliminación en la superficie del papel el adhesivo casi por completo siguió habiendo residuos en capas más profundas (Fig.8.7.a). De manera similar, el almidón de arroz Sigma-Aldrich creó una base uniforme de pasta de almidón ligeramente mejor que su homólogo comercial (Fig.8.6.c). Sin embargo, tras su eliminación quedaron notables restos en las fibras (Fig.8.7.c).

El almidón de trigo Lineco aplicado sobre papel se situó en las capas inferiores (Fig.8.6.d), dejando las fibras superiores descubiertas sin adhesivo. La eliminación de esta pasta fue difícil por la alta penetración del almidón (Fig.8.7.d). La muestra de trigo Sigma-Aldrich formó una capa irregular del engrudo en la superficie (Fig.8.6.f), y

una retirada posterior de las fibras de papel dificultosa (Fig.8.7.f). Se crearon masas de pasta compacta en todos los niveles de las fibras del papel.

El almidón de maíz generó gránulos en toda la superficie, y se observó una cobertura parcial de esta (Fig.8.6.e). Tras la eliminación, dejó gránulos más grandes que en el resto de almidones, con importantes restos de adhesivo en las fibras inferiores (Fig.8.7.e).

Finalmente, el almidón de kudzu creó una cobertura del 100% de la superficie (Fig.8.6.b), también tuvo fácil remoción, dejando solo residuos en la superficie y una mínima penetración en las capas inferiores del soporte de celulosa (Fig.8.7.b).

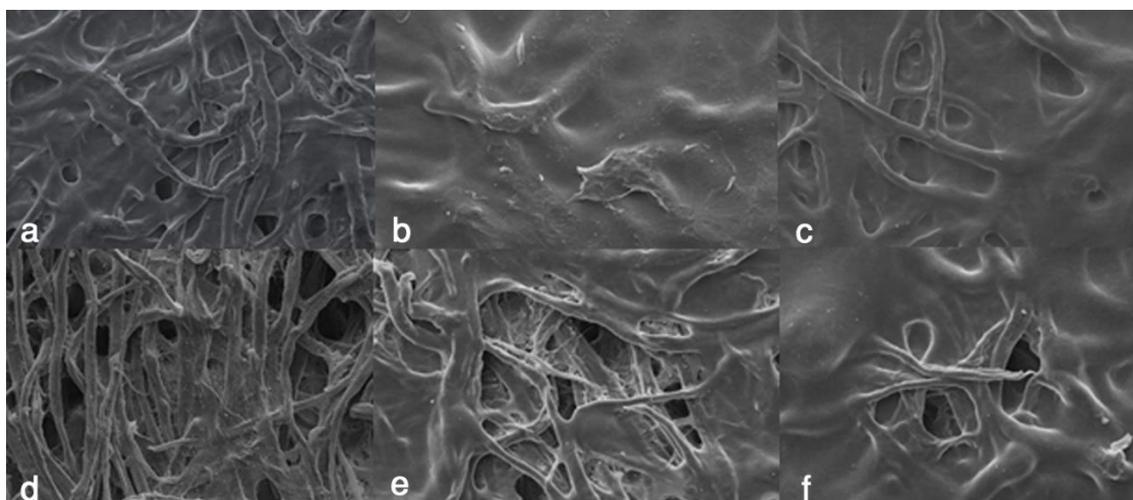


Figura 8.6. Imagen SEM a 500x de las muestras antes de retirar el adhesivo de almidón. a) arroz Lineco, b) kudzu, c) arroz Sigma-Aldrich, d) trigo Lineco, e) maíz Sigma-Aldrich, y f) trigo Sigma-Aldrich. No todos los almidones dejaron una capa uniforme. Primeramente, el kudzu seguido del arroz Sigma-Aldrich y del trigo Sigma-Aldrich formaron una capa de cobertura más cubriente, respectivamente.

Es necesario tener en cuenta que el procedimiento de eliminación del almidón tuvo algunos efectos secundarios sobre la conservación de las fibras del papel. De hecho, a pesar de que la eliminación del almidón a través de hisopos de algodón se considera un método no excesivamente agresivo, las imágenes SEM demostraron que varias fibras se dañaron por la fricción. Cabe destacar también que los productos Lineco resultaron menos cubrientes y con peor reversibilidad que sus homólogos de

Sigma-Aldrich lo que debería tenerse en consideración por parte de la empresa de productos de conservación y restauración.

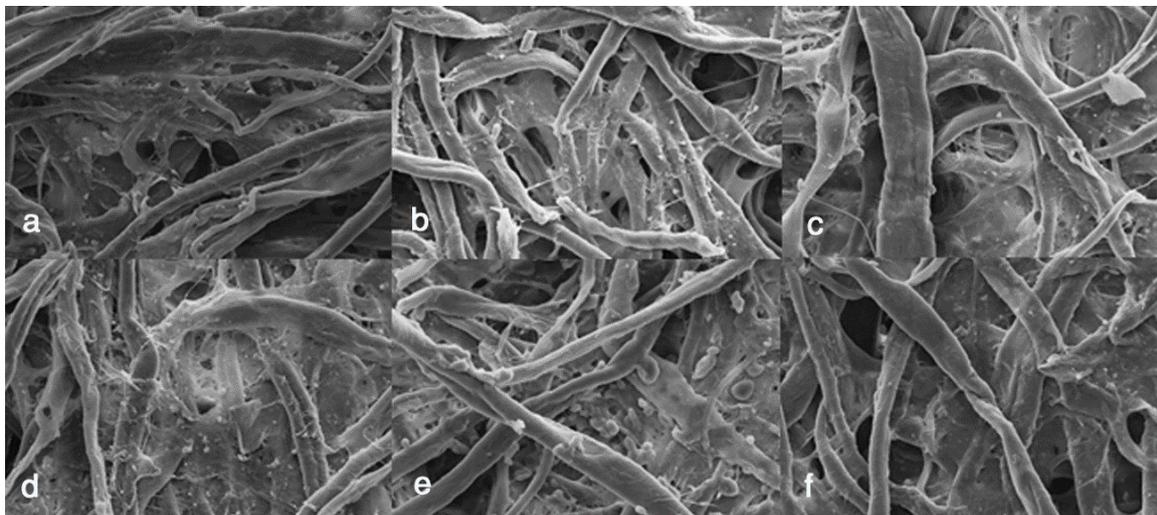


Figura 8.7. Imagen SEM a 1000x de una muestra de papel para eliminar almidón: a) arroz Lineco, b) kudzu, c) arroz Sigma-Aldrich, d) trigo Lineco, e) maíz Sigma-Aldrich, f) Sigma-Aldrich trigo. Aunque todas las pastas dejaron residuos, algunas de ellas presentan pequeños gránulos de almidón. Es en el kudzu donde ha sido mayor la remoción del adhesivo en la parte superior de las fibras.

8.1.3. Conclusiones sobre el estudio preliminar sobre la viabilidad del kudzu para su utilización en Patrimonio Cultural

El almidón de kudzu es un compuesto casi puro (cercano al 100% de almidón mucho más que los almidones comercializados con fines de restauración) que se extrae y procesa de forma natural y sostenible proporcionando un producto de alta calidad. Esta calidad se obtiene sin procesos de depuración, lo que abarata el producto final. Se puede comprar fácilmente en el mercado y tiene un precio similar al de los almidones Lineco.

Durante la manipulación del almidón, se observó cómo el almidón kudzu puede adaptarse a diferentes usos o soportes y es estable en el tiempo, manteniendo su uniformidad y reduciendo ligeramente su volumen. Además, si bien todo el ensayo se realizó en las mismas concentraciones de almidón, se pudo observar cómo la pasta

de kudzu podía crear un gel rígido de gran consistencia y utilizando menor concentración de almidón.

Centrándonos en los resultados analíticos, estos señalaron al almidón de kudzu como una mejor alternativa a los almidones más utilizados. En comparación con otros almidones, el kudzu reportó los mejores resultados en términos de estabilidad de color, siendo menos afectado por la radiación UV. También proporciona una buena simbiosis entre adhesivo y soporte, presentando una buena capacidad adhesiva, aunque su poder de adherencia no es tan fuerte como el que aporta el arroz Lineco (94%). Por lo tanto, este nuevo adhesivo, se puede utilizar para otros soportes o materiales que requieran diferente capacidad de adherencia, o sean más frágiles. Por otro lado, el kudzu tuvo los mejores rendimientos en términos de reversibilidad en comparación con los otros almidones estudiados. Finalmente, los componentes antimicrobianos (daidzeína y genisteína) incluidos en el almidón de kudzu parecen ser unos compuestos muy beneficiosos para prevenir o minimizar la colonización de microorganismos en varios soportes, y evitar el agregado de antifúngicos a las pastas de almidón, para evitar este daño, una práctica habitual en los talleres [30]. Estos compuestos pueden ser dañinos para el trabajo y tóxicos para el operador. Por tanto, se podría contemplar la no adición de otros compuestos fungicidas en el almidón, si la capacidad biocida de la daidzeína y genisteína implícita en kudzu, se confirmaran en posteriores investigaciones microbiológicas.

A la vista de todos estos resultados analíticos, las conclusiones de este estudio preliminar sugieren que el almidón de kudzu podría emplearse en el campo de la conservación del papel, además de en la protección del Patrimonio Cultural en general como limpiador biocida y como posible consolidante para diferentes soportes.

Teniendo todo esto en cuenta, su evidente capacidad para la resistencia a la proliferación de microorganismos es la propiedad más relevante para su potencial uso en otros materiales. Así, su potencial uso como biocida debe estudiarse más en profundidad.

8.2. Evaluación del kudzu como biocida para su aplicación en pinturas murales y soportes pétreos

El salón de las galerías Punta Begoña contiene signos de colonización microbiana en diferentes estratos, no solo en el superficial, sino en las preparaciones y el propio mortero. Actualmente, el empleo de biocidas comerciales como: Preventol R80, Carsopal o Durolith son habituales en las restauraciones al uso de la pintura mural [31]. Estos biocidas suelen ser tóxicos, en diferentes escalas: para el profesional, y el medioambiente. Su amplio espectro de acción para la eliminación microbiana les convierte en biocidas poco específicos y que no solucionan la colonización microbiana en muchos de los casos [31]. Sin embargo, nuevas investigaciones intentan solventar estos problemas de degradación, desarrollando nuevos productos inocuos y de origen natural [31-35].

En este sentido, los resultados obtenidos en la evaluación preliminar del almidón de kudzu han arrojado cualidades interesantes para nuevos usos. No solo es eficaz su poder adhesivo, sino que la característica más relevante de este tipo de almidón, son las sustancias fungicidas implícitas en este compuesto: daidzeína y genisteína. Estos compuestos, son isoflavonas que cuentan con una función fungicida y bactericida demostrada [36-38] que pueden hacer del kudzu un producto viable como biocida en Patrimonio Cultural. Sin embargo, se deben evaluar ciertos aspectos antes de su utilización como: (1) evaluación de la aportación de microorganismos del propio material, (2) establecimiento de una metodología de aplicación y (3) capacidad de inhibición según la concentración de kudzu.

8.2.1 Estudio de contaminación implícita en los almidones, y creación de metodologías de esterilización¹⁷

Es frecuente como los almidones comercializados no certifican su esterilidad y solo aconsejan al conservador utilizar agua destilada durante el procedimiento de preparación. En cuanto al almidón de kudzu, se puede esperar que, al ser un producto

¹⁷ Contribución mediante póster en el Congreso TECHNOHERITAGE 2019, con el título: *Evaluation of microbiological growth in commercial starches and kudzu used in paper restoration: new methodology for the use of starch powder.*

totalmente natural, cuente con un aporte microbiano implícito. Por lo tanto, es necesario comenzar con una primera evaluación microbiana del polvo de almidón de kudzu recién adquirido, y de los almidones comunes, trigo y arroz, para descartar el ataque microbiológico proveniente del producto desde el inicio de la preparación del engrudo. Además, esto facilitará conocer que metodología de trabajo es la mejor en la preparación de estos almidones. Este trabajo se realizó en colaboración con el Departamento de Inmunología, microbiología y parasitología de la Facultad de Ciencia y Tecnología, de la Universidad del País Vasco.

8.2.1.1 Materiales y métodos

i. Preparación de las muestras

Se emplearon los almidones de arroz y trigo de la casa comercial Lineco, descritos en el apartado 8.1.1.1 y se compararon con el almidón el kudzu. Se utilizó un autoclave para la esterilización de las herramientas durante 20 minutos, así como, el agua y finalmente los almidones en polvo. Para estandarizar las muestras todos los almidones fueron preparados mediante calentado en microondas a 900 W al 6%, en dos tandas de 30 s. Cada pasta de almidón se vertió en una placa de Petri de 90 mm esterilizada con 20 mL de almidón en cada una. Las muestras se cultivaron durante 1 mes. Las unidades formadoras de colonias se visualizaron con un microscopio Nikon Eclipse E 100 a 1000x.

ii. Casos de estudio

Para valorar cuál de los factores implicados en el proceso de elaboración de los engrudos es el que determinó el aporte fúngico, se realizaron 4 tipos de casos (Fig.8.8). Estos casos fueron desde el caso 1, en el que no se controló ningún factor, y el caso 4, en el que todos los factores estuvieron esterilizados:

Caso 1: Ambiente no controlado de un taller habitual de restauración.

Caso 2: Ambiente y herramientas de uso esterilizadas.

Caso 3: Ambiente, herramientas de uso, y agua esterilizada.

Caso 4: Ambiente, herramientas de uso, agua y almidón esterilizados.

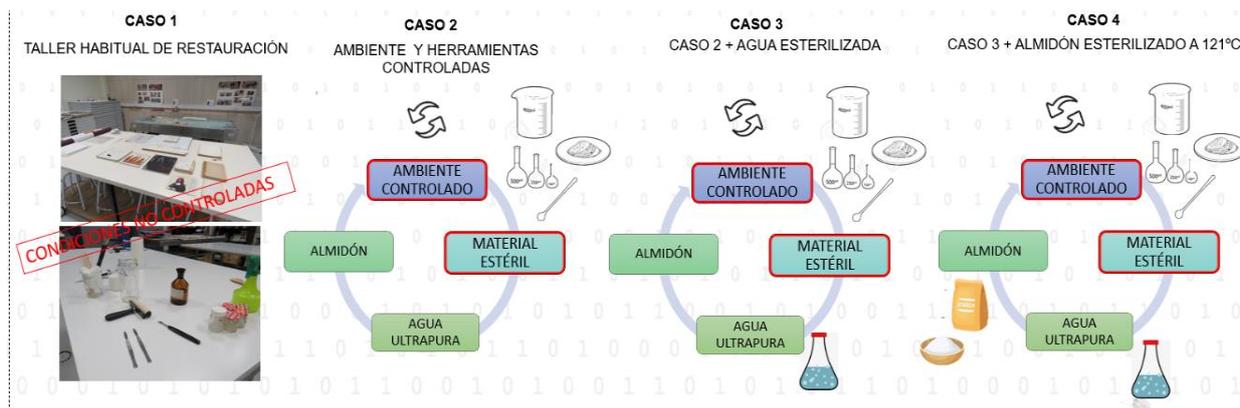


Figura 8.8. Diagrama de los casos de estudio.

8.2.1.2 Resultados

En el caso 1, aparecieron microorganismos en el almidón de trigo y arroz Lineco, mientras que el kudzu permaneció sin cambios. Esto significa que no se presentaban esporas en el kudzu o que era capaz de inhibir su crecimiento; incluso las esporas provenientes del ambiente no controlado. Así, aparecieron 4 unidades de colonias del género *Aspergillus*, ver Figura 8.9, en los almidones de arroz, y 2 unidades en trigo. En los casos, 2, 3 y 4 no se percibió crecimiento microbiológico. Por lo que queda evidente, el aporte por el ambiente no controlado.

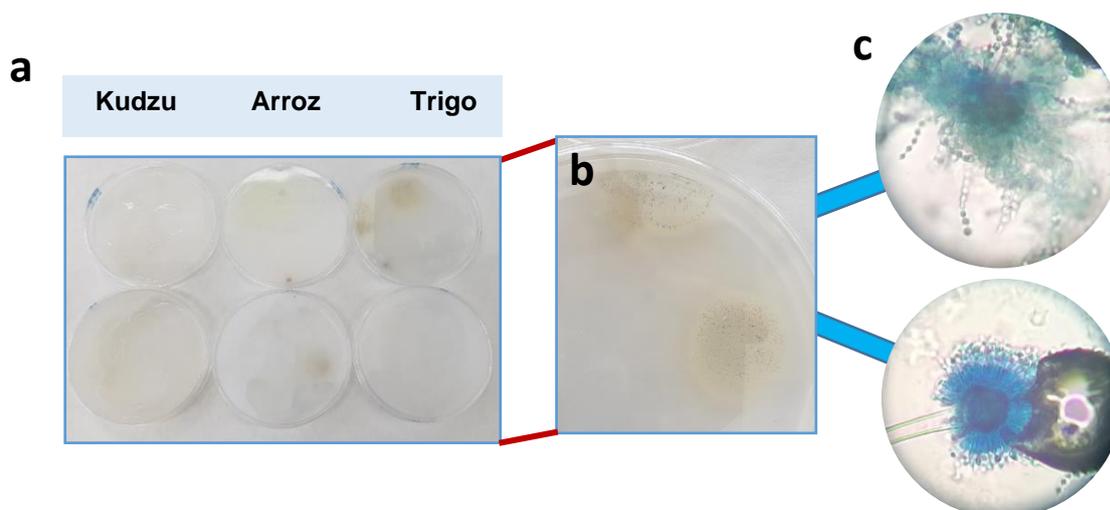


Figura 8.9. a) Placas correspondientes al caso 1, b) Detalle del crecimiento en placa, y c) Hongo identificado como *Aspergillus* spp.

8.2.1.3 Conclusiones

Se puede asegurar que el tratamiento en la preparación del engrudo en los talleres de restauración sin herramientas esterilizadas y ambiente no controlado conlleva un aporte de esporas que, posteriormente, se desarrollarán dañando el documento restaurado. Es necesario seguir una metodología de esterilización en el uso de herramientas y agregar agua ultrapura a la mezcla de almidón, y no así desmineralizada. Si no se dispone de autoclave para la esterilización, es conveniente hervir el agua destilada y las herramientas utilizadas. Es remarcable que el uso de microondas por sí mismo no esteriliza la mezcla, creencia común. Además, el almidón de kudzu, a pesar de los ambientes no controlados, constata un poder antimicrobiano que inhibe el crecimiento biológico notablemente.

De hecho, gracias a esta evaluación se ha podido determinar una nueva metodología para procesar pasta de almidón reduciendo la posibilidades futuras de contaminación microbiológica cambiando el sistema de procesamiento y los materiales. Un cambio que permite a los profesionales iniciar sus restauraciones libres de agentes biológicos implícitos en el polvo y aumentando la eficacia del trabajo realizado.

8.2.2. Estudio del efecto microbiológico inhibitorio del kudzu: estudio de diferentes concentraciones.

Los estudios realizados con anterioridad confirmaron, como el almidón de kudzu al 6% poseía un efecto resistente frente a la proliferación microbiológica en comparación con los otros almidones estudiados. Sin embargo, para evaluar su uso como biocida es necesario conocer si estos microorganismos son inhibidos por igual, en diferentes concentraciones; y así determinar la concentración adecuada con este propósito. Es decir, si el aumento de almidón tiene un efecto inhibitor en el crecimiento microbiano. Todos estos resultados ayudaran a evaluar su capacidad como biocida y establecer la metodología de trabajo óptima.

Para ello, se realizó un estudio de las colonias de microorganismos en el almidón de kudzu, con diferentes tiempos de apertura de las placas, tras la exposición de este a un ambiente habitual. Este trabajo se llevó a cabo en colaboración con el Departamento de Inmunología, microbiología y parasitología de la Facultad de Ciencia y Tecnología, de la Universidad del País Vasco.

8.2.2.1 Materiales y métodos

i. Preparación de los almidones

Se empleó almidón de kudzu de la casa comercial Mitoku (Japón) en concentraciones de 2, 6 y 10 %, disuelto en agua. La mezcla resultante se calentó mediante microondas durante dos tandas de 1 minuto cada una. Esta preparación se llevó al autoclave para su esterilización 20 min a 120°C. Después, y en ambiente estéril, se vertió 50 mL en placas Petri de 90 mm de diámetro. Hay que destacar, como se vertió mayor cantidad que en el estudio preliminar, para evitar la desecación de las muestras durante su apertura (exposición ambiental). Fueron hechas 3 réplicas por cada concentración y tiempo de apertura. Se realizaron un total de 27 placas. Estas, fueron expuestas en un archivo bibliotecario durante 24 h, 48 h y 7 días, respectivamente. Transcurrido estos tiempos se cerraron con Parafilm M® (Pechiney). Después del tiempo transcurrido, las colonias aisladas se transfirieron a placas con medio de cultivo agar patata dextrosa (PDA), y se incubaron hasta su crecimiento a 28°C.

ii. Condiciones de incubación

Los hongos candidatos se sembraron en PDA y se incubaron durante 7 días a 28°C. La siembra se realizó utilizando un hisopo estéril con el que se tocó la colonia y se transfirió al centro de una placa nueva de PDA, permitiendo así el crecimiento radial de la colonia con el objetivo de ver sus características macroscópicas. Únicamente se hizo esto en las concentraciones de 6 y 10 %, ya que estas, contaban con una presencia de microorganismos menor, visualmente, que en las placas de 2%.

iii. Extracción de ADN, Proteína C Reactiva (PCR), purificación del producto de PCR y secuenciación del mismo

La extracción del ADN se realizó siguiendo el protocolo de *Peñalva, Ma* [39]. Para ello, con ayuda de un asa de siembra estéril se obtuvieron una pequeña cantidad de conidios que se resuspendieron en 100 µl de breaking buffer (Tritox X-100 al 2%, Tris-HCl (pH 8) a 400 mM, EDTA a 60 mM, NaCl a 150 mM, y SDS al 1% [w/v]). Posteriormente, se añadieron el equivalente a 300 µl de bolas de vidrio estériles (Sigma) y se agitaron a máxima potencia durante 30 segundos. Seguido las muestras se incubaron a 65°C durante 30 minutos, con agitaciones de 30 segundos cada 10 minutos de incubación. Pasado el tiempo de incubación se añadieron a los tubos 100 µl de fenol/cloroformo/isoamyl alcohol (25:24:1) (Panreac) y se agitaron en el vortex durante 5 minutos. Acto seguido las muestras se centrifugaron durante 5 minutos a 14.000 rpm para separar el líquido en fases. Tras la centrifugación se recupera la fase superior y esta se diluyo 10 veces utilizando TE buffer (Tris-HCl (pH8) a 10mM y EDTA a 1mM).

La prueba de Proteína C Reactiva (PCR) se realizó utilizando la enzima comercial de alta fidelidad Platinum SuperFi DNA Polymerase (ThermoFisher) y siguiendo las recomendaciones del fabricante para la elaboración de la mezcla de reacción. Las reacciones se realizaron en un volumen final de 20 µl, utilizando como molde 1 µl del ADN extraído previamente. Dependiendo la amplificación que se quiso realizar se utilizaron combinaciones de los cebadores publicados en a la revisión realizada por Raja y colaboradores. Concretamente, se realizaron dos amplificaciones independientes de cada ADN. En la primera se amplificó la región ITS1 utilizando los cebadores ITS1 (TCCGTAGGTGAACCTGCGG) y ITS2 (GCTGCGTTCTTCATCGATGC) y la región

ITS2 con los cebadores ITS3 (GCATCGATGAAGAACGCAGC) y ITS4 (TCCTCCGCTTATTGATATGC).

Tras la PCR el producto resultante se purificó utilizando el kit PureLink™ Quick Gel Extraction and PCR Purification Combo Kit (ThermoFisher) y una alícuota del purificado se envió a secuenciar juntos con alícuotas de los cebadores a la empresa Eurofins Genomics.

El análisis bioinformático de las secuencias de ADN se realizó utilizando la herramienta on-line BLAST [40]. Los resultados de secuenciación se cruzaron frente a toda la base de datos de ADN del reino Fungi para encontrar homologías y poder identificar los aislados.

8.2.2.2 Resultados

En cuanto a las concentraciones empleadas, se observaron diferencias significativas. Las placas que contenían almidón al 2%, fueron las más afectadas por los microorganismos, sobre todo las abiertas 7 días. En cambio, las placas con 6 y 10%, presentaron un poder inhibitorio mayor y similar. Por ello, un incremento de la concentración del kudzu no parece ser significativo por encima de un 6%. Se identificaron las mismas colonias en ambas concentraciones. Los hongos identificados fueron: *Penicillium crustosum*, *Cladosporium spp.*, *Cladosporium cladosporioides*, *Aspergillus niger*, *Penicillium spp.*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium rubens*, *Stereum spp.*, *Estereum hirsutum*, *Estereum Ostrea* y *Esterum gausapatum* (Fig. 8.10).

En referencia a los tiempos de exposición, ya en las placas abiertas las 24 primeras horas, se visualizaron colonias. La media de número de colonias por cada tiempo fue: a las 24h (7,6 UFC), a las 48h (11 UFC) y a los 7 días (9 UFC). Teniendo esto en cuenta, parece que el kudzu tarda cierto tiempo en actuar frente a los microorganismos. Esto es importante de cara al establecimiento de una metodología de aplicación como biocida.

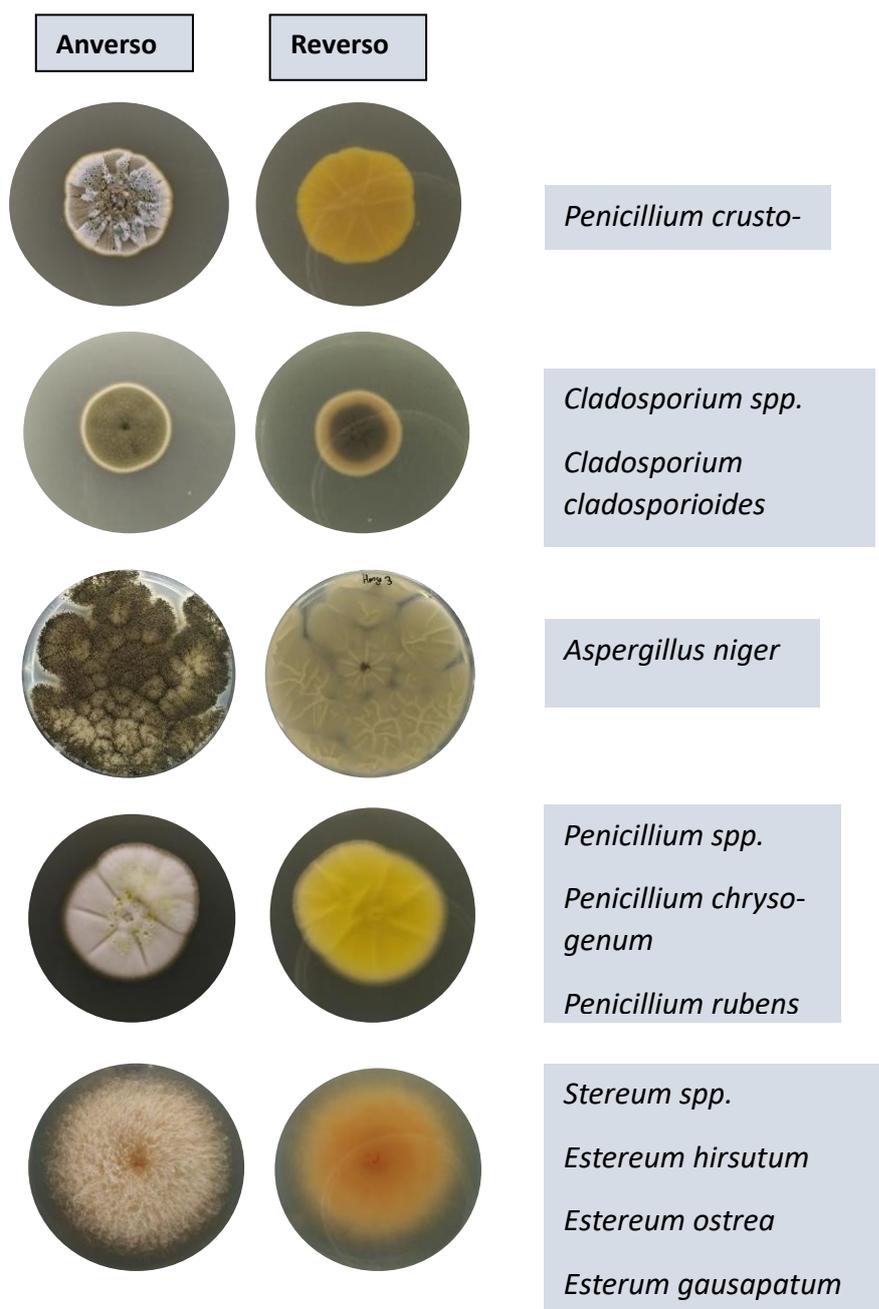


Figura 8.10. Imágenes de los hongos identificados en la prueba de PCR.

8.2.2.3 Conclusiones

Las concentraciones mayores de almidón presentan una mayor capacidad inhibitoria frente a los hongos. Sin embargo, parece existir un techo de acción, ya que los resultados obtenidos entre 6% y 10% son similares. Además, la exposición más larga denota una posible capacidad biocida del almidón de kudzu con el paso de los días, por un retardo en la capacidad inhibitoria.

En este sentido es necesario explorar mejor la capacidad inhibidora de este almidón, con concentraciones intermedias, para comprobar si el kudzu presenta una capacidad intrínseca, o solo se debe a la presencia de las isoflavonas; las cuales podrían ser extraídas y usadas de manera independiente. También es necesario aclarar antes de su uso extendido la capacidad de inhibir ciertos microorganismos específicos sensibles para el Patrimonio Cultural como el *Aspergillus niger*.

En cualquier caso, los estudios realizados apuntan al kudzu como un potente biocida para su uso en Patrimonio Cultural.

8.3. Otros ensayos para el uso del kudzu en la Conservación y Restauración de pintura mural y materiales pétreos

Los primeros acercamientos en el estudio de este almidón han dejado entrever otras aplicaciones potenciales este producto natural. Así, la capacidad de crear un gel rígido hace entrever similitudes con otros productos como el agar-agar, utilizado comúnmente en limpiezas de superficies en diferentes soportes.

A este respecto, se han llevado a cabo ensayos iniciales para evaluar la adecuación de las tareas de limpieza. La limpieza ha sido probada directamente en los morteros del salón de Punta Begoña.

De la misma manera que el Agar, gel rígido por antonomasia en tareas de limpieza, el gel de kudzu puede ser un nuevo producto para la aplicación superficial de diferentes soportes. Las posibilidades de limpieza de este se han demostrado en el capítulo 7, concretamente en el apartado 7.3.1.2, Ensayos con disolventes.

La aplicación del gel al 10% se comparó con los resultados visuales del gel de Agar al 4% en la zona con suciedad acumulada. La diferencia de succión del estrato recogido en los geles fue considerable (Fig.8.11). Se comprobó mediante microscopio como en ninguno de los dos geles, extrajo película pictórica alguna.

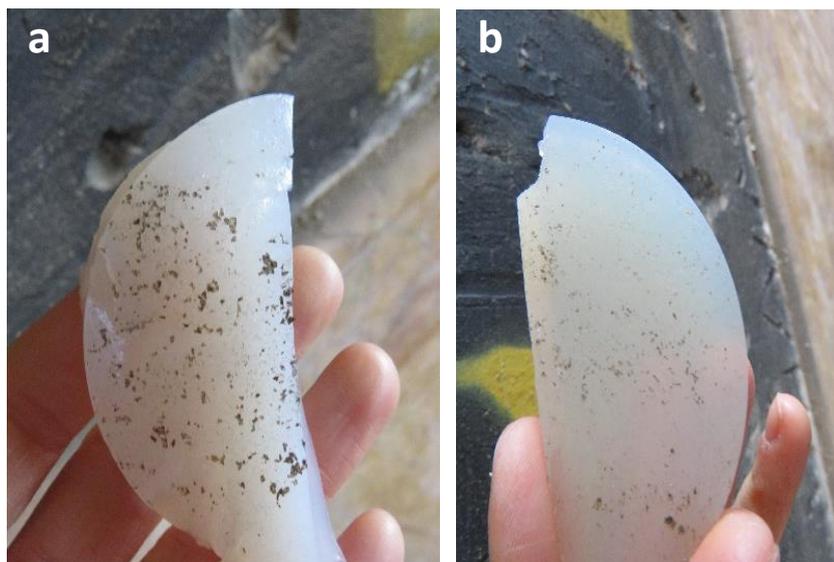


Figura 8.11. a) Gel de kudzu al 10 % tras 10 minutos de contacto en la zona con acumulación de suciedad, y b) Gel de agar al 4% después de 10 minutos efectuando la limpieza del área. Se comprueba como en ambos, la diferencia de extracción de esa capa superficial.

Aunque fue necesario el empleo de más cantidad para lograr un gel rígido en el caso del kudzu, la capacidad inhibitoria del kudzu es un punto positivo, ya que puede servir como ayuda en la limpieza de este tipo de materiales.

La capacidad de absorción es patente, además de, el aporte de agua controlado a la superficie mural por parte de la estructura gelificada. Lo que permite, llevar a cabo limpiezas más seguras. Es necesario, por consiguiente, realizar nuevos ensayos para estudiar el comportamiento de la pared mural al aplicar este gel, y realizar evaluaciones de las diferentes concentraciones posibles.

8.4. Otros materiales naturales potenciales identificados para el testeo de su comportamiento

Es necesaria la concienciación y la experimentación en el área de productos eco-friendly, green chemistry o naturales, para ir desechando paulatinamente los productos químicamente tóxicos, o productos que simplemente, sus residuos son difícilmente reciclables.

Por ello la naturaleza ofrece de por sí, un amplio abanico de posibles sustancias beneficiosas para trabajos como la limpieza de superficies, eliminación de costras, adhesiones, eliminación de contaminación microbiológica, etc. Son numerosas las plantas y algas que contienen cualidades beneficiosas para estas tareas, y que al igual que con el almidón de kudzu, recogen en un mismo compuesto, varias de ellas, creando así, productos combinados únicos con estas características.

Se han identificado en el trascurso de esta tesis doctoral nuevos productos naturales para la Conservación y Restauración de pinturas murales, algunos de los cuales has sido testeados de manera preliminar.

8.4.1 Planta *Moringa Oleífera*

La planta de Moringa (Fig.8.12.a), originaria de África, se ha investigado en los últimos años por la capacidad potabilizadora de aguas contaminadas [41-44]. A través de sus hojas (Fig.8.12.b) y semillas, es capaz de eliminar metales pesados, microbios y otros contaminantes [41-44]. La planta de Moringa proporciona una combinación rica y rara de zeatina, el flavonoide quercetina, β -sitosterol, ácido cafeoilquínico y el flavonoide kaempferol [45].



Figura 8.12. a) Planta y polvo de *Moringa oleífera*, y b) Proceso de purificación del agua mediante hojas. Fuente: BBC News. (2016) https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/01/160118_salud_moringa_planta_venezuela_lb.

Son múltiples los estudios que investigan acerca de las propiedades antimicrobianas [46-50]. En todos ellos se reporta una buena respuesta de sus semillas, hojas y aceite. Sin embargo, todos ellos se han destinado al ámbito medicinal. Además de presentar esta característica, también contiene saponinas, que podrían emplearse para labores de limpieza.

Por ello, en primer lugar, proceso similar a los trabajos realizados con el kudzu, en el ámbito microbiológico, se evaluó el uso de esta planta como una posible alternativa a fungicidas comerciales. Estos ensayos fueron realizados en el centro de Biotecnología en colaboración con la Escuela das artes de la Universidad Católica de Oporto.

8.4.1.1 Materiales y métodos

Para los ensayos llevados a cabo, se empleó el aceite esencial comercial 100% de *Moringa Oleífera* de la casa comercial Naissance, Reino Unido, que se extrae de la presión en frío de las semillas, empleando el método de Marco, A., en su artículo: *Basil essential oil as an alternative to commercial biocides against fungi associated with black stains in mural painting* [31]. Este estudio permitió ver la capacidad biocida por parte de este aceite esencial frente a ciertas estirpes de hongos seleccionados.

i. Hongos seleccionados

La actividad antifúngica se estudió mediante un ensayo de contacto de los hongos (in vitro) con el aceite esencial, para estudiar la inhibición del crecimiento de hifas inoculadas. En este caso se han escogido cuatro de los hongos referenciados de forma habitual en la contaminación microbiológica de pintura mural, como son: *Alternaria alternata*, *Aspergillus Versicolor*, *Aspegillus Niger* y *Penicillium chrysogenum* [31,33]. Los hongos empleados eran cultivos reactivados de microorganismos obtenidos en el muestreo microbiológico en diferentes pinturas murales del patrimonio religioso de Portugal. Estos, fueron recrecidos primeramente en placas de Agar Dextrosa Patata (PDA), y cultivaron a 28°C hasta que su maduración fue suficiente para utilizarlos en la inoculación. Se recogieron los *plugs* del extremo de los hongos, es decir,

sus zonas más activas, o las zonas más activas de sus hifas, para emplearlas en las muestras con aceite de Moringa [31,33].

ii. Preparación de las placas y método de inoculación

Se prepararon placas de Petri de 90 mm de diámetro con PDA esterilizado en autoclave (20 mL). Con el medio caliente se añadieron diferentes volúmenes de aceite de Moringa (3,12 μ l, 6,24 μ l, 12,50 μ l, 25 μ l, 50 μ l y 100 μ l), realizando dos replicas por cada volumen y para cada hongo. Así se obtenían concentraciones de aceite de moringa de 0,156 μ l/mL hasta 5 μ l/mL, respectivamente. Además, se realizaron dos controles con únicamente PDA para cada hongo. En consecuencia, se evaluaron 56 muestras. El medio se inoculó colocando un círculo o *plug* del hongo de 5 mm de diámetro en el centro de cada placa con lo hongo en contacto con el medio. El *plug* de hongo, se coloca al revés en la placa donde es sembrado, para que haga contacto directo con el medio de cultivo y el aceite de Moringa (fungicida testado), a fin de comprobar su actuación. Tras la implantación de este *plug*, se incubaron a temperatura ambiente (aproximadamente 20°C) y se sellaron herméticamente con Parafilm M® (Pechiney). Cada 24 horas durante 4 días, las placas se midió el avance de los hongos en dos ejes trasversales (Fig.8.13). Así se evalúa la tendencia de inhibición de las diferentes concentraciones del aceite.

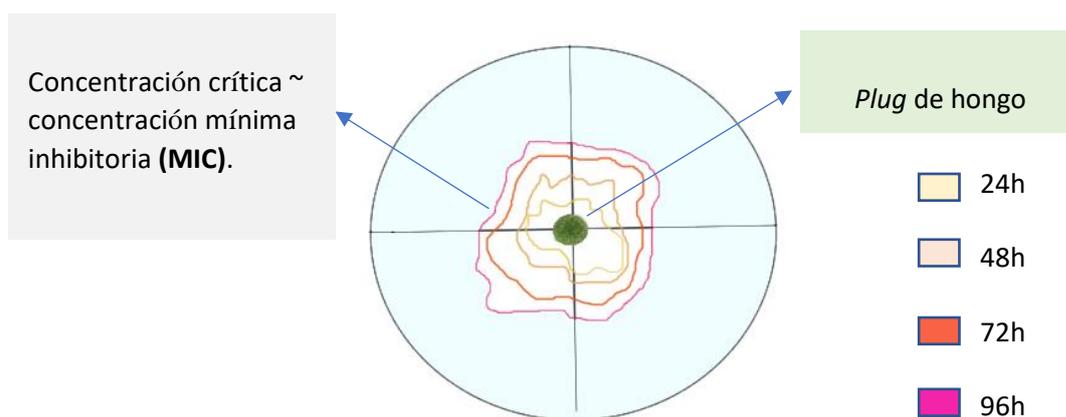


Figura 8.13. Placa Petri con medio de cultivo y aceite esencial de Moringa (%), que en su centro se encuentra el hongo implantado. Alrededor de este, el crecimiento exponencial del hongo pasadas las horas.

Las concentraciones inhibitorias mínimas (MIC) se definen como la concentración más baja de un antimicrobiano que inhibirá el crecimiento visible de un microorganismo después de su inoculación [51]. En este ensayo, la MCI es la concentración de aceite de Moringa necesaria para que la estirpe de cada hongo paralice su crecimiento. Mediante este ensayo, se puede aproximar la concentración mínima inhibitoria siguiendo la tendencia de no crecimiento.

8.4.1.2 Resultados

En primer lugar, es importante destacar que no se logró un medio de cultivo homogéneo al mezclar el PDA y el aceite. Este hecho hizo que en las concentraciones elevadas (50 y 100 μl) el aceite se quedaría en superficie sin integrar en el gel, creando micelas. Por ello, los resultados se vieron afectados por este hecho. Además, los hongos inoculados crearon nuevos puntos de crecimiento debido a las esporas. Para la medición solo se tuvo en cuenta el crecimiento del *plug* central.

En cualquier caso, el aceite esencial de Moringa no demostró tener buenos resultados frente a los hongos: *Alternaria alternata*, *Aspergillus versicolor*, y *Penicillium chrysogenum*. Estos se reprodujeron excesivamente en las placas inoculadas.

Respecto al *Aspergillus niger*, el crecimiento medido al de 96 horas (0,7 mm, 1,2 mm, 1,25 mm, 0,4 mm, 0,5 mm, 0,7 mm) a cada concentración utilizada empezando por el control y aumentando la concentración progresivamente) reveló que el mayor crecimiento fúngico se dio en las placas que contenían concentraciones bajas (0,156 $\mu\text{l}/\text{mL}$ y 0,312 $\mu\text{l}/\text{mL}$) (Fig.8.14). Por otro lado, cabe destacar como las mediciones fueron en todos los casos salvo para la concentración más alta, mayores que en la placa control. Esto parece indicar que el aceite de moringa puede aportar nutrientes al hongo que favorezcan su crecimiento. Sin embargo, llegada a una concentración de 0,6 $\mu\text{l}/\text{mL}$ parece que comienza el efecto inhibitorio incluso haciendo desaparecer el *plug*.

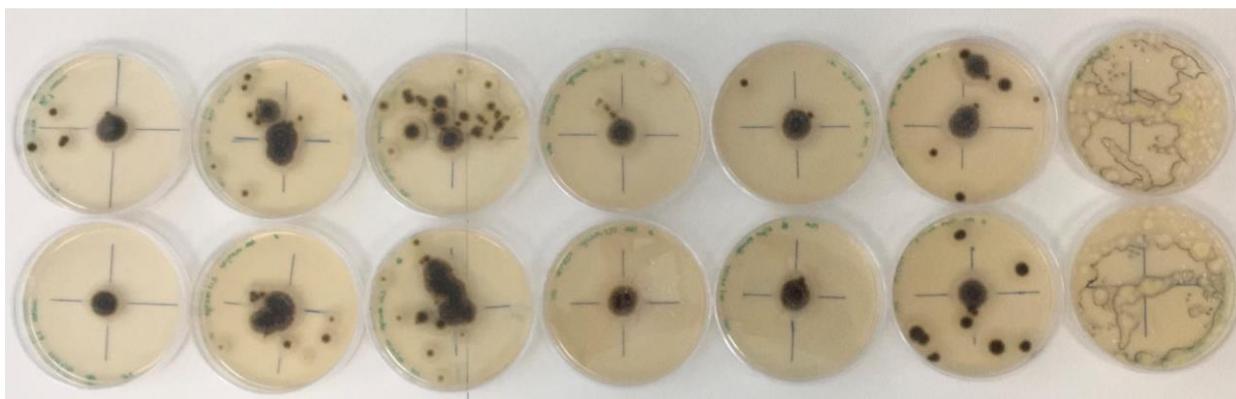


Figura 8.14. Ensayo con el aceite esencial de Moringa en las pruebas con el hongo *Aspergillus niger*. De izquierda a derecha, controles, 3, 12 μ l, 6,24 μ l, 12,50 μ l, 25 μ l, 50 μ l, 100 μ l.

8.4.1.3 Conclusiones

A pesar de que el hongo *Aspergillus niger*, se comportó creando mucha esporulación durante la inoculación de las placas con aceite, ya que la mezcla sustrato y aceite no fue homogénea; parece que a concentraciones altas el aceite de moringa podría tener capacidad biocida para este hongo con un MIC superior a 5 μ L/mL.

Estos resultados constituyen un prometedor acercamiento a las propiedades de este aceite, y de los compuestos implícitos en él para detener o inactivar el crecimiento del *Aspergillus niger*, que como se ha mencionado es una de las plagas más comunes y dañinas en el Patrimonio Cultural. Sin embargo, son estudios preliminares que se deben corroborar nuevamente, ya que en ellos pudo haber influido: la colocación de los hongos en las placas; la esporulación, la cual provocó mucho crecimiento no controlado por las placas; y la excesiva agitación de las mezclas.

8.4.2. Arcilla blanca

Este compuesto creado a partir de ingredientes naturales es actualmente empleado para trabajos de limpieza de todo tipo de superficies. Además de ser “eco-friendly”, tiene la ventaja de ser 100% biodegradable y por lo tanto respetuosa con el

medio ambiente. Tiene una composición completamente natural: arcilla blanca micro-nizada, copos de jabón, aceite de limón 100% natural, glicerina, grasas vegetales y sodio [52].

Sus componentes se han empleado o estudiado por separado, para ciertas fases de la restauración de obras de arte, obteniendo en ocasiones, grandes beneficios, como con los aceites esenciales de limón en la eliminación de contaminación micro-biológica.

Su evaluación en el campo de la pintura mural debe ser estudiada a fondo a fin de obtener unos resultados óptimos para su posible empleo. Sin embargo, una mínima prueba preliminar realizada en una pequeña área de mármol con grafiti (nuevo acto vandálico) de la pared 4, ha demostrado su poder de limpieza, incluso con agentes tan agresivos como el spray de grafiti (Fig.8.15.a).

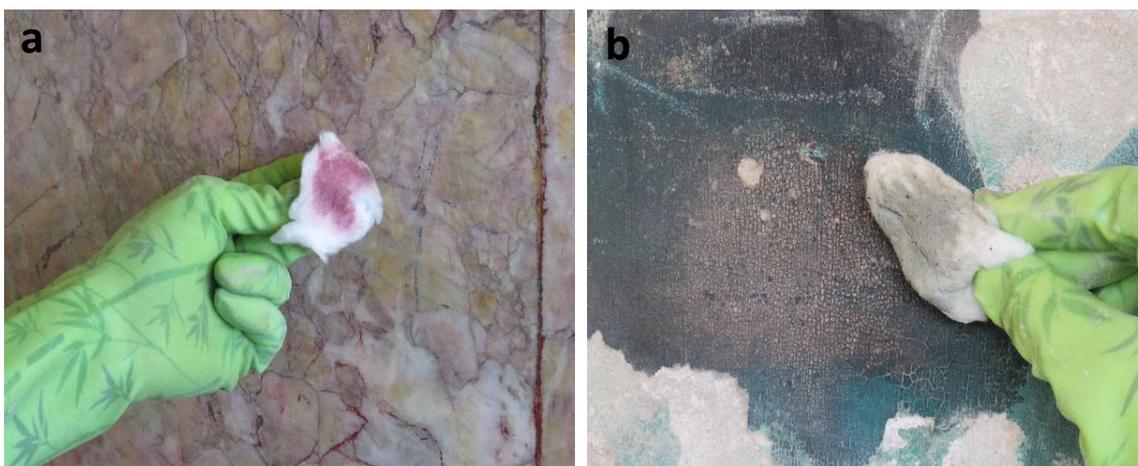


Figura 8.15. a) Prueba realizada en el mármol, con posterior neutralización con agua de cal y b) Prueba en mortero en el que se observa la eliminación de tintas sin apenas frotado.

Por otro lado, después de comprobar su poder de limpieza en este soporte, se empleó esta pasta en un área de 5x5 cm, de fondo mural en la zona carbonizada de la pared 2, zona que se encontraba deteriorada y pulverulenta (Fig.8.15.b). En este caso, se eliminó gran parte del grafiti azul que cubría el mortero y se consiguió eliminar la capa de hollín que tenía por encima, respetando, a simple vista, el color de fondo de la pintura mural.

8.4.3 Konjac

El polvo de konjac proviene de la planta *Amorphophallus konjac* (Fig.8.16.a), que crece en el sudeste asiático. Este polvo contiene una gran cantidad de almidón procedente del tubérculo (Fig.8.16.b). Es un polisacárido, que contiene alrededor del 40% de goma de glucomanano [53]. Lo que le confiere unas cualidades casi únicas en cuanto a su gelificación. También, proporciona propiedades especiales como espesante y gelificante [54].

Se puede encontrar en el mercado en formato esponja (Fig.8.16.c) o polvo, y son comúnmente utilizados en cosmética y medicina china. También se usa comúnmente en alimentos asiáticos tradicionales como el llamado konnyaku (Fig.8.16.d) [54].

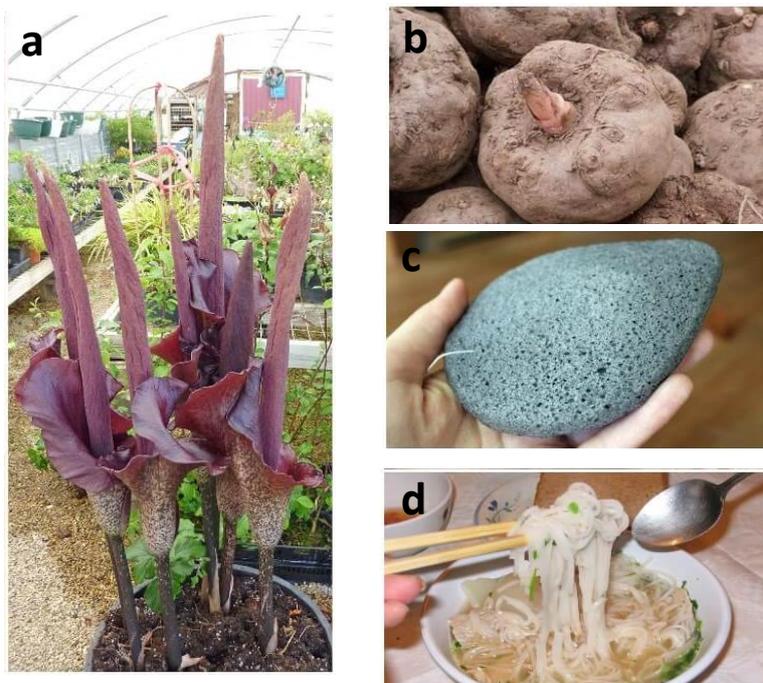


Figura 8.16. a) Aspecto de la planta de konjac, b) Tubérculo del que se extrae el polvo y la esponja de konjac, c) Esponja de konjac seca y d) Fideos de konjac en la comida asiática. Fuente: *Amorphophallus konjac* (2020, 25 de marzo). En Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Amorphophallus_konjac

La característica principal de este polvo es la capacidad de absorber agua, hasta 50 veces más de su peso [53]. Por este motivo, es una interesante opción para la

creación de geles rígidos solos o combinados con otros almidones [54-56] que retienen el líquido acuoso en tareas de limpieza de distintos soportes.

8.4.4 Aceite de Tung

El aceite de Tung ha sido empleado desde la antigüedad como protector de la madera. Proviene del prensado de las semillas del árbol de Tung, originario de China [57]. Sus propiedades en el soporte de madera son reconocidas, pero su papel como aditivo en mortero no es común. En los estudios recogidos a este respecto, se realiza la caracterización de morteros en patrimonio antiguo de China, donde se identifica el aceite de Tung [58]. Los experimentos indican que el mortero de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y aceite de Tung, tiene mejores propiedades mecánicas que el mortero común de calcio [58,59]. Además, endurece la estructura del mortero y hace a este mortero más resistente frente a ciclo hielo deshielo.

8.5. Conclusiones del capítulo

La tendencia actual de eliminar los productos tóxicos, también se ha establecido dentro de la metodología que se llevaba a cabo en procesos de restauración de arte. La comunidad científica ha favorecido el aumento en el número de estudios dirigidos a la eliminación de estas sustancias en esta profesión. Pero se debe seguir dirigiendo los pasos hacia el empleo y actuaciones cada vez más saludables para todos los intervinientes en estas tareas: obra, profesional y medioambiente.

En la presente tesis doctoral se han identificado y evaluado varios productos naturales potenciales para su uso en Conservación y Restauración. El más relevante, el almidón kudzu, que ha demostrado ser mejor en la mayoría de las características evaluadas, no siendo solo una alternativa natural, sino un producto más efectivo a los ya existentes. Destaca la capacidad de inhibición microbiológica, que permite su desarrollo como biocida. Aun así, es necesaria la comprobación de, si esta condición es implícita, o pertenece únicamente a las isoflavonas que contiene, que actúan como biocidas. En cualquier caso, los estudios preliminares dejan clara su potencialidad como adhesivo, biocida y/o limpiador, no solo para materiales en base papel, sino incluso para pintura mural y materiales pétreos.

Del mismo modo, el aceite de moringa parece ser un producto que puede permitir desarrollar productos de restauración y conservación con cualidades limpiadoras y biocidas.

En resumen, los productos naturales ofrecen multitud de características beneficiosas para su uso en el ámbito de la Conservación y Restauración de pinturas murales. Al igual que el kudzu, existen, como se ha plasmado nuevos materiales eco-friendly/naturales que abren infinitas posibilidades de uso y aprendizaje, para la salvaguarda de bienes culturales. Este trabajo representa una apertura de una línea de investigación prometedora para el desarrollo de nuevos productos naturales para su uso en trabajos de recuperación de Bienes Culturales.

8.6 Referencias

- [1] Balliana, E., Ricci, G., Pesce, C., & Zendri, E. (2016). Assessing the value of green conservation for cultural heritage: positive and critical aspects of already available methodologies. *International Journal of Conservation Sciences*, 7, 185-202. https://iris.unive.it/bitstream/10278/3663000/1/Abstract_Balliana.pdf
- [2] Kostadinovska, M. (2015). Non-destructive characterization of paper artifacts in conservation treatments. *History and Archaeology*, 10. https://www.researchgate.net/profile/Maja_Kostadinovska/publication/292143492_Non-destructive_Characterization_of_Paper_Artifacts_in_Conservation_Treatments_A_critical_minireview/links/56aa1d2b08ae7f592f0f1d66/Non-destructive-Characterization-of-Paper-Artifacts-in-Conservation-Treatments-A-critical-minireview.pdf
- [3] Unión Europea. (2019, 18 octubre). *Agencia europea de los productos químicos (ECHA)*. https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/echa_es
- [4] Green Conservation of Cultural Heritage. (2013). *Green Conservation of Cultural Heritage Conference*. <http://www.greenconservationconference.com/>
- [5] CAMEO (2020, 31 de julio). *Conservation & Art Materials Encyclopedia Online*. http://cameo.mfa.org/wiki/Main_Page
- [6] Sigma Aldrich. (2020, 14 de abril). Greener Alternatives Evaluation Matrix. <https://www.sigmaaldrich.com/chemistry/greener-alternatives/matrix-coring.html>
- [7] Waters, L. (2006). Tear repair of cotton canvas: a variation of the Heiber technique. *WAAC newsletter*, 28(2), 10-11. <https://cool.conservation-us.org/waac/wn/wn28/wn28-2/wn28-203.pdf>.
- [8] de Blas Martín, M., Boj, P. D., Calleja, C. P., & Domínguez, M. D. M. S. (2015). Biblia de Huesca, del conocimiento a su conservación. *Boletín del Museo Arqueológico Nacional*, 33, 227-240. <http://www.man.es/man/fr/dam/jcr:cba74ccc-eb3f-4092-9f7e-e7f1dba097aa/2015-33-martin.pdf>.
- [9] Izaguirre, A., Lanás, J., & Álvarez, J. I. (2011). Effect of a biodegradable natural polymer on the properties of hardened lime-based mortars. *Materiales de construcción*, 61(302), 257-274. <https://doi.org/10.3989/mc.2010.56009>.
- [10] AIC Wiki. (2020, 20 de mayo). *American Institute for Conservation of Art and Historic Works*. http://www.conservation-wiki.com/wiki/Main_Page
- [11] McClintock, T. (2006). Observations on the mutual influence of Asian and Western paper conservation practices. *The Book and Paper Group Annual*, 25 13-22. <https://cool.culturalheritage.org/coolaic/sg/bpg/annual/v25/bpga25-04.pdf>
- [12] A. Maková, I. Kuka, Z. Kyšková. (2003). The use of native modified starches and cellulose derivatives in restoration-conservation practise comparison of their adhesive qualities. *Chemical Technology of Wood, Pulp and Paper, Bratislava*, 424-429. https://www.researchgate.net/profile/Svetozar_Katuscak/publication/308209187_WPP_Chemical_Technology_of_Wood_Pulp_and_Paper/links/57de894a08aeea19593b4aff.pdf#page=422

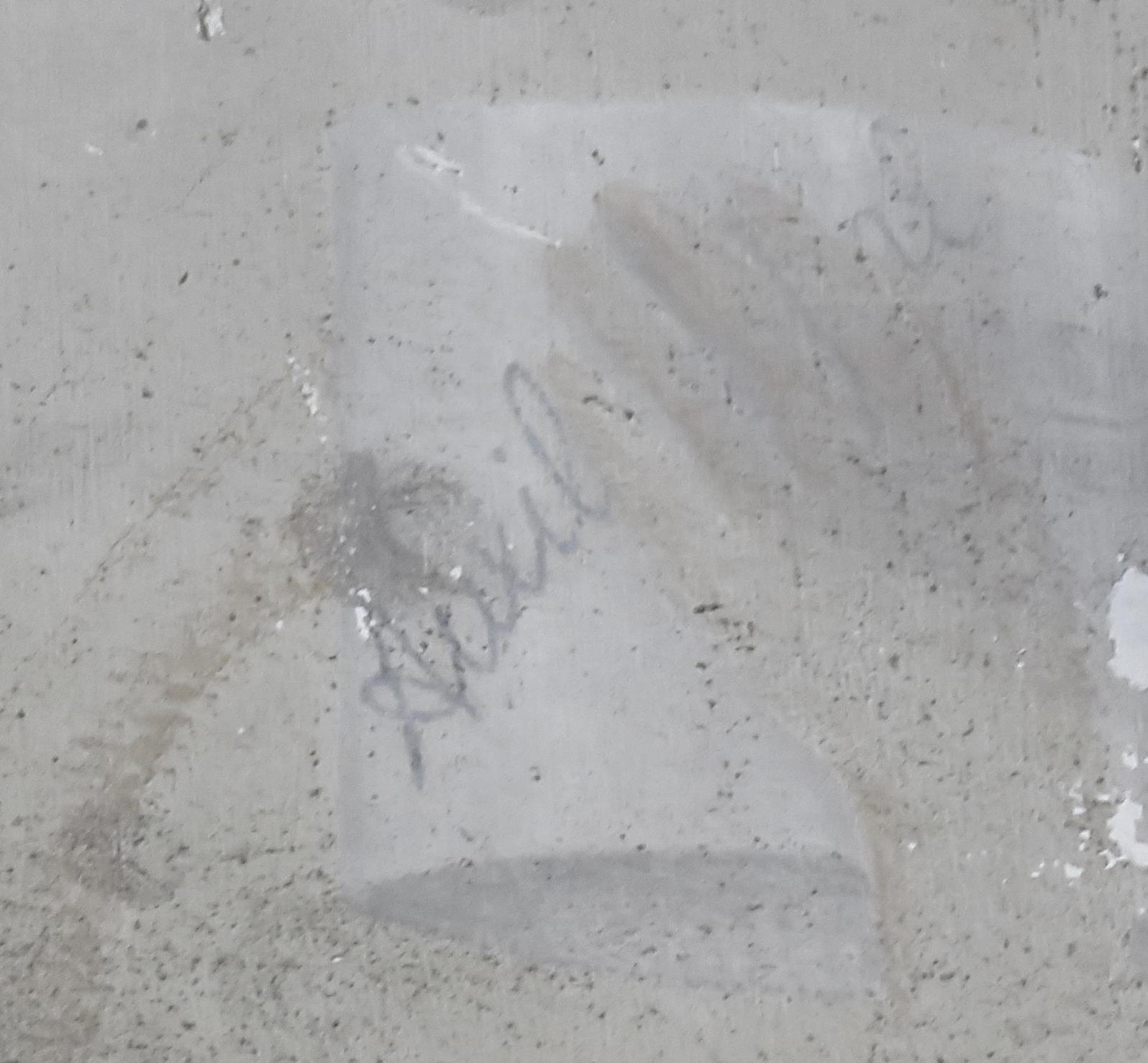
- [13] Baker, C. A. (1984). Methylcellulose and sodium carboxymethylcellulose: An evaluation for use in paper conservation through accelerated aging. *Studies in Conservation*, 29(sup1), 55-59. <https://doi.org/10.1179/sic.1984.29.Supplement-1.55>
- [14] Botello, B., Libertad, J., & Hernández, M. M. C. (2013). *Análisis de las propiedades físico-mecánicas del adhesivo hidroxipropilcelulosa en el proceso de laminado de documentos en soporte de papel albanene y vegetal*. [Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, México]. Mediateca INAH <https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/tesis%3A894>
- [15] Guilizia, J. (2018). *Total and Nutrient-Specific in Situ Degradation of Kudzu (Pueraria montana var. lobata) in the Bovine Rumen*. [Tesis doctoral, University Honors College, Middle Tennessee State University]. <http://jewlscholar.mtsu.edu/xmlui/handle/mtsu/5740>
- [16] Invasive Species specialist group. (2010, 22 de marzo). *Global invasive species database*. <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=81>
- [17] Wong, K. H., Li, G. Q., Li, K. M., Razmovski-Naumovski, V., & Chan, K. (2011). Kudzu root: traditional uses and potential medicinal benefits in diabetes and cardiovascular diseases. *Journal of Ethnopharmacology*, 134(3), 584-607. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.02.001>
- [18] Santana, Á. L., & Meireles, M. A. A. (2014). New starches are the trend for industry applications: a review. *Food and public health*, 4(5), 229-241. https://www.researchgate.net/profile/M_Angela_Meireles/publication/273002011_New_Starches_are_the_Trend_for_Industry_Applications_A_Review/links/54f4c6e30cf2ba615063fb71/New-Starches-are-the-Trend-for-Industry-Applications-A-Review.pdf
- [19] Van Hung, P., & Morita, N. (2007). Chemical compositions, fine structure and physico-chemical properties of kudzu (*Pueraria lobata*) starches from different regions. *Food Chemistry*, 105(2), 749-755. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.023>
- [20] Chen, G., Zhang, J., & Ye, J. (2001). Determination of puerarin, daidzein and rutin in *Pueraria lobata* (Wild.) Ohwi by capillary electrophoresis with electrochemical detection. *Journal of Chromatography A*, 923(1-2), 255-262. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)00996-7](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)00996-7)
- [21] Prasain, J. K., Jones, K., Kirk, M., Wilson, L., Smith-Johnson, M., Weaver, C., & Barnes, S. (2003). Profiling and quantification of isoflavonoids in kudzu dietary supplements by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(15), 4213-4218. <https://doi.org/10.1021/jf030174a>
- [22] Zhong, Y., Song, X., & Li, Y. (2011). Antimicrobial, physical and mechanical properties of kudzu starch–chitosan composite films as a function of acid solvent types. *Carbohydrate Polymers*, 84(1), 335-342. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.11.041>
- [23] Mitoku Company. (2018, 31 de marzo). *Kudzu powder* <https://www.mitoku.com/products/kuzu/index.html>
- [24] Maitland, C. (2010, May). Microscopy for Paper Conservation: Comparing Various Adhesives and Examining Wheat Starch Paste Preparation Methods. In *Poster presented at AIC's 38th Annual Meeting*. 130-138. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiM_6

Wz2MLsAhUa4OAKHSLsAFAQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fcool.culturalheritage.org%2Fcoolaic%2Fsg%2Fbpg%2Fannual%2Fv29%2Fbpga29-22.pdf&usg=AOvVaw0k8b2DpnjVAAG2aNqwQJUo

- [25] Rampton, A. (2005). Almidón de la casaba y almidón de trigo: estudio comparativo para su uso en la conservación de papel. *The Getty Conservation Institute*. [http://geiic.com/files/2congresoGE/Almidon_de_la_casaba_y_de_trigo.pdf]
- [26] Standard, A. S. T. M. (2008). Standard test method for peel resistance of adhesives (T-Peel Test). *West Conshohocken, PA: ASTM International*.
- [27] RUFF project. (2019, 14 de enero). *Starch spectra*. <https://rruff.info/starch/display=default/>
- [28] Zervos, S., & Alexopoulou, I. (2015). Paper conservation methods: a literature review. *Cellulose*, 22(5), 2859-2897. <https://doi.org/10.1007/s10570-015-0699-7>
- [29] Mazzuca, C., Micheli, L., Cervelli, E., Basoli, F., Cencetti, C., Coviello, T., ... & Palleschi, A. (2014). Cleaning of paper artworks: development of an efficient gel-based material able to remove starch paste. *ACS applied materials & interfaces*, 6(19), 16519-16528. <https://doi.org/10.1021/am504295n>
- [30] da Silva Borges, I., Casimiro, M. H., Macedo, M. F., & Sequeira, S. O. (2018). Adhesives used in paper conservation: Chemical stability and fungal bioreceptivity. *Journal of Cultural Heritage*, 34, 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.03.027>
- [31] Marco, A., Santos, S., Caetano, J., Pintado, M., Vieira, E., & Moreira, P. R. (2020). Basil essential oil as an alternative to commercial biocides against fungi associated with black stains in mural painting. *Building and Environment*, 167, 106459. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106459>
- [32] Zhong, Y., Song, X. & Li, Y. Antimicrobial, physical and mechanical properties of Kudzu starch–chitosan composite films as a function of acid solvent types. *Carb. Pol.* 84(1), 335-342 (2011). <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.11.041>
- [33] Veneranda, M., Blanco-Zubiaguirre, L., Roselli, G., Di Girolami, G., Castro, K., & Mada-riaga, J. M. (2018). Evaluating the exploitability of several essential oils constituents as a novel biological treatment against cultural heritage biocolonization. *Microchemical Journal*, 138, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2017.12.019>
- [34] Silva, N., Castro, D., Vieira, E., Pintado, M., & Moreira, P. R. (2019). BIONANOSCULP: development of chitosan-based coatings as an eco-friendly strategy for conservation of outdoor sculptures. In *MicroBiotec: Congress Of Microbiology And Biotechnology 2019* (p. 244). Universidade de Coimbra. <http://hdl.handle.net/10400.14/29760>
- [35] Silva, N., Pullar, R. C., Pintado, M. E., Vieira, E., & Moreira, P. R. (2018). Biotechnology for Preventive Conservation: Development of Bionanomaterials for Antimicrobial Coating of Outdoor Sculptures. *Studies in Conservation*, 63(sup1), 230-233. <https://doi.org/10.1080/00393630.2018.1475037>
- [36] Hong, H., Landauer, M. R., Foriska, M. A., & Ledney, G. D. (2006). Antibacterial activity of the soy isoflavone genistein. *Journal of basic microbiology*, 46(4), 329-335. <https://doi.org/10.1002/jobm.200510073>

- [37] Dhayakaran, R. P. A., Neethirajan, S., Xue, J., & Shi, J. (2015). Characterization of antimicrobial efficacy of soy isoflavones against pathogenic biofilms. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 859-865. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.053>
- [38] Yoon, T. M., Kim, J. W., Kim, J. G., Kim, W. G., & Suh, J. W. (2006). Talosins A and B: new isoflavonol glycosides with potent antifungal activity from *Kitasatospora kifunensis* MJM341. *The Journal of antibiotics*, 59(10), 633-639. <https://www.nature.com/articles/ja200684>
- [39] Hervás-Aguilar, A., Rodríguez, J. M., Tilburn, J., Arst, H. N., & Peñalva, M. A. (2007). Evidence for the direct involvement of the proteasome in the proteolytic processing of the *Aspergillus nidulans* zinc finger transcription factor PacC. *Journal of Biological Chemistry*, 282(48), 34735-34747. <https://www.jbc.org/content/282/48/34735.short>
- [40] National Center for Biotechnology Information. (s.f). *BLAST Basic Local Alignment Search Tool*. <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>
- [41] Ndabigengesere, A., Narasiah, K. S., & Talbot, B. G. (1995). Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water research*, 29(2), 703-710. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)00161-Y](https://doi.org/10.1016/0043-1354(94)00161-Y)
- [42] Ndabigengesere, A., & Narasiah, K. S. (1998). Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. *Water research*, 32(3), 781-791. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(97\)00295-9](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00295-9)
- [43] Amagloh, F. K., & Benang, A. (2009). Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. *African Journal of Agricultural Research*, 4(1), 119-123. <http://hdl.handle.net/123456789/591>
- [44] Nand, V., Maata, M., Koshy, K., & Sotheeswaran, S. (2012). Water purification using *Moringa oleifera* and other locally available seeds in Fiji for heavy metal removal. *International Journal of Applied*, 2(5), 125-129. <https://www.academia.edu/download/45356705/14.pdf>
- [45] Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., & Gilani, A. H. (2007). *Moringa oleifera*: a food plant with multiple medicinal uses. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 21(1), 17-25. <https://doi.org/10.1002/ptr.2023>
- [46] BBC News. (2016, 18 de enero). ¿Qué es y para qué sirve la moringa que se recetan los políticos en Venezuela?. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/01/160118_salud_moringa_planta_venezuela_lb
- [47] Nepolean, P., Anitha, J., & Emilin, R. R. (2009). Isolation, analysis and identification of phytochemicals of antimicrobial activity of *Moringa oleifera* Lam. *Current biotica*, 3(1), 33-37. <https://www.semanticscholar.org/paper/Isolation%2C-analysis-and-identification-of-of-Nepolean-Anitha/682be95f008edafc46f88a75385f7a4137746eb9?p2df>
- [48] Bukar, A., Uba, A., & Oyeyi, T. (2010). Antimicrobial profile of *Moringa oleifera* Lam. extracts against some food-borne microorganisms. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 3(1). 10.4314/bajopas.v3i1.58706

- [49] Oluduro, A. O. (2012). Evaluation of antimicrobial properties and nutritional potentials of *Moringa oleifera* Lam. leaf in South-Western Nigeria. *Malaysian Journal of Microbiology*, 8(2), 59-67. <https://core.ac.uk/download/pdf/25840676.pdf>
- [50] Ali, G. H., El-taweel, G. E., & Ali, M. A. (2004). The cytotoxicity and antimicrobial efficiency of *Moringa oleifera* seeds extracts. *International Journal of Environmental Studies*, 61(6), 699-708. <https://doi.org/10.1080/0020723042000189877>
- [51] Andrews, J. M. (2001). Determination of minimum inhibitory concentrations. *Journal of antimicrobial Chemotherapy*, 48(suppl_1), 5-16. https://doi.org/10.1093/jac/48.suppl_1.5
- [52] Invasión verde (2020, 22 de marzo). *La piedra blanca*. <https://www.invasion-verde.com/blog/vida-sostenible/piedra-blanca>
- [53] Amorphophallus konjac (2020, 25 de marzo). En Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Amorphophallus_konjac
- [54] Kao, W. T., & Lin, K. W. (2006). Quality of Reduced-Fat Frankfurter Modified by Konjac–Starch Mixed Gels. *Journal of Food Science*, 71(4), S326-S332. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00003.x>
- [55] Khanna, S., & Tester, R. F. (2006). Influence of purified konjac glucomannan on the gelatinisation and retrogradation properties of maize and potato starches. *Food hydrocolloids*, 20(5), 567-576. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.05.004>
- [56] Chen, J., Liu, C., Chen, Y., Chen, Y., & Chang, P. R. (2008). Structural characterization and properties of starch/konjac glucomannan blend films. *Carbohydrate Polymers*, 74(4), 946-952. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.05.021>
- [57] Brown, K., & Keeler, W. (2005). The history of tung oil. *Wildland weeds*, 9(1), 4-24. <https://www.se-eppc.org/wildlandweeds/pdf/Winter2005-Brown-pp4-6.pdf>
- [58] Fang, S., Zhang, H., Zhang, B., & Li, G. (2014). A study of Tung-oil–lime putty—A traditional lime based mortar. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 48, 224-230. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2013.09.034>
- [59] Fang, S. Q., Zhang, H., Zhang, B. J., & Zheng, Y. (2014). The identification of organic additives in traditional lime mortar. *Journal of Cultural Heritage*, 15(2), 144-150. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2013.04.001>



Capítulo/Chapter 9

Conclusiones generales / Integrated Conclusions



Esta tesis doctoral ha cubierto la necesidad surgida dentro del marco de actuación del macroproyecto “Puesta en valor de las galerías Punta Begoña”. El cual, requería de la implementación de un protocolo integral para la puesta en valor de los elementos decorativos del salón. Los objetivos propuestos para la creación de estos protocolos han sido completados de forma satisfactoria.

En primer lugar, el estado de conservación de todos los elementos decorativos del salón se ha evaluado de forma exhaustiva y particularizada, así, las pinturas murales presentan un estado precario, y se ha observado como estas, desaparecen paulatinamente. A pesar de la colocación del cerramiento de madera en el 2018, la actuación del agua externa, junto con las sales de los materiales que componen el muro, están disgregando el soporte, la preparación y la película pictórica. Además, aunque se ha visto reducida la entrada de contaminantes atmosféricos, es patente a través de los análisis realizados, como existen una gran acumulación de estos en las estructuras del mortero, ladrillos, así como en la superficie de los mármoles.

Respecto a los mármoles, la gran mayoría de estos cuentan con un estado de conservación bueno, particularmente los del suelo, pero que se agrava ligeramente en los zócalos. La propia naturaleza de este tipo de mármol no es de ayuda para su conservación. No obstante, se han podido recoger en las tareas de desescombro gran cantidad de fragmentos desprendidos que contribuyan a su reconstrucción. Igualmente, se han identificado los procesos de degradación considerados como altamente dañinos: el agua de infiltración, vandalismo y contaminación atmosférica. Estos provocan nuevos daños derivados de ellos, tanto en las pinturas como en los mármoles decorativos. De tal manera, las paredes más afectadas por estos agentes son la pared 1 y la 3, por su posición con respecto al acantilado y a los vientos predominantes.

En segundo lugar, la caracterización de los materiales ha supuesto una herramienta esencial dentro del conocimiento de los materiales compositivos, pero ha resultado mayor su impacto en la concepción de este espacio. Gracias a ellos, se constata la existencia de materiales innovadores en capas subyacentes de la pintura mural, información que concuerda con el carácter emprendedor de Horacio Echevarrieta. Por otro lado, la identificación de una capa de pintura al silicato subyacente concluye

que existió una decoración de las paredes anterior a lo que vemos hoy en día. Todos estos resultados obtenidos, cambian la historia de este conjunto arquitectónico, pues su marcada visión franquista por parte de los ciudadanos, pasa a comprenderse como un Patrimonio ocupado forzosamente, y que cuenta con una historia anterior al régimen de dictadura en el que se decoró.

Destacar como las galerías Punta Begoña, pero por encima de estas, el salón, ha sido durante décadas, un espacio olvidado y maltratado, que contaba con un significado peyorativo por su característica política. La inexistencia, de una documentación histórica veraz y completa, y las lagunas históricas que lo rodeaban, propicio estas concepciones erróneas. En este sentido, la transdisciplinariedad mostrada en este trabajo, entre la ciencia y el arte, ha servido no solo, como un proyecto de tesis habitual, sino que ha conseguido realizar una labor de cambio de paradigma que se había instaurado en este bien inmueble, y en el propio personaje histórico de Horacio Echevarrieta. La particularidad de tener hoy en día, en sus muros, simbología franquista, y un pasado opuesto, hace de las galerías un Patrimonio único. Sin embargo, aunque existen referencias de otros inmuebles similares, es un ejemplo incomparable para la puesta en marcha de metodologías de recuperación basadas en la Memoria Histórica. De este modo, se presentan diferentes opciones de recuperación, con planteamientos intermedios, pero en todos ellos, se contempla la rigurosa documentación de los diversos momentos por los que ha pasado el salón.

Además de esto, la gestión del proyecto pasa por promover e incentivar la creación de un plan de Conservación Preventiva para el conjunto, que preserve las actuaciones de los distintos grupos de investigación, pero, sobre todo, marque unas directrices de criterios mínimos de intervención en los elementos patrimoniales, conjuntamente, con pautas globales a todos en el recorrido del proyecto. En suma, optimizar los recursos tanto humanos como económicos disponibles, y llegar a un objetivo final.

Dadas las circunstancias que rodean este conjunto monumental, surge durante el desarrollo de esta tesis doctoral, la necesidad de realizar actividades para producir un cambio de visión en el ciudadano, pero también dar a conocer las labores de Conservación y Restauración llevadas a cabo y que son, de forma habitual, poco consideradas. Las actividades de puesta en valor de las galerías, como son las visitas guiadas,

los diversos actos realizados, musealización y el empleo de herramientas 3D de las tareas llevadas a cabo en este ámbito, se ha comprobado como de manera sencilla, acercan el patrimonio a la sociedad. Además, destacar que la situación sanitaria actual de pandemia provocada por el SARS-CoV-2, ha hecho que sea patente el papel fundamental que están teniendo las tecnologías en la interacción socio-cultural de la sociedad. Más aún, cuando la tecnología aplicada a patrimonio es una herramienta extrapolable a otros edificios históricos similares, de la que poder extraer informaciones visuales diversas: reconstrucciones históricas, antes y después de la restauración, comparación simultánea con otros patrimonios, patrimonios intangibles, etc. Es por esto, que la creación de una plataforma web que cuente con realidad virtual en el salón, se ha constituido como una herramienta prometedora debido al panorama actual, augurando nuevas funciones beneficiosas para el ámbito de la Conservación y Restauración, y, por consiguiente, el Patrimonio en general.

Por último, la investigación surgida en el presente trabajo, sobre nuevas metodologías y materiales naturales, ha demostrado ser eficaz en los distintos apartados de la intervención en pinturas murales. En concreto, el almidón de kudzu, cuenta con características idóneas para estos trabajos, pero además, tiene una capacidad biocida reseñable, a falta de la realización de nuevos ensayos. El descubrimiento de estas características y subproductos, por medio del trabajo inédito realizado en el ámbito de la Conservación y Restauración, abre una vía con gran proyección en nuevos materiales sostenibles. Así mismo, el aceite esencial de Moringa, compuesto natural, promete grandes avances en el empleo de estos aceites dentro del Patrimonio Construido.

Todos los estudios realizados y datos recabados han permitido llenar el vacío histórico que existía respecto a este espacio. Y servir de base para otros Patrimonios Construidos que se encuentren en similares características, pero también, para la creación de modelos de restauración más sostenibles y naturales con el profesional de la restauración, e igualmente, con el medio ambiente.

Chapter 9. General conclusions

This doctoral thesis has covered needs arising within the framework of performance of the macroproject "Enhancement of the Punta Begoña galleries". This project required the implementation of a comprehensive protocol for the enhancement of the decorative elements of the living room. Objectives proposed for the creation of these protocols have been completed successfully.

Firstly, the conservation's state of all the decoration elements of the room have been evaluated exhaustively and individually, thus, the mural paintings present a precarious state, and it has been observed how these, gradually disappear. Despite the placement of the wooden enclosure in 2018, the action of external water, together with the salts of the materials that make up the wall, they are breaking up the support, the preparation and the film pictorial. In addition, although the entry of atmospheric pollutants has been reduced, it is clear through the analyses carried out, how there is an important accumulation of these in the mortar and bricks structures, as well as in the marbles surface.

Regarding marbles, the vast majority have a good state of conservation, particularly those of the floor, but which is slightly worse on skirting boards. The own nature of this type of marble does not help for its conservation. However, they have been collected in the debris removal large number of dislodged fragments that contribute to its reconstruction. Likewise, degradation processes considered have been identified highly harmful: water infiltration, vandalism and atmospheric pollution. These causes new damages derived from them, both in paintings as well as in decorative marbles. In such a way, the walls more affected by these agents are wall 1 and 3, due to their position regarding to the cliff and prevailing winds.

Secondly, the characterization of the materials has meant an essential tool within the knowledge of compositional materials, but its impact on the conception of this space has been greater. Thanks to them, it's confirmed the existence of innovative materials in underlying layers of the paint mural, information that agrees with Horacio's entrepreneurial character Echevarrieta. On the other hand, the identification of a layer of silicate paint underlying concludes that there was a wall decoration prior to what we see today. All these results obtained change the history of this architectural ensemble,

since its marked Francoist vision on the part of the citizens, comes to be understood as a forcibly occupied Heritage, and which has a history prior to the dictatorship in which it was decorated.

To highlight Punta Begoña galleries, but above these the living room, has been for decades a forgotten and mistreated space, which had a pejorative meaning due to its political character. The nonexistence, of a accurate and complete historical documentation, and the historical gaps that surrounded it, conducive to these misconceptions. In this sense, transdisciplinarity shown in this work, between science and art, has served not only as a usual thesis project, but has managed to carry out a work of change of paradigm that had been established in this real estate, and in the character himself history of Horacio Echevarrieta. The particularity of having today, in its walls, Francoist symbols, and an opposite past, make galleries a Unique heritage. However, although there are references to other properties similar, is an incomparable example for the implementation of methodologies recovery based on Historical Memory. In this way, different recovery options are proposed, with intermediate approaches, but in all of them, the rigorous documentation of the various moments by the main room has passed.

In addition to this, project management involves promoting and encouraging the creation of a Preventive Conservation plan for the whole, which preserves the actions of the different research groups, but, above all, mark some guidelines for minimum criteria for intervention in assets, jointly, with global guidelines to all in the project journey. In sum, to optimize available human and economic resources, and to reach a final goal.

Given the circumstances surrounding this monumental complex, it arises during this doctoral thesis development, the need to carry out activities to produce a vision change in the citizen, but also make known the Conservation and Restoration tasks carried out and that are, in a way

habitual, little considered. The activities to enhance the galleries, such as guided tours, the various events held, musealization and the use of 3D tools for the tasks performed in this area, it has been proven as in a simple way, they bring heritage

closer to society. In addition, it should be noted that the current health situation of pandemic caused by the SARS-CoV-2, has made clear the fundamental role they are playing technologies in the socio-cultural interaction of society. Furthermore, when the technology applied to heritage is a tool that can be extrapolated to other historical and similar buildings, from which it's possible to extract various visual information: historical reconstructions, before and after restoration, comparison simultaneous with other assets, intangible assets, etc. For that reason, creation of a website platform that has virtual reality in the living room, has been constituted as a promising tool due to the current panorama, auguring new beneficial functions for the field of Conservation and Restoration, and, consequently, the Heritage in general.

Finally, the research that emerged in the present work, on new methodologies and natural materials, has proven to be effective in the different sections of the intervention in wall paintings. Specifically, kudzu starch, It has ideal characteristics for these jobs, but also has a remarkable biocidal capacity, in the absence of new tests. The discovery of these characteristics and by-products, through work unpublished carried out in the field of Conservation and Restoration, opens a path with great projection in new sustainable materials. Likewise, the essential oil of Moringa, a natural compound, promises great advances in the use of these oils within the Built Heritage.

All the studies executed, and data collected have allowed to fill the historical void that existed regarding to this space. And to serve as a basis for others Constructed Assets that have similar characteristics, but as well, for creations of more sustainable and natural restoration models with the professional of the restoration, and, with the environment.



Capítulo/ Chapter 10

Trabajos futuros/ Future works



En primer lugar, hay que poner de manifiesto que parte de los trabajos correspondientes al capítulo 8, desarrollados en los laboratorios de Biotecnología (Oporto) de la Universidad Católica Portuguesa tuvieron que paralizarse, debido a la situación sanitaria mundial por el SARS-CoV-2. Estos trabajos, pese a estar muy avanzados, no han podido generar unos resultados suficientes para ser incluidos en la memoria. Sin embargo, debido a la peculiaridad de la situación y lo avanzado del trabajo, es importante remarcar los trabajos en curso:

- **Evaluación del kudzu mediante la inoculación de diferentes cepas de hongos habituales en Patrimonio Construido.**

Es preciso comprobar la capacidad real de inhibir el crecimiento de hongos que afectan al Patrimonio Cultural. Tras evaluar la capacidad del kudzu para inhibir el crecimiento de microorganismos presentes en ambientes de interés, se están realizando ensayos de inoculación con los hongos para determinar su capacidad biocida específica.

- **Realización de un estudio cromatográfico para cuantificar los compuestos biocidas implícitos en el kudzu.**

Mediante cromatografía de líquidos se pretende cuantificar los diferentes compuestos relacionados con la acción biocida del almidón de kudzu que permita establecer ensayos de comparación entre los compuestos aislados y el kudzu, evaluando así, un posible efecto sinérgico de la composición de este; o si son estos compuestos, los responsables únicos de su efecto antimicrobiano.

- **Comprobación microbiológica del efecto biocida de la daidzeína y genisteína como compuestos, en solitario y conjuntamente, mediante la inoculación de microorganismos habituales en pintura mural.**

En relación con el estudio anterior, se están realizando comparaciones con diferentes concentraciones de daidzeína y genisteína, adquiridos con pureza de labora-

torio, juntos y separados en ensayos mediante placas Petri, e inoculación de los hongos *Alternaria alternata*, *Alternaria versicolor* y *Aspergillus niger*, para comprobar su concentración mínima inhibitoria para su comparación con la acción del kudzu.

Dejando de lado la peculiaridad de la situación vivida debido al contexto sanitario, y considerando los trabajos anteriores, parte de esta tesis doctoral ha generado varias líneas de investigación prometedoras en diversos ámbitos dentro de la Conservación y Restauración:

- **Creación de un Plan director de Conservación de las galerías Punta Beña, que sirva como guía para la consecución del proyecto y como referente en otros patrimonios franquistas con similares características.**

Como se ha mencionado en el capítulo 6, de esta tesis doctoral, para dirigir un proyecto de esta envergadura, entre diferentes grupos de investigación de diferentes áreas, es necesario crear un Plan director de Conservación, en el que se estipulen unos criterios de intervención adecuados, una organización de tareas, una Conservación Preventiva, y una optimización de los recursos comunes entre los diversos puntos de vista de los investigadores.

- **Profundizar en el estudio analítico de la pintura subyacente, a través de la capa intermedia de clinocloro identificada en las estratigrafías de la pintura mural.**

El estrato de clinocloro hallado en capas intermedias, es un material novedoso para la época, que, además, cuenta a sus espaldas con más de 100 años, lo que puede ser interesante para investigar que problemáticas generaran otros patrimonios con la misma pintura y similares características. La recogida de nuevas micromuestras, ayudará a poder entender la distribución del posible dibujo subyacente de las pinturas murales.

- **Estudio específico de las degradaciones generadas por contaminación microbiológica en las pinturas murales, así como en los mármoles.**

Llegar a una metodología acertada de eliminación de los microorganismos de las pinturas murales, pasa por la recogida de muestras y posterior crecimiento de las mismas para conocer qué tipo de hongos, bacterias, líquenes y algas, crecen de forma asidua en las galerías. Conocerlas es el primer paso para el tratamiento de estas de una manera efectiva, duradera e inocua para el soporte.

- **Desarrollo de nuevos materiales naturales para su uso en Conservación y Restauración.**

Los prometedores resultados sacados del almidón de kudzu han propiciado derivar investigaciones futuras en productos naturales como una línea de estudio acorde a los nuevos cambios globales en cuestión medioambiental.

A fin de profundizar en el kudzu e iniciar investigaciones con otros productos, se recogen tareas a desarrollar:

- ***Establecer una metodología para el uso de la daidzeína y genisteína como biocidas de materiales pétreos y pintura mural.***

Adecuar mediante estudios analíticos y microbiológicos, la aplicación de estos compuestos en los soportes mencionados.

- ***Evaluación de la utilización de la capacidad limpiadora del gel rígido de kudzu en pintura mural y otros soportes.***

Al igual que otros geles empleados en la Restauración, el gel de kudzu, puede ser testado en su capacidad de succión, el aporte de agua u otros añadidos por parte del gel, o la contemplación de éste como gelificante de otros productos.

- ***Evaluar la utilización del almidón de kudzu como consolidante de morteros de restauración.***

Gracias a estudios anteriores se conoce la adicción de almidón a los morteros, ya desde la antigüedad. Comprobar las cualidades que le confiere el almidón de kudzu al mortero resulta un punto innovador, teniendo en cuenta, sus compuestos biocidas.

- ***Evaluación de la utilización del aceite esencial de Moringa como biocida para el *Aspergillus niger*.***

El control de ese hongo por parte de los conservadores y restauradores es un problema en la actualidad. Por tanto, vista la capacidad de resistencia del aceite de Moringa frente a este, la optimización de la concentración adecuada y su aplicación es una línea de estudio sugestiva.

- ***Estudio de productos potenciales mencionados en la tesis doctoral e identificación de nuevos productos para establecer una nueva línea de productos naturales.***

La adicción de productos naturales que cuentan con numerosas características beneficiosas para el Patrimonio, como los descritos en la tesis doctoral (Aceite de Tung, arcilla blanca y konjac) propician el desarrollo de investigaciones dirigidas a diferentes ámbitos dentro de la Restauración, distintos soportes, tareas específicas, etc.

CHAPTER 10. Future works

In the first place, it must be made clear that part of the work corresponding to chapter 8, developed in the Biotechnology laboratories (Oporto) of the Portuguese Catholic University had to be paralyzed, because of the global health situation by SARS-CoV-2. These jobs, despite being very advanced, have not been able to generate enough results to be included in the memory. However, due to the peculiarity of the situation and the advanced work, it is important to highlight the work in progress:

- **Evaluation of kudzu by inoculating different strains of common fungi in Constructed Heritage.**

It's necessary to verify the real capacity to inhibit the growth of fungi that affect the Cultural Heritage. After evaluating kudzu's ability to inhibit the growth of microorganisms present in environments of interest, they are conducting inoculation tests with fungi to determine their capacity specific biocide.

- **Carrying out a chromatographic study to determine the compounds implicit in kudzu for later use as biocides.**

Through liquid chromatography it is intended to quantify the different compounds related to the biocidal action of kudzu starch that allows establish comparison tests between isolated compounds and kudzu, thus evaluating a possible synergistic effect of its composition; or if these are compounds, solely responsible for its antimicrobial effect.

- **Microbiological verification of the biocidal effect of daidzein and genistein as compounds, alone and together, through the inoculation of common microorganisms in mural painting.**

In relation to the previous study, comparisons are being made with different concentrations of daidzein and genistein, acquired with purity of laboratory, together and separately in tests using Petri dishes, and inoculation of the fungi *Alternaria alternata*,

Alternaria versicolor and *Aspergillus niger*, to check its minimum inhibitory concentration for comparison with the kudzu action.

Leaving aside the peculiarity of the situation experienced due to the situation health, and considering the previous works arranged, part of this doctoral thesis has generated several promising lines of research in various fields within of Conservation and Restoration:

- **Creation of a Conservation Master Plan for the Punta Begoña galleries, which serves as a guide for the achievement of the project and as a benchmark in other Francoist patrimonies with similar characteristics.**

As mentioned in chapter 6 of this doctoral thesis, to direct a project of this magnitude, between different research groups of different areas, it is necessary to create a Conservation Master Plan, in which to stipulate an adequate intervention criteria, an organization of tasks, a Preventive Conservation, and an optimization of common resources between diverse points of view of the researchers.

- **To deep into the analytical study of the underlying painting, through the middle layer of clinochlore identified in the stratigraphies of the mural painting.**

The clinochlore stratum found in intermediate layers is a material novel for the time, which, in addition, has behind it more than 100 years, which may be interesting to investigate what problems will generate other patrimonies with the same painting and similar characteristics. Collecting new microsamples, it will help to understand the distribution of the possible drawing underlying wall paintings.

- **Specific study of degradations generated by pollution microbiological in wall paintings, as well as in marbles.**

To arrive to a correct methodology of microorganisms elimination of wall paintings, it goes through collection of the samples and subsequent growth of the same to know

what type of fungi, bacteria, lichens and algae, grow from assiduous in galleries. Knowing them is the first step in treating these in an effective, durable and harmless way for the support.

- **Development of new natural materials for use in Conservation and Restoration.**

The promising results of kudzu starch have led to derive future research on natural products as a line of study according to the new global changes in environmental issues.

In order to delve into kudzu and to initiate research with other products, Tasks to be developed analytically are collected:

- ***To establish a methodology for the use of daidzein and genistein as biocides of stone materials and mural painting.***

To adapt through analytical and microbiological studies, the application of these compounds on the supports mentioned.

- ***Evaluation of the utilization of the cleaning capacity of rigid kudzu gel in mural painting and other supports.***

Like other gels used in the Restoration, kudzu gel can be tested on its suction capacity, the contribution of water or other additions by part of the gel, or the contemplation of it as a gelling agent for other products.

- ***To evaluate the use of kudzu starch as a consolidator for mortars restoration.***

Thanks to previous studies, the addiction of starch to mortars is known, since ancient times. To check the qualities of kudzu starch mortar is an innovative point, considering, its biocides compounds.

- ***Evaluation of the use of Moringa essential oil as a biocide for Aspergillus niger.***

The control of this fungus by conservators and restorers is an actual problem. Therefore, in view of the resistance capacity of Moringa in front of this, the optimization of the appropriate concentration and its application it is a suggestive line of study.

- ***Study of potential products mentioned in the doctoral thesis and identification of new products to establish a new line of natural products.***

The natural products addition that have numerous characteristics benefits to the Heritage, such as those described in the doctoral thesis (Oil of Tung, white clay and konjac) promote the development of research aimed at different areas within the Restoration, different supports, specific tasks, etc.

Anexos

Anexo 1



INFORME MCG/018/2017

ANTECEDENTES

Con fecha 9 de junio de 2017, la empresa Landa-Ochandiano Arquitectos, sita en la calle Buzkantz 4 de Elorrio (48230 Bizkaia), en nombre y representación del Ayuntamiento de Getxo (calle Fueros 1, 48992 Algorta, Bizkaia), solicita la realización de ensayos de identificación anatómica.

Con fecha 9 de junio de 2017 se recibe de dicha empresa seis muestras de madera codificadas como MM1, MM2, MM3, MM4, MM5 y MM6 (Figura 1).



Fig. 1. Muestras recibidas.

MÉTODO DE ENSAYO

La identificación de las muestras de madera se ha llevado a cabo mediante el estudio tanto de sus características macroscópicas como microscópicas.

Análisis de las características anatómicas:

Tras la orientación y reblandecimiento de las muestras de madera se procede al corte (sección transversal, tangencial y radial), tinción y montaje de las láminas obtenidas, para su posterior observación por microscopía óptica (Figuras 2-19).



MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD



Subdirección General de
Investigación y Tecnología
CIFOR-INIA
Laboratorio de Anatomía de Maderas

RESULTADO

Del análisis de las características macroscópicas y microscópicas observadas en las muestras recibidas se deduce que los caracteres observados en todas las muestras se corresponden con:

Familia: *Lamiaceae*

Género: *Tectona*

Especie: *Tectona grandis* L. f.

Nombre comercial: Teca

Madrid, 25 de octubre de 2017



Fdo. María Conde García
Responsable del Laboratorio de
Anatomía de la Madera

Anexo 2

**C.T.S. ESPAÑA**

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

PEG 200**Características químicas- Valores físicos**

CARACTERÍSTICAS	VALORES	MÉTODO
APARIENCIA a 20°C:	líquido claro	visual
COLOR HAZEN:	máx. 15	DIN ISO 6271
pH (Solución 10% en agua):	5.0 - 7.0	DIN 19 268
VISCOSIDAD a 20°C (mm ² /s):	60 - 67	DIN 51 562
AGUA K.F. (% p):	máx. 0,5	DIN 51 777
Nº HIDROXILO (mg KOH/g):	534 - 591	HOE 06 HB 0211
MASA MOLECULAR (g/mole):	190 - 210	calculado a partir de n. hidroxilo
ÓXIDO DE ETILENO (ppm):	máx. 1	TEGEWA
DIOXANO (ppm):	máx. 1	TEGEWA



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.
 C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos
 28906 GETAFE (Madrid)
 Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33
 www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

LINEA ART-SHIELD

PRODUCTO ANTIGRAFFITI PARA MONUMENTOS

ART-SHIELD es una línea de productos estudiada específicamente para resolver uno de los problemas más frecuentes y fastidiosos del vandalismo sobre el patrimonio monumental: **los graffiti**.

Los productos **ART-SHIELD** constituyen, en efecto, un sistema para la protección y la eliminación de los graffiti de cualquier tipo de superficies porosas y no porosas (yeso, construcciones en muro, cemento, piedras silicáticas y carbonáticas, granito, mármol, ladrillo, cerámica, madera, vidrio, metal etc.), respetando las características físico-químicas.

La línea de productos **ART-SHIELD** son completamente biodegradables, por lo que pueden ser usados con seguridad sea en obras al exterior o en ambientes de interior provisto de una adecuada ventilación, los productos **ART-SHIELD** no contienen ni disolventes clorurados ni NMP.

La línea **ART-SHIELD** está compuesta de dos productos con dos funciones diferentes:

PROTECCION	<p>ART-SHIELD 1, emulsión acuosa de polímeros de parafina, que protege la obra tratada de manchas de pintadas con barnices, spray y graffiti en general</p> <p>ART-SHIELD 1 tiene un impacto mínimo sobre el aspecto cromático y la permeabilidad al vapor</p>				
ELIMINACIÓN:	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;">Superficies no protegidas por ART-SHIELD 1</td> <td style="vertical-align: top;">ART-SHIELD 4, limpiador en gel listo para su uso a base de disolventes de baja toxicidad y tensoactivos</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Superficies anteriormente protegidos por ART-SHIELD 1</td> <td style="vertical-align: top;">Agua caliente (más de 80°C) a baja presión o bien, donde no sea posible con ART-SHIELD 4</td> </tr> </table>	Superficies no protegidas por ART-SHIELD 1	ART-SHIELD 4 , limpiador en gel listo para su uso a base de disolventes de baja toxicidad y tensoactivos	Superficies anteriormente protegidos por ART-SHIELD 1	Agua caliente (más de 80°C) a baja presión o bien, donde no sea posible con ART-SHIELD 4
Superficies no protegidas por ART-SHIELD 1	ART-SHIELD 4 , limpiador en gel listo para su uso a base de disolventes de baja toxicidad y tensoactivos				
Superficies anteriormente protegidos por ART-SHIELD 1	Agua caliente (más de 80°C) a baja presión o bien, donde no sea posible con ART-SHIELD 4				

Nota: La eliminación de los graffiti aplicados a spray es generalmente más sencilla de la de escritas con rotulador, en este caso la acción del disolvente lleva al pigmento dentro de la porosidad. Es necesario en este caso, repetir las aplicaciones, y en algunos casos es imposible eliminar por completo los residuos.

ART-SHIELD 1

ART-SHIELD 1 forma una película transparente, sutil y adherente que, revistiendo los poros de la superficie tratada, crea una barrera continua que impide al graffiti penetrar en profundidad en el soporte, **ART-SHIELD 1** tiene también propiedades hidrorrepelentes y protege la superficie tratada de la lluvia

MODALIDADES DE USO

Se aconseja realizar pruebas preliminares para verificar cualquier cambio de color y el consumo.

Limpiar cuidadosamente la superficie a tratar con el sistema más idóneo según el tipo de suciedad y de la naturaleza de la obra a tratar.

Enjuagar bien la superficie a tratar.

Aplicar **ART-SHIELD 1** pulverizado sin aire sobre la superficie rugosa y a pincel sobre la superficie lisa.

La eficacia del tratamiento aumenta si se aplican dos manos con un intervalo de veinte minutos entre ellas.

El rendimiento es variable según la capacidad de absorción del material a tratar y del grado de protección que se quiera obtener. 1lt cubre de 7 a 14 m².

ART-SHIELD 4

La formulación en gel de **ART-SHIELD 4** permite una buena permanencia sobre la pintada a eliminar, teniendo entonces una acción más eficaz, también sobre aquellos monumentos que no han sido tratados previamente con **ART-SHIELD 1**.

ART-SHIELD 4 es seguro, teniendo baja toxicidad y un punto de inflamación superior a 60 ° C, y es fácil de aplicar

MODALIDAD DE USO

ART-SHIELD 4 se puede aplicar a pincel, rodillo, rociado, o mediante espátula o esponja.

ART-SHIELD 4 debe ser aclarado después de 3 a 6 minutos y además remover con un cepillo de pelo duro o nylon para facilitar la eliminación del graffiti.

En presencia de pinturas resistentes es posible repetir la operación.

Se aconseja, realizar pruebas preliminares para comprobar el consumo y su eficacia

Después de haber aclarado adecuadamente con agua la superficie, se debe aplicar **ART-SHIELD 1** para proteger el monumento de sucesivos ensuciamientos.

CARACTERISTICAS TECNICAS

	ART-SHIELD 1	ART-SHIELD 4
Aspecto:	líquido gelatinoso blanco	Pasta gelatinosa transparente
pH:	9-10	6 – 8 (1% in H ₂ O)
Peso específico (Kg/l):	1,0	1,0

CONFECCIONES

El producto **ART-SHIELD 1** y **ART-SHIELD 4** se presente en envases de 1 - 5 - 25 lt.

La información contenida en esta ficha se basa en nuestro conocimiento y pruebas de laboratorio en la fecha de la última versión. El usuario debe comprobar la idoneidad del producto para cada uso específico de las pruebas preliminares, y deben respetar las leyes y reglamentos vigentes en materia de higiene y seguridad. C.T.S. garantiza una calidad constante del producto, pero no se hace responsable de los daños causados por un uso incorrecto del material. Este producto está destinado exclusivamente para **uso profesional**. Además, pueden cambiar en cualquier momento de los componentes y envases sin ningún tipo de comunicación.



C.T.S. ESPAÑA
Productos y Equipos para la Restauración
C/ Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos
28906 Getafe - Madrid
Tel: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax: +34 91 601 03 33

DECK 3000

DECAPANTE UNIVERSAL EN GEL

DESCRIPCION

DECK 3000 es un decapante a base de disolventes seleccionados de toxicidad reducida, exento de diclorometano (cloruro de metileno) y N-metil pirrolidona (NMP), con retardantes de evaporación.

La nueva formula refleja la adaptación a la normativa europea, reglamento (UE) n.276/2010, que modifica el reglamento REACH.

Es idóneo para eliminar cualquier tipo de barniz, natural o sintético (poliéster, poliuretano, acrílico), incluido los esmaltes al horno, hidro pinturas y plásticos de pared, estucos, adhesivos para moquetas y parquet.

Los tiempos de acción son mayores respecto a los anteriores decapantes con base de diclorometano.

CARACTERISTICAS

- Gel transparente verde
- Densidad: 1,07 gr/cm³
- Punto de inflamabilidad: 21°C
- VOC (Directiva 1999/13/CE): 75%

MODALIDADES DE USO

DECK 3000 actúa inflando y disgregando las capas de barniz.

Aplicar **DECK 3000** en una capa uniforme y sutil.

Dejar actuar el tiempo necesario, puede variar de minutos a varias horas.

En casos más complejos se aconseja repetir la aplicación después de haber retirado con una espátula o una rasqueta, el barniz ya eliminado.

Cuando el decapado se haya efectuado retirar los residuos con espátula, rasqueta, etc.; o si es necesario con chorro de agua a presión o disolventes polares como la acetona.

Se aconseja dejar secar la superficie completamente antes de proceder de nuevo al barnizado o realizar cualquier otra operación, como por ejemplo lijar.

Sobre materiales férricos o aleaciones proceder como se ha indicado lijando y cepillando a fondo las zonas oxidadas antes de efectuar las sucesivas operaciones.

No aplicar sobre materiales plásticos.

Es posible hacer el **DECK 3000** ligeramente más líquido, añadiendo pequeñas cantidades (<5%) de acetona, alcohol etílico o isopropílico, Ej.: Mostanol.

Los mismos disolventes pueden ser utilizados para diluir **DECK 3000** para aplicaciones pulverizadas.

TIEMPOS DE CONTACTO

El tiempo de acción de **DECK 3000** se ve influenciado por parámetros como:

- la temperatura ambiente (a bajas temperaturas la acción es más lenta)
- la tipología de barniz a eliminar (ej: una resina epoxídica se infla más lentamente que una acrílica...)
- el envejecimiento del barniz
- el número de capas a retirar

Indicativamente podemos considerar tiempos de contacto en torno a 2 - 20 minutos para barnices antiguos, que pueden llegar también a 30 minutos para barnices sintéticos, más de 1 hora para los barnices bi componentes catalizados como los de poliéster y los epoxídicos, hasta 10 horas para esmaltes al horno

RENDIMIENTO

1 Kg. de **DECK 3000** permite el decapado de aproximadamente 2-5 m². de superficie, según el tipo de barniz.



C.T.S. ESPAÑA
Productos y Equipos para la Restauración
C/ Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos
28906 Getafe - Madrid
Tel: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax: +34 91 601 03 33

PRECAUCIONES

En estaciones cálidas o en ambientes muy caldeados se pueden formar dentro de los envases cierta presión; por tanto es conveniente abrir con cautela los envases o bidones desenroscando lentamente el tapón teniendo una mano, protegida por guante, apoyada sobre el tapón manteniendo cierta presión. Dejar salir los vapores acumulados.

El producto es inflamable.

Se aconseja trabajar en ambientes ventilados y utilizar guantes de goma, mascarilla y gafas de protección ya que el producto es irritante para los ojos y la piel.

CONFECCIONES

DECK 3000 está disponible en envases de 750 ml, 4 lt e 20 lt.

EJEMPLO DE PRESCRIPCIÓN TÉCNICA

Aplicación de decapante **DECK 3000**, exento de diclorometano, con un consumo medio de 0,2-0,4 lt/m² a aplicar en una o más manos al precio de _____ euro/m² incluido materiales, mano de obra, excluido andamio y eventuales preparaciones de la superficie.

La información contenida en esta ficha técnica se basa en nuestro conocimiento y pruebas de laboratorio en la fecha de la última versión. El usuario debe comprobar la idoneidad del producto para cada uso específico de las pruebas preliminares, y deben respetar las leyes y reglamentos vigentes en materia de higiene y seguridad.

C.T.S. España S.L garantiza una calidad constante del producto, pero no se hace responsable de los daños causados por un uso incorrecto del material. Este producto está destinado exclusivamente para uso profesional. Además, pueden cambiar en cualquier momento de los componentes y los envases sin ningún tipo de comunicación.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

DECK 4000

DECAPANTE UNIVERSAL FUERTE EN GEL

DESCRIPCIÓN

DECK 4000 es un decapante a base de disolventes seleccionados con baja toxicidad, libre de diclorometano (cloruro de metileno) y N-metil pirrolidina (NMP), con la adición de retardantes especiales de la evaporación.

La nueva formulación refleja la adaptación a la normativa europea, reglamento (UE) n.276/2010, que modifica el reglamento REACH.

Es adecuado para eliminar todo tipo de capas/pinturas, naturales o sintéticas (poliésteres, poliuretanos, acrílicos, nitrocelulosas), incluidos esmaltes para hornos, pinturas al agua y plásticos montados en la pared, estucos, adhesivos para alfombras y parqué.

Los tiempos de acción son más largos que los anteriores decapantes a base de disolventes clorados.

CARACTERÍSTICAS

- Gel blanquecino
- Densidad: 0,95 gr/cm³
- Punto de inflamabilidad: <23°C
- VOC (Directiva 1999/13/CE): 93%

MODO DE USO

DECK 4000 actúa hinchando y desintegrando las capas de pintura.

Aplique **DECK 4000** en una capa uniforme y delgada de unos pocos milímetros.

Deje actuar el tiempo necesario que puede variar desde unos pocos minutos hasta varias horas.

En los casos más difíciles se recomienda repetir la operación después de quitar la pintura ya desintegrada con un cepillo o un rascador.

Una vez completada la eliminación de la pintura, elimine los residuos con trapos, raspadores o cepillos y, si fuera necesario, con chorros de agua a presión o disolventes polares como la acetona.

Pag. 1

Es aconsejable dejar secar las superficies durante algunas horas antes de proceder con una nueva capa de pintura u otras operaciones, como un lijado adecuado.

En materiales ferrosos o aleaciones, proceda lijando y cepillando a fondo las zonas oxidadas si la hubiera antes de llevar a cabo el resto de operaciones.

No aplicar sobre materiales plásticos.

Es posible hacer que el **DECK 4000** sea un poco más fluido, agregando pequeñas cantidades (<5%) de acetona, alcohol Especial FDN o isopropílico.

Se pueden usar los mismos disolventes para diluir el **DECK 4000** para aplicaciones por rociado.

TIEMPOS DE CONTACTO

El tiempo de acción del **DECK 4000** varía influenciado por varios parámetros:

- la temperatura ambiente (a bajas temperaturas la acción es más lenta)
- la tipología de la capa/pintura a eliminar (por ejemplo: una resina epoxídica se hincha más lentamente que una acrílica...)
- el envejecimiento sufrido por la capa
- el número de capas a eliminar

Como indicación podemos considerar tiempos de contacto entorno a los 5-20 minutos para capas/pinturas antiguas, que pueden incluso aumentar hasta los 30 minutos para materiales sintéticos, y hasta 24 horas para los esmaltes horneados y para los materiales bicomponentes catalizados como los poliésteres y epoxídicos.

RENDIMIENTO

1 Kg. de **DECK 4000** permite la acción decapantes sobre una superficie aproximada de 2-5 m². según el tipo de capa/pintura.

Doc. Act. 19/03/19

**C.T.S. ESPAÑA**

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

PRECAUCIONES

En las estaciones cálidas o en ambientes muy calientes la presión puede acumularse en el interior del envase; por lo tanto, es una buena práctica abrir con cuidado los botes o latas, desenroscando lentamente la tapa, sosteniéndola fuertemente con la mano protegida con guantes y apretando sobre la misma para mantener una cierta presión. Deje ventilar el vapor acumulado.

El producto es inflamable.

Es recomendable trabajar en ambientes ventilados y utilizar guantes, mascarilla y gafas protectoras para proteger de gotas y salpicaduras del producto que puedan irritar los ojos y la piel.

ENVASES

DECK 4000 está disponible en envases de 750 ml, 4 lt y 20 lt.

ESPECIFICACIONES PARA PROYECTOS

Aplicación del decapante DECK 4000, libre de disolventes clorados, con un consumo promedio de 0.2-0.4 l / m² para ser aplicado en una o más capas al precio de euro _____ por m² incluyendo materiales, mano de obra, excepto andamios y cualquier preparación de la superficie.

La información contenida en esta ficha se basa en nuestros conocimientos y pruebas de laboratorio en la fecha de la última versión. El usuario debe asegurarse de la idoneidad del producto en relación con el uso específico por medio de pruebas preliminares, y está obligado a respetar las leyes y las disposiciones vigentes en materia de higiene y seguridad.

C.T.S. Sñ garantiza la calidad constante del producto, pero no es responsable de ningún daño causado por el uso incorrecto del material. Producto destinado exclusivamente a **uso profesional**. Además, los componentes y envases se pueden cambiar en cualquier momento sin ninguna obligación de comunicación.



PREVENTOL® RI 80/RI 50

Uses

For the formulation of disinfectants or disinfecting cleaning agents for the medical, veterinary and cosmetic sectors, the food processing industry, agriculture and households. For water treatment (algae prevention in cooling water and swimming pools) and for the elimination of fungi, algae and lichens (substrate pre-treatment agent). Lanxess has not been granted a specific approval for the product under agricultural and pharmaceutical legislation so where the intended fields of application require approval, this must be obtained by the customer himself.

Chemical and physical data

Composition:	liquid formulation of alkyl benzyl dimethyl ammonium chloride (benzalkonium chloride) Preventol® RI 80 approx. 80 % active ingredient Preventol® RI 50 approx. 50 % active ingredient
--------------	---

Preventol® RI 80

Specification

The specification parameters can be found in the currently valid product specification.

Characteristic data*

Density (20 °C):	approx. 0.98 g/cm ³
Vapour pressure (50 °C):	approx. 54 mbar
Solidification point:	approx. 6 °C
Boiling point:	approx. 100 °C
Flash point:	> 100 °C (EN ISO 2719)
Ignition temperature:	approx. 345 °C (DIN 51794)
Solubility (20 °C):	miscible in any ratio with water, alkalis, lower alcohols and ketones
Stability range:	pH approx. 1 - 12

*Characteristic data provide further information about the product and are not subject to constant monitoring. They are therefore not binding.



PREVENTOL® RI 80/RI 50

Preventol® RI 50

Specification

The specification parameters can be found in the currently valid product specification.

Characteristic data*

Density (20 °C):	approx. 0.99 g/cm ³
Vapour pressure (50 °C):	approx. 113 mbar
Solidification point:	- 4 °C
Boiling point:	approx. 100 °C
Flash point:	> 100 °C (EN ISO 2719)
Ignition temperature:	approx. 365 °C (DIN 51794)
Solubility (20 °C):	miscible in any ratio with water, alkalis, lower alcohols and ketones
Stability range:	pH approx. 1 - 12

*Characteristic data provide further information about the product and are not subject to constant monitoring. They are therefore not binding.

Storage

If correctly stored and kept in the original sealed package, the products have a shelf life of 1 year. This product is corrosive. We recommend that this product is stored between 30 - 40 °C.



PREVENTOL® RI 80/RI 50

Applications

Preventol® RI 80 and RI 50 have a broad spectrum of activity covering mould fungi, algae and lichens along with slime forming organisms, bacteria and yeasts. They are ideal active ingredients for disinfectants for use in households and in the food processing industry. Preventol® RI 80 and RI 50 are odourless and are miscible in any ratio with water and lower alcohols. (See also special brochure on Preventol® RI 80 / RI 50 for disinfectants).

Diluted solutions of Preventol® RI 80 or Preventol® RI 50 are therefore ideal for eliminating fungi, algae and lichens from finished coatings, plaster and stone and concrete surfaces. Since Preventol® RI 80 and Preventol® RI 50 greatly reduce the surface tension of water, good wetting and penetration are guaranteed when using substrate pre-treatment agents based on these products.

A mould-infested substrate must also be pre-treated with a penetrating fungicidal agent (Preventol® RI 80 / RI 50) even when the coating applied afterwards is itself fungicidal. To ensure that this coating-bonds effectively (no flaking), it is advisable to wash with water after a solution containing Preventol® R has been applied or not to apply a coat to the treated surfaces until they have dried (after approx. 24 hours) pre-tests are recommended.

Spectrum of activity

Minimum inhibitory concentrations (mg/l) of Preventol® RI 50

Bacteria (gram positive)

Bacillus cereus (var. mycoides) BB 0053	< 10
Bacillus cereus BB 0043	< 10
Bacillus subtilis ATCC 6633	< 10
Bacillus pumilus BB 0023	300
Bacillus anthracis BB 033	< 10
Streptococcus faecalis ATCC 8043	< 10
Streptococcus epidermidis BB 0813	< 10
Streptococcus epidermidis BB 0223	< 10
Staphylococcus aureus ATCC 6538P	< 10
Micrococcus luteus ATCC 9341	< 10



PREVENTOL® RI 80/RI 50

Bacteria (gram negative)

Pseudomonas aeruginosa ATCC 14502	600
Pseudomonas maltophilia BB 0103	80
Serratia marcescens BB 0123	150
Salmonella (group B) BB 0143	< 10
Escherichia coli ATCC 11105	150
Escherichia coli ISM 68/114	300
Proteus vulgaris ATCC 9484	< 10
Klebsiella aerogenes BB 0093	300
Acinetobacter anitratus BB 0163	40

Mycetes

Candida albicans ATCC 10231	< 10
Aspergillus niger	80
Saccharomyces carlsbergensis ATCC 9080	< 10

Suggested additions

(relative to the ready-to-use dilution)

for disinfection, e.g. in the food processing industry

Preventol® RI 80: 0.03 - 0.13 %

Preventol® RI 50: 0.04 - 0.20 %

for substrate treatment (in water or alcohols)

Preventol® RI 80: 1.0 - 2.0 %

Preventol® RI 50: 1.5 - 3.0 %

for algae prevention in cooling water and swimming pools

Preventol® RI 80: 2.5 - 12.5 ppm

Preventol® RI 50: 4 - 20 ppm



PREVENTOL® RI 80/RI 50

Registration / Approval / Recommendation

Up-to-date information on the registration status of our products can be obtained from:

LANXESS Deutschland GmbH
Business Unit Material Protection
Regulatory Affairs
51369 Leverkusen / Germany
Fax: (+49 214) 30-7 23 39

Precautions

Preventol® RI 80 / RI 50 are clear, viscous liquids. Contact of the skin with the product and the inhalation of vapours should be avoided. The precautions generally recommended for handling chemicals should be observed, e. g. wearing of protective clothing, safety goggles and protective gloves. If the product comes into contact with skin, the affected area should be washed off immediately with plenty of water and soap; splashes in the eyes should be rinsed out immediately with plenty of water. If irritation persists, medical attention should be obtained. Contaminated or soaking clothing should be changed at once.

The current safety data sheet should be observed. This contains further information on labelling, transport and storage as well as information on handling, product safety, toxicity and ecology.

Use biocides safely. Always read the label and product information before use.

Labelling

This product information must be used in conjunction with section 15 of the currently valid safety data sheet for the product which indicates labelling according to the German Hazardous Substances Regulation and the corresponding EU Directive.

6/6

This information and our technical advice - whether verbal, in writing or by way of trials - are given in good faith but without warranty, and this also applies where proprietary rights of third parties are involved. Our advice does not release you from the obligation to verify the information currently provided - especially that contained in our safety data and technical information sheets - and to test our products as to their suitability for the intended processes and uses. The application, use and processing of our products and the products manufactured by you on the basis of our technical advice are beyond our control and, therefore, entirely your own responsibility. Our products are sold and our advisory service is given in accordance with the current version of our General Conditions of Sale and Delivery.

LANXESS Deutschland GmbH
Business Unit Material Protection
51369 Leverkusen/Germany
www.protectedbypreventol.com

Edition: 2011-02-21



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.
 C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos
 28906 GETAFE (Madrid)
 Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33
 www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

CAL APAGADA (GRASSELLO DE CAL)

- ESTACIONADA Y MICROFILTRADA -

La **CAL APAGADA (CAL GRASA) microfiltrada** es un producto natural de primerísimo calidad preparada para la utilización en la restauración.

Esta especial calidad se obtiene con los más antiguos sistemas de elaboración.

Una cuidadosa selección de las piedras determina la base de la calidad del producto que, cocido en hornos alimentados con leña, se obtiene un óptimo óxido de cal.

El "apagamiento" del óxido de cal se hace en una homigonera rotativa con temperatura controlada para después terminar en cubas de contenimiento, donde un largo estacionamiento lo llevará a una justa maduración.

En otra elaboración de remezclatura y un lento tamizado micronizado nos lleva a obtener el producto final que nosotros servimos.

DATOS TECNICOS

• Nombre:	CAL APAGADA (GRASSELLO DE CAL) estacionada y microfiltrada
• Color:	Punto blanco: óptimo
• Característica técnicas:	Ligante aéreo natural
• Aspecto:	Pasta densa lista para su uso
• Peso específico:	1.3
• pH:	13
• Estacionamiento:	Mínima 6 meses
• Presentaciones:	Envases de 25 kg.
• No endurece en envase.	
• Conservar cerrado en un lugar fresco y seco, recubriendo el producto con una ligera capa de agua.	

Las indicaciones y los datos reproducidos en este folleto se basan en nuestra experiencia actual a partir de pruebas de laboratorio y su correcta aplicación.

La C.T.S. ESPAÑA Productos y Equipos para la Restauración S.L. garantiza la calidad constante del producto y puede variar en cualquier momento los componentes y las presentaciones sin obligación de ninguna comunicación.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.
C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos
28906 GETAFE (Madrid)
Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33
www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

NANORESTORE®

Dispersiones de nanocal en alcohol isopropílico desnaturalizado
Patente Italiana Consorcio CSGI-Universidad de los Estudios de Florencia
n° FI/96/A/000255, 31/10/1996

CARACTERÍSTICAS

Dada la naturaleza absolutamente innovadora del producto, el Consorcio CSGI, inventor de la formulación, ofrece consultoría técnica con fines científicos para individualizar las mejores condiciones aplicativas (para información contactar con el personal CSGI en la siguiente dirección: direttore@csgi.unifi.it).

Nanorestore® se presenta como el consolidante compatible por excelencia para frescos y piedras de matriz carbonática, estando constituidas por partículas de cal apagada con dimensiones en el dominio de los materiales nanoestructuradas dispersas en alcohol isopropílico.

El alcohol garantiza una óptima penetración en los materiales porosos (gracias a su baja tensión superficial) por succión capilar; y penetrando en la matriz porosa transporta detrás de sí las partículas nano-estructuradas que se insertan en los intersticios y en las porosidades a consolidar inmediatamente por debajo de la superficie.

Una vez transformados en carbonato de calcio por acción del anhídrido carbónico atmosférico, originan una red de micro-cristales de calcita que confieren a la obra nuevas y elevadas propiedades mecánicas sin introducir materiales extraños a la naturaleza química original de la obra. Los espesores de consolidación son estrechamente superficiales, del orden de algunos centenares de micron.

El producto Nanorestore® se presta óptimamente a la aplicación como pre-consolidante de superficies antes de cualquier operación preliminar de limpieza.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICO -FÍSICAS

aspecto:	líquido blanco opaco
Viscosidad a 25° C:	2.75 cP
residuo seco:	0,5 %
peso específico:	ca. 0,8 g/cm ³

MODALIDAD DE APLICACIÓN

Antes de usar agitar vigorosamente el recipiente durante al menos 2 minutos. La dispersión, para uso en frescos, puede ser diluida en el caso de que se evidencien, después de test aplicativos, efectos de veladura blanca que puede, de todas formas, ser fácilmente eliminada con simples compresas de agua.

En el caso de pétreos de matriz carbonática puede no ser necesaria la disolución. La relación de disolución se decide en relación a la capacidad absorbente de la superficie a tratar y del nivel de porosidad de la obra. Se sugieren las siguientes disoluciones:

de 80 a 500 cc en 1 litro

La relación de disolución se decide cada vez en relación a la capacidad absorbente de las matrices porosas. Es evidente que cuanto más diluida es la dispersión más numerosas pueden ser las aplicaciones necesarias. El disolvente a añadir para diluir es el alcohol isopropílico desnaturalizado CTS, tal cual o también, para aplicaciones particulares, una mezcla con agua desmineralizada hasta un contenido máximo de agua similar al 50 % en volumen. El uso de cantidades más o menos relevantes de agua depende de las condiciones de humedad del soporte y del ambiente: cuanto menor sea la humedad mayor cantidad de agua puede añadirse y viceversa. Una vez conseguida la disolución agitar nuevamente el recipiente que contiene la dispersión diluida y proceder a la aplicación mediante pincel o mediante nebulización, con protección de las superficies con papel japonés. Aplicar hasta saturación del soporte ("hasta su rechazo") y esperar el completo secado antes de efectuar una eventual aplicación sucesiva. Efectos apreciables de consolidación se consiguen normalmente después de un número de aplicaciones que está obviamente relacionada a la concentración seleccionada: cuanto más se diluye la dispersión, mayor es el número de aplicaciones necesarias. Se puede aplicar desde 1-2 aplicaciones para la más concentrada a 10-12 para la más diluida. Acabada la última aplicación esperar 5-7 días antes de las pruebas de limpieza y verificación de las propiedades mecánicas de la superficie.

Antes de cualquier aplicación el recipiente que contiene la dispersión debe de agitarse y con igual cuidado se deben tratar las agitaciones de los recipientes de uso durante las aplicaciones.

La superficie tratable con 1 litro de producto no es a priori definible ya que depende tanto de la concentración de uso como de la capacidad absorbente de la matriz del soporte. Antepuesto esto se estima que el producto en concentración standard permite tratar aproximadamente 5-10 m² de



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

superficie pictórica de media porosidad de grado medio de decohesión superficial.

Es oportuno evitar el uso de Nanorestore® en aquellas situaciones en que la porosidad superficial se anula del todo por la presencia de fijativos poliméricos, depósitos consistentes de suciedad.

El uso del producto no como simple pre-consolidante, sino como consolidante final en presencia de sulfatación debe prever en uso preventivo de un tratamiento desulfatante con papetas de soluciones de carbonato de amonio o resina de intercambio iónico Amberlite 4400 OH. El producto Nanorestore® puede a este punto ser usado según las modalidades consabidas también en alternativa a las papetas de solución de hidrato de bario, si bien en este caso es aconsejable contactar con el Consorzio CSGI.

Se señalan sin embargo posibles problemas en caso de presencia de cantidades muy elevadas de sales de magnesio. Se recomienda, en cualquier caso, realizar una mínima investigación diagnóstica, antes de la intervención, finalizada a la determinación de la técnica pictórica y a la valoración de la degradación.

Se subraya en fin que es un material que se recomienda adecuado para las partes pintadas "en fresco".

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Nanorestore® no presenta particulares peligros para los usuarios.

En las aplicaciones a nebulización protegerse con máscara de los vapores de alcohol isopropílico y en ambientes muy cerrados facilitar la dispersión de los vapores con aspiradores.

El producto **Nanorestore®** es inflamable. Se manipula y almacena con las precauciones normales relativas a este tipo de productos.

ESTABILIDAD Y ALMACENAMIENTO

Puede formarse sedimento sobre el fondo, se recomienda una vigorosa agitación manual antes del uso

Las confecciones mantenerlas bien selladas y ausentes de aire y humedad tienen una duración de 12 meses.

CONFECCIONES

Nanorestore® está disponible en confecciones de 1 lt.

Las indicaciones y los datos indicados en el presente folleto se basan en nuestra experiencia actual, sobre pruebas de laboratorio y su correcta aplicación.

Estas informaciones no deben en ningún caso sustituirse a las pruebas preliminares que es indispensable efectuar para cerciorarse de la idoneidad del producto a cada caso determinado.

C.T.S. España garantiza la calidad constante del producto pero no responde de eventuales daños causados por un empleo no correcto del material. Además, puede variar en cualquier momento los componentes y las confecciones sin obligación de comunicación alguna.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

FLUOLINE CP

(ex FLUORMET CP)

CONSOLIDANTE PROTECTOR A BASE DE FLUOR-ELASTOMEROS Y POLIMEROS ACRILICOS

CARACTERISTICAS TECNICAS

Aspecto:	liquido
Color:	transparente
Tiempo de desecación:	ca. 10 horas (a 23° C)
Peso específico:	0,86 ± 0,03 kg/lt (ASTM D 792)

DESCRIPCIÓN

FLUOLINE CP es un consolidante protector listo para usar a base de fluor – elastómeros y polímeros acrílicos en acetonas.

SECTORES DE USO

FLUOLINE CP puede utilizarse para la preconsolidación, la consolidación y la protección de elementos arquitectónicos.

VENTAJAS

- Óptimo poder protector consolidante.
- Facilidad de aplicación.
- Completa reversibilidad en acetonas.
- Inercia química y elevada resistencia a los agentes atmosféricos.
- Ausencia de variaciones cromáticas de los materiales tratados

MODALIDAD DE USO

FLUOLINE CP está listo para usar. Se aplica con pincel, por inmersión, por colada, a tampón, pulverizando con aparato airless, en lugares limpios y secos.

Para determinar la cantidad de producto a aplicar para obtener el efecto deseado protector – consolidante se aconseja efectuar pruebas preliminares in situ y/o en un laboratorio.

No aplicar con temperaturas inferiores a 5° C.

Eventuales sobrantes de producto pueden eliminarse con un tampón impregnado de acetona.

Para obtener un óptimo resultado de consolidación en piedras / mármoles compactos, sin que perjudique el aspecto estético proceda

a aplicar **FLUOLINE CP** mediante pistola pulverizada airless (mecánica tipo Eva o eléctrica tipo Wagner) e inmediatamente a continuación taponar con un paño de algodón humedecido de consolidante (**FLUOLINE CP**). Esto permitirá un óptimo resultado tanto de consolidación / protección como estético (ninguna película de superficie).

CONFECCIÓN

FLUOLINE CP este disponible en confecciones de: 1 - 5 - 25 lt.

ALMACENAMIENTO

12 meses en recipientes originales herméticamente cerrados a temperatura de 20° C.

USOS ESPECÍFICOS

Producto consolidante/protector listo para el uso a base de fluor-elastómeros y polímeros acrílicos en acetonas, reversible, resistente a los rayos UV. No altera el cromatismo de los elementos pétreos sobre los que viene aplicado.

REFERENCIAS

"The decay of marly-limestones: individuation of the products for their conservation" V. Passarello, M. Camaiti, R. Canova, F. Fratini. "Art et Chimie - Les polymères", Paris, October, 15-16, 2002.

"New polymeric nanocomposites for improving the protective and consolidating efficiency on tuff stone" L.D'ariento, P.Scarfato, L. Incarnato; Journal of Cultural Heritage 9 (2008), 253-260

La información contenida en esta ficha técnica se basa en nuestro conocimiento y pruebas de laboratorio en la fecha de la última versión. El usuario debe comprobar la idoneidad del producto para cada uso específico de las pruebas preliminares, y deben respetar las leyes y reglamentos vigentes en materia de salud y seguridad.
C.T.S. España S.L garantiza una calidad constante del producto, pero no se hace responsable de los daños causados por un uso incorrecto del material, ya que está diseñado para uso profesional. Además, pueden cambiar en cualquier momento de los componentes y confecciones sin previo aviso alguno.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

N A N O E S T E L

PRODUCTO CONSOLIDANTE Y FIJATIVO PARA PIEDRAS NATURALES, LADRILLO, TERRA COTA, MORTEROS E INTONACOS.

CARACTERISTICAS

NANO ESTEL es una dispersión acuosa coloidal de sílice con dimensiones nano métricas, en torno a 10-20 nm.

Estas dimensiones son inferiores a las de las micro emulsiones acrílicas (40-50 nm), y a las de la nano cal (200 nm).

Se presenta como un líquido muy fluido, también con un residuo seco del 30%, y siendo estabilizado con NaOH (<0,5%) presenta un pH alcalino (pH = 9,8-10,4).

Después de la evaporación del agua las partículas se ligan entre sí formando el gel de sílice, similar a lo que ocurre con el silicato de etilo y consiguiéndose así el efecto consolidante.

VENTAJAS

Respecto al silicato de etilo **ESTEL 1000**, la dispersión de sílice puede aplicarse en ambientes húmedos, y presenta un tiempo de toma reducido (3 - 4 días).

Siendo una dispersión acuosa **NANO ESTEL** no es inflamable y no presenta símbolos de toxicidad, con la consiguiente reducción de los factores de riesgo en laboratorio y en obra, y reduciendo los costes de transporte y almacenamiento.

A diferencia de los silicatos alcalinos no provoca la formación de subproductos secundarios dañinos (con los silicatos de sodio y potasio se forman respectivamente soda y potasa, que carbonatan con el aire formando sales solubles).

Dada la naturaleza del gel de sílice la reducción de permeabilidad al vapor de agua es mínima.

La acción consolidante debido a la formación del sílice permite el empleo de **NANO ESTEL** también como ligante de inertes para realización de morteros, para pequeños estucados, o con pigmentos, obteniendo una superficie opaca y químicamente estable.

LIMITES

La capacidad de penetración es reducida respecto al silicato de etilo, el nivel del poder de consolidación es todavía objeto de estudio. También la resistencia en el tiempo de los morteros obtenidos está por valorar.

EMPLEO

NANO ESTEL es un producto concentrado, con un 30% de residuo seco, a diluir con 1-2 partes de agua desmineralizada, llevando así el porcentaje de materia activa al 10-15%. Se aconseja efectuar test de prueba para determinar el rapor exacto de dilución, que en algunos casos puede ser distinto de lo indicado, en base al soporte y al efecto que se quiere obtener.

La superficie a tratar debe estar limpia y saneada de eventuales sales eflorescentes presentes.

La temperatura atmosférica y de la superficie a tratar debe estar comprendida entre 5°C y 35°C.

Por debajo de 5° C la reacción no se produce.

El producto puede aplicarse también en presencia de elevados valores de humedad, o también sobre superficies húmedas (aunque esto hace dificultosa la penetración)



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos

28906 GETAFE (Madrid)

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33

www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

NANO ESTEL puede aplicarse por inmersión, pincel o pulverizado a baja presión y finalmente inyectado mediante jeringas en fisuras.

Su reacción se completa después de aproximadamente **tres - cuatro días** con temperatura ambiente de 20°C. aproximadamente.

Para acelerar la toma se aplica antes alcohol etílico Mostanol, después **NANO ESTEL** diluido en agua desmineralizada.

Debido a la heterogeneidad de los materiales existentes, es indispensable realizar test preliminares sobre una muestra del material que se quiera tratar con el fin de verificar:

- el grado del efecto consolidante que se obtiene;
- la cantidad de material a utilizar;
- la ausencia de variaciones cromáticas sobre el material pétreo tratado.

ADVERTENCIAS

La gelificación de **NANO ESTEL** se puede obtener con los siguientes sistemas:

- Haciendo evaporar el agua (método normal)
- Cambiando el pH (por ejemplo mezclado con cal se cementa de repente)
- Mezclando con disolventes hidrosolubles (alcohol, acetona)
- Añadiendo una sal (método desaconsejado para el sector restauración)

Es entonces necesario valorar la influencia de estos parámetros antes de procedes a la aplicación.

En el caso de sobre dosificación es posible retirar el exceso, antes del endurecimiento, con papetas empapadas en agua desmineralizada.

Dado el pH alcalino el efecto sobre algunos tipos de película pictórica puede ser negativo: verificar con cuidado antes de la aplicación.

DATOS FISICOS

Principios activos	Bióxido de silicio de dimensiones nano metricas
Contenido de principio activo (%)	30
Viscosidad dinámica (mPas a 20°C)	6-8
Densidad (g/cm ³ a 20°C)	1,1-1,3
Tensión de vapor (hPa a 25°C)	32
Dimensiones de las partículas (nm)	<20
Superficie específica (m ² /g)	260
pH	9,5-10,4

CONFECCIONES

NANO ESTEL está disponible en envases de 1 - 5 - 25 kg.

ALMACENAJE

12 meses en recipientes originales herméticamente cerrados. Conservar entre 5° C y 40 °C

La información contenida en esta ficha técnica se basa en nuestro conocimiento y pruebas de laboratorio en la fecha de la última versión. El usuario debe comprobar la idoneidad del producto para cada uso específico de las pruebas preliminares, y deben respetar las leyes y reglamentos vigentes en materia de higiene y seguridad. C.T.S. España S.L garantiza una calidad constante del producto, pero no se hace responsable de los daños causados por un uso incorrecto del material. Este producto está destinado exclusivamente para uso profesional. Además, pueden cambiar en cualquier momento de los componentes y los envases sin ningún tipo de comunicación.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.
C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos
28906 GETAFE (Madrid)
Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33
www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

PLM - SM

MORTERO DE INYECCION PARA LA CONSOLIDACION DE MOSAICOS

DESCRIPCION

El mortero de inyección **PLM-SM** permite efectuar intervenciones de consolidación sobre estratos preparatorios de **Mosaico** separados del soporte de albañilería.

El mortero de inyección **PLM-SM** está compuesto solamente a base de Ligantes hidráulicos, exentos de sales eflorescentes mezcladas con áridos seleccionados y aditivos específicos modificadores de las propiedades reológicas.

Estudios efectuados en colaboración con el **Departamento de Ingeniería de los Materiales de la Universidad de Trento**, han permitido verificar la idoneidad del mortero de inyección **PLM-SM** con los requisitos técnicos pedidos por los **Institutos** dedicados a la tutela y conservación del patrimonio monumental.

Se ha comprobado que el mortero de inyección **PLM-SM** tiene las siguientes características:

- Ausencia de sales solubles eflorescentes;
- No es impermeabilizante o hidrorrepelente;
- No altera la permeabilidad al vapor de las paredes;
- Tiene características físicas y mecánicas parecidas a las de los materiales sobre los que se actúa;
- No es imprescindible, si no es posible, mojar previamente el soporte;
- Facilidad de inyección con las jeringas y agujas finas;
- No contiene agentes agresivos o corrosivos para los colores;
- Facilidad de limpieza y eliminación si eventualmente se descuelga.

SECTORES DE EMPLEO

El mortero de inyección **PLM-SM** por sus particulares propiedades es adecuado a la consolidación de **Pinturas al fresco y Pinturas murales** en general separadas del soporte mural, al cual se desea dar características de agarre.

DATOS TECNICOS

- Aspecto: polvo de color blanco-grisáceo
- Tiempo inicio toma: 24-48 h
- Densidad Kg/dm³: 1,3
- Rg Kg/cm²: 30,5

MODALIDADES DE USO

Añadir agua al mortero de inyección **PLM-SM** hasta un porcentaje de aprox. 80% en peso según la fluidez deseada.

Mezclar con atención y a baja velocidad aprox. durante cinco minutos hasta obtener un compuesto homogéneo y fluido.

Filtrar con redcillas metálicas, con malla de 1 mm.

Injectar usando jeringas manuales.

Para una óptima aplicación, después de haber efectuado los orificios, inyectar el empaste de manera continua para evitar oclusiones.

Si se comprobase la aparición de bolsas en el taller el mortero debe volver a mezclarse.

CONSUMO

Variable en función del estado de degradación de la obra.

PRECAUCIONES

- Se aconseja para comprobar las características, el efecto consolidante y la cantidad de material a emplear, efectuar pruebas preliminares en el taller.
- Eliminar el exceso de material con una esponja empapada de agua.
- Usar guantes y gafas de protección.

CONFECCIONES

Mortero para inyección **PLM-SM** disponible en envases de 1 - 5 - 20 Kg.

ALMACENAJE

12 meses en los recipientes originales herméticamente cerrados y protegidos de la humedad.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Consolidación de **Mosaicos** en fase de separación del soporte mural mediante inyecciones manuales de Ligantes hidráulicos naturales de bajo contenido salino, oportunamente adicionados, tipo **PLM-SM** de **C.T.S. ESPAÑA S.L.**, para adherir las **Pinturas al fresco o Pinturas murales** al soporte original.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.
 C/. Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos
 28906 GETAFE (Madrid)
 Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) - Fax: +34 91 601 03 33
 www.ctseurope.com · E-mail: cts.espana@ctseurope.com

PLM - S

MORTERO PARA ESTUCADO DE PINTURAS AL FRESCO Y SUPERFICIES DE GRAN VALOR

DESCRIPCION

El ligante para estucado **PLM-S** permite efectuar intervenciones de restauración y reintegraciones sobre obras de interés histórico, artístico y monumental.

El ligante para estucado **PLM-S** es una mezcla de ligantes específicos de acción hidráulica, exentos de sales eflorescentes aditivados con agentes aireantes y fluidificadores que equilibran el efecto plástico de retracción.

La especial formulación del ligante para estucado **PLM-S** permite efectuar un estucado sobre micro y macro fisuras, sobre grietas y también sobre las lagunas y faltas en general.

Estudios efectuados en colaboración con el **Departamento de Ingeniería de los Materiales de la Universidad de Trento**, han permitido comprobar la idoneidad del ligante para estucado **PLM-S** con los requisitos técnicos pedidos por los **Institutos** dedicados a la tutela y conservación del patrimonio monumental.

Se ha comprobado que el ligante para estucado **PLM-S** tiene las siguientes características:

- ausencia de sales solubles eflorescentes;
- ausencia de retracción si se mezcla con inertes en adecuada proporción;
- óptima laborabilidad;
- tiene inalteradas las características cromáticas;
- buena adherencia con el soporte;

SECTORES DE EMPLEO

El ligante para estucado **PLM-S** está usado en combinación con **seleccionados** inertes para la

producción de morteros de integración para la restauración

MODALIDADES DE USO

Añadir a **PLM-S** cargas de áridos seleccionados inertes con una proporción de peso variable de 1 a 3 y agua en una medida tal hasta obtener la consistencia deseada.

PRECAUCIONES

- Utilizar cargas de granulometría adecuada, exentas de cualquier material orgánico.
- Mojar el soporte.
- Mezclar con atención y a baja velocidad aprox. durante cinco minutos hasta obtener un compuesto homogéneo y fluido
- En tiempos fríos, por debajo de 5° C evitar el trabajo.
- En tiempos calientes, proteger el mortero para secados muy rápidos

CONFECCIONES

El ligante para estucado **PLM-S** está disponible en envases de 1 - 5 - 15 Kg.

ALMACENAJE

12 meses en los recipientes originales herméticamente cerrados y protegidos de la humedad.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Confección de morteros exentos de sales, para la reconstrucción de intónacos, marmoleado, estucado y reintegraciones de valor mediante el uso de **PLM-S** de **C.T.S España S.L**

(*) C.T.S España S.L. puede suministrar a los **Entes Públicos** que estuvieran interesados una copia completa de la relación técnica del **MORTERO DE INYECCION PLM-S**

Las indicaciones y los datos indicados en el presente folleto se basan en nuestra experiencia actual, sobre pruebas de laboratorio y su correcta aplicación.

Estas informaciones no deben en ningún caso sustituirse a las pruebas preliminares que es indispensable efectuar para cerciorarse de la idoneidad del producto a cada caso determinado.

C.T.S. España garantiza la calidad constante del producto pero no responde de eventuales daños causados por un empleo no correcto del material. Además, puede variar en cualquier momento los componentes y las confecciones sin obligación de comunicación alguno

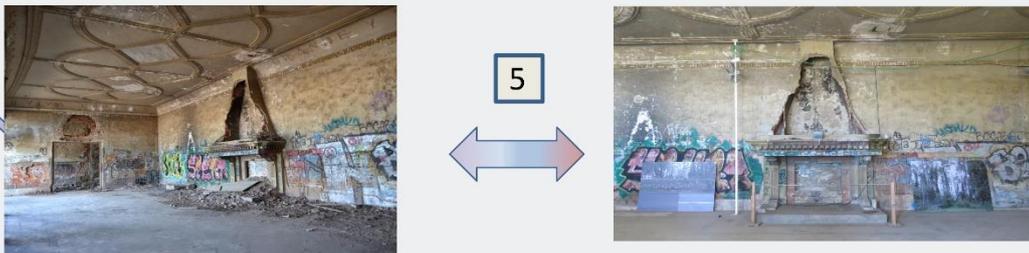
Anexo 3

RECOGIDA Y SELECCIÓN DE MATERIAL ORIGINAL EN SALÓN Y ANEXOS (azulejos y mármoles)



- 1 Recogida de piezas en la chimenea del salón.
- 2 Selección de las piezas originales.
- 3 Almacenado de las piezas según materiales.
- 4 Limpieza y almacenaje final de azulejos y mármoles.

ANTES Y DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN DEL DESESCOMBRO



5



6



- 5 Desescombro Chimenea del salón.
- 6 Terraza del salón.
- 7 Primera crujía (descansillo contiguo al salón y escalera).



7



GRUPO BELLAS ARTES



CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN

PROCESO DE ELIMINACIÓN DE GRAFFITIES EN MÁRMOLES Y SUELO DEL SALÓN



ESTUDIO DE LAS PINTURAS MURALES DEL SALÓN



1



2



3

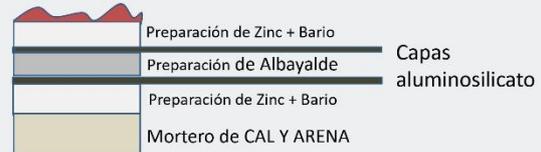


PIGMENTOS ENCONTRADOS EN LAS PINTURAS MURALES

BIANCOS	BLANCO DE PLOMO LITOPON ÓXIDO DE ZINC
NEGROS	NEGRO CARBÓN
AMARILLOS	AMARILLO DE CROMO LIMONITA
ROJOS	BERMELLÓN HEMATITES
AZULES	LAPISLÁZULI AZUL PHTALOCIANINA* AZUL DE PRUSIA
VERDES	ESMERALDA O VIRIDIANO

CAPAS SUBYACENTES ENCONTRADAS EN LA PINTURA MURAL

Capa pictórica



4

- 1 Fotografía de los años 90 y el estado actual .
- 2 Reflectografía Infrarroja.
- 3 Análisis mediante Espectroscopia Raman.
- 4 Procedimientos de mejora de las Pinturas Murales.



ELIMINACIÓN DE ELEMENTOS NO DESEADOS DEL SALÓN



DESEMPOLVADO DE LAS PAREDES



RETIRADA DE EXCREMENTOS DE PALOMA (GUANO) Y LIMPIEZA HUECO CHIMENEA



**OPEN** **A first evaluation of the usefulness of Kudzu starch in cultural heritage restoration**E. Lama^{1,2✉}, M. Veneranda², N. Prieto-Taboada³, F. L. Hernando⁴, M. D. Rodríguez Laso¹ & J. M. Madariaga²

In recent times, the use of natural and harmless products for the environment and restorer is taking place in the field of Cultural Heritage restoration. In this sense, wheat, rice and corn starches as adhesives, have suitable characteristics without toxicity risks. A new starch in this field, is the Kudzu, an almost pure compound (99.5% starch) that is processed by a natural way from a plant called *Pueraria lobata*. This is a preliminary study of the potential use of Kudzu starch for the restoration of Cultural Heritage, focusing, firstly, in its capacity as adhesive through a comparative evaluation with common starches. The accelerated aging process carried out proved that Kudzu ensures optimal chromatic behaviour. On the other hand, the main problem in starch paste is the biological colonization. The daidzein, a natural antimicrobial compound implicit in Kudzu starch, confirmed the resistance to microorganism in this preliminary approach. The evaluation of the adhesive capacity, and the reversibility of the starches, suggest that Kudzu starch is a valid adhesive in the field of paper restoration. Thus, the potential of this starch in the conservation of Cultural Heritage is evidenced and its use as cleaner, resistance to biological colonization and consolidant is promising.

The restoration and conservation field has evolved towards a work methodology more harmonious with the materials composing the artworks, as well as, their future conservation and the environment¹. New advances in this field of research recently led to a critical improvement in the formulation of conservation products used regularly in museums, ateliers and restoration's schools. In this sense, new materials and new procedures in art conservation have developed and enhanced thanks to a close collaboration with the experimental sciences².

The employment of products harmful to the artwork, the environment and the restorers was relatively common until a couple of decades ago. Overall, these products, through purifications, mixtures and synthetizations, achieve optimal short-term results. However, in the long term, they mostly produce irreversible damages to the artworks, to the restorers and finally, to the environment due to an incorrect management of the residuals. Thanks to the conjugation of these two elements: science and restoration, it has been possible to study the behaviour of natural materials (in the line of green chemistry), which have been used for centuries in the crafting of artistic works and their subsequent restoration till the arrival of synthetic products some decades ago¹.

One of the most used products within this natural product, is starch. This is already present since ancient times, in large processes, such as: tear repair in canvas restoration³, skin adhesion⁴ and is currently being investigated as an inclusion material in restoration lime mortars⁵. In this regard the used starches are those of wheat, rice and corn as their qualities and characteristics are known. Even though, last two are commonly used in restoration works⁶.

In this sense, *Pueraria Lobata* where Kudzu starch is extracted, is a climbing plant related to the pea plant and endemic to Japan, and nowadays, it is expanded by many countries. It is catalogued by the International Union for Conservation of Nature (IUCN) as one of the one hundred most damaging invasive species in the world^{7,8}. However, in Japan its root is extracted through a natural and ecological process to be used in traditional medicine

¹Department of Painting, Faculty of Fine Arts, University of the Basque Country UPV/EHU, P.O. Box 644, 48080 Bilbao, Basque Country, Spain. ²Department of Analytical Chemistry, Faculty of Science and Technology, University of the Basque Country UPV/EHU, P.O. Box 644, 48080 Bilbao, Basque Country, Spain. ³Department of Applied Chemistry, Faculty of Chemistry, University of the Basque Country (UPV/EHU), Pº Manuel Lardizabal, 3, 20018 Donostia, Spain. ⁴Department of Immunology, Microbiology and Parasitology, Faculty of Science and Technology, University of the Basque Country UPV/EHU, P.O. Box 644, 48080 Bilbao, Spain. ✉email: estibaliz.lama@ehu.es

and food industry. It is washed, dried and processed in a sustainable way, achieving a very good percentage of starch in the final product (around 99.5%) with a significantly high gelatinization temperature between 65 °C and 80 °C^{9,10}. The use of this root is, as has been previously mentioned, principally in traditional medicine because the presence of daidzein¹¹, a flavonoid from the group of isoflavones that acts as a natural antimicrobial, is a recognized antifungal which is not present in other common starches. This compound can be found in different proportions, varying from 1 to 2% depending of the type of the Kudzu starch^{12–14}.

Natural adhesives are frequently used in restoration of cellulose supports especially starch, either from wheat, rice, or corn depending on the material to bond¹⁵. Little by little, this material from a natural source is recovered again in European and American restoration field¹⁶, previously and nowadays this operation was carried out with products of synthetic or semi-synthetic origin derived from cellulose¹⁷, methylcellulose (thylosa 300)¹⁸, sodium carboxymethyl-cellulose¹⁸ or hydroxypropyl-cellulose (Klucel)¹⁹. Methylcellulose and sodium carboxymethyl are not good at adhering to smooth-surface papers or matboard¹⁸, but it has good aging and does not tend to yellow over time. The hydroxypropyl-cellulose is a stable product with a lower adhesive capacity than methylcellulose and sodium carboxymethyl-cellulose. It has a particular advantage, which can be used in polar organic solvents, avoiding water in certain paper supports¹⁹.

Taking into account that starches can be easily colonized by microorganisms, the natural presence of daidzein makes Kudzu a promising product to be used as biocide or resistant, especially in paper restoration.

Despite these characteristics, Kudzu has never been used in the field of restoration and conservation of artworks. In this light, the main goal of this initial stage of study is to test the feasibility of Kudzu (*Pueraria Lobata*) in the conservation of Cultural Heritage used, firstly, as a novel adhesive product for paper restoration. Its performance will be compared with the most used starches in this field (rice and wheat, followed by one less commonly used corn, which is not as popular as the previous ones⁶) evaluating their capacities.

Results and discussions

Elemental and molecular characterization of the starches. Starch is not really a polysaccharide, but the mixture of two, amylose (a linear polymer of α -D-glucose units linked by α -1,4 glycosidic linkages) and amylopectin (a branched polymer of α -D-glucose units linked by α -1,4 and α -1,6 glycosidic linkages), representing approximately 98–99% of the dry weight. Starches contain between 20 and 30% amylose, although there are exceptions and each type of starch has its own proportions. These polymers have the same basic structure but differ in their length and degree of branching, which ultimately affects their physicochemical properties¹⁰.

The Raman spectroscopic analyses gave an identical result in the four analysed starches, including Kudzu. Indeed, as can be seen in some examples of the starches analyzed, Fig. 1, the main Raman band appears at 478 cm^{-1} , followed by the most significant secondary peaks at 1,125 cm^{-1} and 442 cm^{-1} . Sigma starches also presented these identical peaks in their Raman spectrum. Taking into account the detection limit of the Raman spectrometer, any other compounds were observed indicating the purity of the used samples of the different starches.

In the case of elemental analysis, very similar EDXRF spectra were collected. However, it must be noted a slightly change in the concentration of trace elements on each starch.

Bromine, calcium, iron and sulphur were observed in all starches, being their spectroscopic signals higher in the Kudzu starch. The Lineco wheat spectrum contained less concentration of calcium than Kudzu but even so, greater than the others. Moreover, this starch given a higher phosphorus concentration than the rest, unlike the Kudzu that fallen short of this element. In all cases, the concentrations were at the level of traces.

Colorimetric analysis and UV induced fluorescence after aging. The mean results obtained in the ageing process after the colorimetric analysis are collected in Table 1. As can be seen in the table, in all cases the covered samples and the control paper provided minimal colour variation (ΔE) which indicates the effect of UV light. Regarding covered samples, very small variations regarding the control sample were observed. Using the ASTM 4303-3 standard that classifies the total variation of colour in 5 categories, from the imperceptible to the human eye to the most remarkable variation (Table 2), the variation of all covered samples was imperceptible (Category 1). However, differences can be observed in the uncovered samples being all the changes perceptible and categorized as 2, and the best results were obtained by Kudzu starch, the one providing the closest results to the control paper. The change in the colour had a clear tendency to the yellow (high values of b parameter) one of the most important problems in the use of these kind of materials²⁰ being Kudzu the less affected one.

Regarding the results obtained during the long-term time period, it was not observed differences between the behaviour of the starches or the control paper, observing the major colour change in the first 150 h.

The image represented in Fig. 2, was collected under UV-Vis light and clearly displays the effect of the UV radiation in the starches and the paper. In fact, the starch and paper not exposed to the radiation remains dark, but the exposed starch and paper appeared with fluorescence indicating the occurrence of degradation processes. As can be seen Fig. 2c, the Kudzu is the less affected starch.

Adhesion test. It is well known that all the starches have a certain adhesive power due to their hydrogen bonds, however not all the starches have exactly the same power and it must be therefore evaluated²⁰. In addition, Sigma-Aldrich rice and wheat starches have greater adhesiveness than the rest with results of $2,123 \times 10^{-4}$ N/mm and 1938×10^{-4} N/mm, respectively. Similar values of rice starch were obtained for Kudzu and Lineco rice starches with 1757×10^{-4} N/mm and 1871×10^{-4} N/mm respectively. Lastly, Lineco wheat starch and Sigma-Aldrich corn starch obtained the lowest results in adhesive strength (Table 3). Thus, Kudzu starch demonstrates a considerable strength of adhesion, being similar or even higher than starches commercialized as paper restoration products. The best results were obtained from Sigma-Aldrich compounds, which are not commercialized

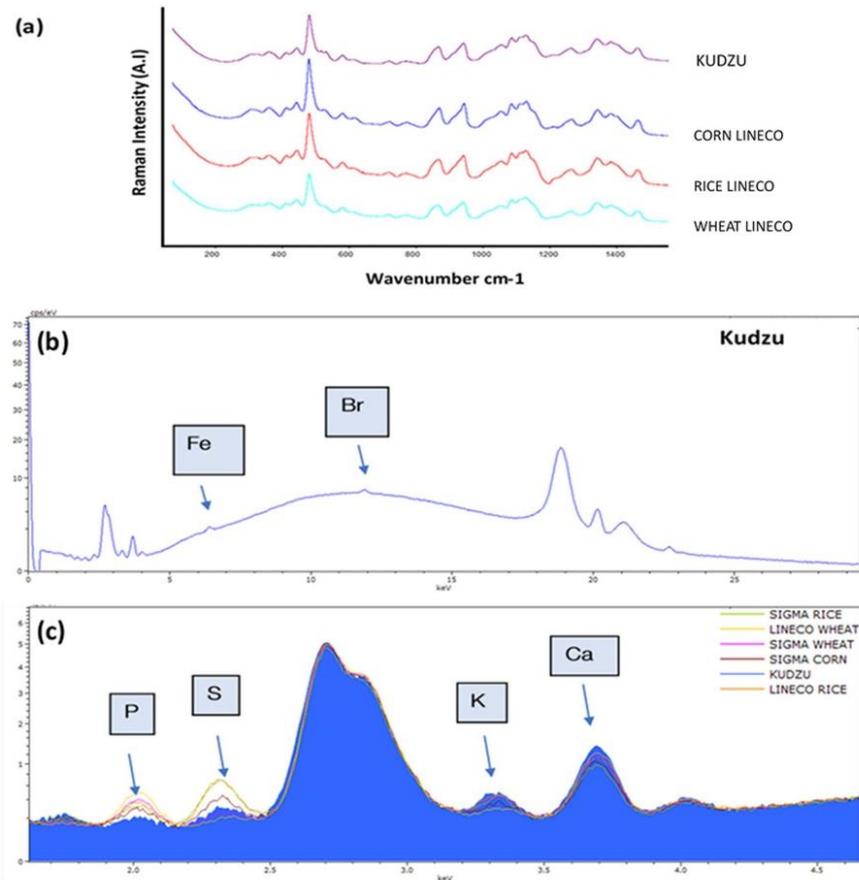


Figure 1. (a) Raman spectroscopy spectra of the commercial starches in Restoration field. (b) The Kudzu spectra revealed a few concentrations of Fe and Br. (c) Overlay spectra of starches. It observed the difference in the traces of some elements.

	Uncovered samples				Covered samples			
	a	b	L	ΔE	a	b	L	ΔE
Wheat	-1.99	6.90	-0.01	7.18	-0.07	0.02	1.25	1.25
Rice	-2.09	7.34	0.05	7.63	-0.01	-0.26	1.20	1.23
Kudzu	-1.92	6.14	0.49	6.46	0.05	-0.58	1.40	1.52
Control	-1.82	6.00	0.06	6.30	0.26	-1.09	1.00	1.50

Table 1. Mean results obtained after the Colorimetric analysis. The values are the variation regarding the initial and final measurements. ΔE (total colour variation) = $[a^2 + b^2 + L^2]^{1/2}$. The uncertainty associated to these measurements is around 5%

Category 1	$E^*ab \leq 4$
Category 2	$4 < E^*ab \leq 8$
Category 3	$8 < E^*ab \leq 16$
Category 4	$16 < E^*ab \leq 24$
Category 5	$E^*ab \geq 24$

Table 2. Classification of the total colour variations depending on the values of ΔE .

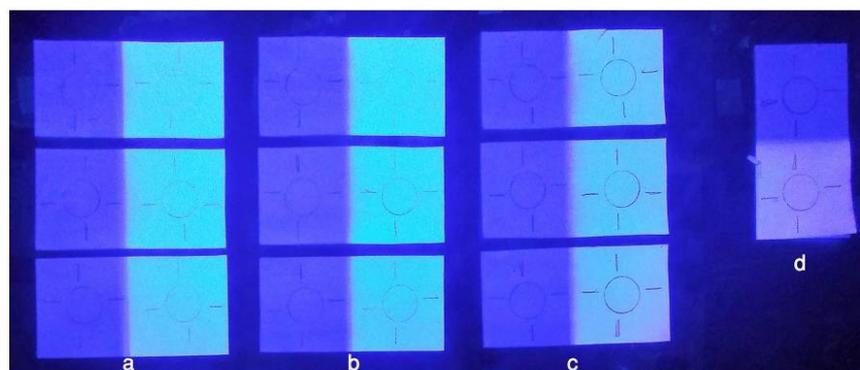


Figure 2. Image of the samples after the aging process with direct UV light of (a) Wheat, (b) Rice, (c) Kudzu and (d) Paper in which is possible to observe the effect of the radiation to the materials being Kudzu the less affected starch.

Adhesion	Starch	N/mm
-	Corn Sigma-Aldrich	$1,449 \times 10^{-4}$
	Wheat Lineco	$1,604 \times 10^{-4}$
	Kudzu	$1,757 \times 10^{-4}$
	Rice Lineco	$1,871 \times 10^{-4}$
	Wheat Sigma-Aldrich	$1,938 \times 10^{-4}$
+	Rice Sigma-Aldrich	$2,123 \times 10^{-4}$

Table 3. Average values of the adhesion forces (N/mm).

for restoration purposes. This characteristic is probably due to the higher purity of the starch. For this reason, the results obtained by Kudzu starch were very positive being the 94% of the adhesion capacity of Lineco rice starch and 88% of the Sigma-Aldrich rice starch.

Study of microbiological growth. The proliferation area of the microorganisms in all the starches were from 40% onwards, reaching 70% of the culture dish (Table 4). The exception was Kudzu starch with only 10% of colonized area.

In the commercial starches used in restoration (Lineco) appeared between 3 and 5 different types of colonies, on the contrary, in the Kudzu dish between 2 and 3 types of colonies were found (Fig. 3), occupying a surface markedly smaller. The most repeated microorganisms analysed were *Alternaria spp* (Fig. 3) and *Aspergillus spp* especially in wheat starches (Sigma-Aldrich and Lineco).

Regarding the number of colonies, the Kudzu registered 12 colony forming units (CFU) followed by the rice starch Sigma with 19 CFU. The most damaged starches against the biological attack were Lineco brand.

In all cultivated starches (except for Kudzu) the microbiological growth started at the fourth day. In contrast, Kudzu colonization started the fifth day, showing not only less colonization but also a great inhibitory effect.

It is necessary to mention that during the growth in the laboratory it was found that the corn starch lost consistency the fourth day because of the drying of the starch. However, even so, there was microbiological growth in it.

A common practice is to add antifungal to starch pastes, foreseeing these unwanted colonization's²¹. These compounds can be harmful to the work and toxic to the operator.

	Number of colonies	Number of different colony types	Size of the colonies diameter (mm)	Growth in petri dish (%)
Sigma-Aldrich rice	19 CFU	4-5	10-20	60-70
Sigma-Aldrich corn	31 CFU	3-5	5-15	55-60
Sigma-Aldrich wheat	27 CFU	3-5	3-10	40
Lineco rice	31 CFU	3-5	2-10	50
Lineco wheat	33 CFU	3-4	2-10	50
Kudzu	12 CFU	2-3	2-5	10

Table 4. Results of the growth of microorganisms in starch paste. *CFU Colony forming units. The number of initial and separate individuals.

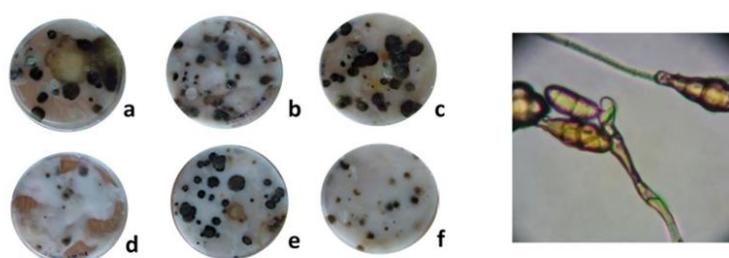


Figure 3. Image of the growth of microorganisms in the different starches. (a) Sigma-Aldrich rice, (b) Lineco wheat, (c) Lineco rice, (d) Kudzu, (e) Sigma-Aldrich corn and (f) Sigma-Aldrich wheat. In the right, image of *Alternaria* fungus which was found in all the samples.

Therefore, the non-addition of other fungicidal compounds in starch could be contemplated, if the biocidal capacity of the implicit daidzein in Kudzu was confirmed in subsequent microbiological investigations.

SEM analysis. SEM analyses were carried out to evaluate the reversibility of the application of the starches, an important point in restoration of artworks²². Thanks to this analysis, significant differences were found between starch adhesives.

Regarding the rice starch, it was evenly distributed over the entire surface and even penetrating to inner layers of the paper. Specifically, in the Lineco rice starch, the SEM image before the elimination, determined a paste of adhesive evenly distributed on the surface (Fig. 4a), but with large hollows without adhesive, an issue that indicates a percolation towards the interior of the fibres. Thus, in the surface of the paper the adhesive had been almost completely removed, but there were residues in deeper layers (Fig. 5a). Similarly, Sigma-Aldrich rice starch formed adhesive net with paper fibres creating a uniform base of starch paste (Fig. 4c). After its elimination, there were notable remains on the fibres (Fig. 5c).

Lineco wheat starch applied on paper is placed in lower layers (Fig. 4d), leaving the upper fibres uncovered without adhesive. The elimination of this paste was difficult because of the high penetration of the starch (Fig. 5d). The results obtained from Sigma-Aldrich wheat starch was an irregular coating of the adhesive paste on the surface (Fig. 4f), and a poor elimination from the paper fibres (Fig. 5f). It created compact paste masses that were found at all levels of the paper fibres.

Corn starch generated granules throughout the cellulose layer and a partial coverage of the surface was observed (Fig. 4e). After the removal, leaves granules larger than in the rest of starches, with important remains of adhesive in the lower fibers (Fig. 5e).

Finally, the Kudzu starch created a 100% coverage (Fig. 4b), also had easy removal, only leaving residues on the surface and a minimal penetration in the lower layers of cellulose support (Fig. 5b).

It is necessary to take into account that starch removal procedure had some side effects on the conservation of paper fibres. Indeed, in spite of the fact that starch removal through cotton swabs is considered a non-aggressive method, SEM images proved that several fibres were damaged by friction.

Conclusions

Kudzu starch is an almost pure compound (close to 100% starch much more than commercialised starches for restoration purposes) that is extracted and processed in a natural and sustainable way providing a high-quality product. This quality is obtained without purification processes, which cheapens the final product. It can be easily purchased in the market and has a similar price to Lineco starches. During the manipulation of the starch, it was observed how Kudzu starch can be able to adapt to different uses or supports and is stable in the time,

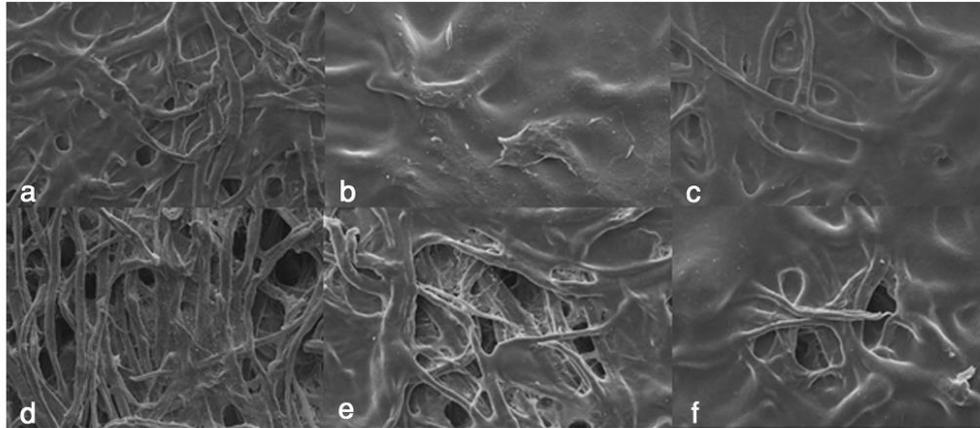


Figure 4. SEM image at 500 \times of the samples before removal the starch paste. (a) Lineco rice, (b) Kudzu, (c) Sigma-Aldrich rice, (d) Lineco wheat, (e) Sigma-Aldrich corn, (f) Sigma-Aldrich wheat. Not all starches left a uniform layer of adhesive. First, Kudzu followed by Sigma-Aldrich Rice and Lineco rice starch formed a covering layer.

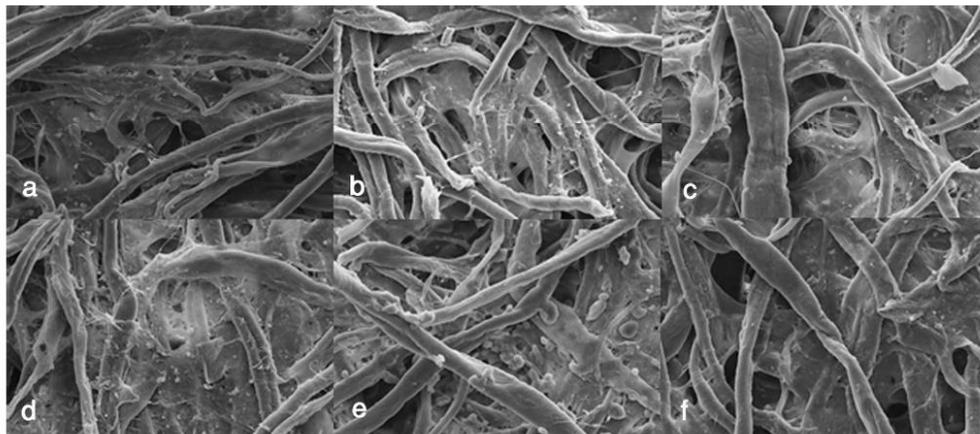


Figure 5. SEM image at 1,000 \times of a remove starch paper samples: (a) Lineco rice, (b) Kudzu, (c) Sigma-Aldrich rice, (d) Lineco wheat, (e) Sigma-Aldrich corn, (f) Sigma-Aldrich wheat. Although all the pastes left residues, some of them show small starch granules. It is in Kudzu where the removal of the adhesive at the top of the fibers has been greater.

maintaining its uniformity and reducing its volume slightly. Moreover, although all the test was made in the same concentrations of starches, it could be possible to observe how Kudzu paste could create rigid gel with a great consistency and using lower concentration of starch.

Focusing in the analytical results, all of them pointed out Kudzu starch as a better alternative to the most common used starches. Compared to other starches, Kudzu reported the best results in terms of colour stability, being less affected by the UV radiation. Kudzu also provides a good symbiosis between adhesive and support presenting a good adhesive capacity. Although its adhesion power is not as strong as the one provided by Lineco rice (94%), Kudzu starch can be used for other supports or materials that require different adhesion capacity or are more fragile. Therefore, ensured the best performances in terms of reversibility in comparison with the other studied starches. For that reason, Kudzu is a better option also in these aspects. Finally, the antimicrobial

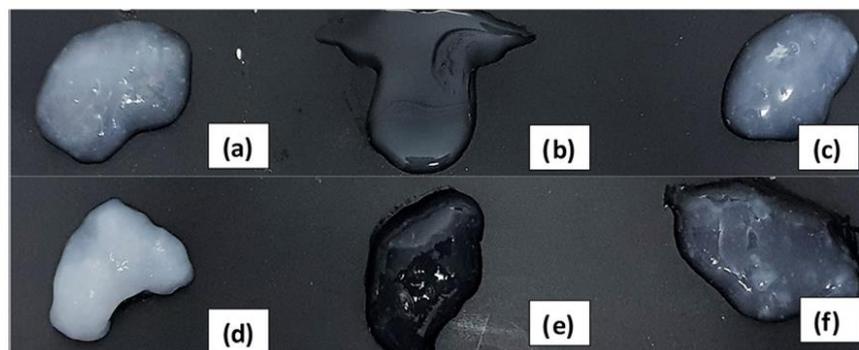


Figure 6. Images of the (a) Sigma-Aldrich rice starch (b) Sigma-Aldrich corn starch (c) Sigma-Aldrich wheat starch (d) Lineco wheat starch (e) Kudzu starch from Mitoku Company (f) Lineco rice starch. Kudzu appearance is noticeably more transparent than usual starches except corn starch that at the same concentration as the others, is much less dense than the rest and that is why it is transparent.

component (daidzein) included in Kudzu starch seemed to be a very beneficial compound to prevent or minimize microorganisms' colonization on several supports.

In view of all these analytical results, the conclusions from this kind of preliminary study suggests that Kudzu starch could be employed in the field of paper conservation and in the protection of Cultural Heritage in general as cleaner, resistance to biological colonization or/and consolidant for different supports.

However, further studies need to be carried out in the future to analyse more in depth all its properties and potential applications, like the microbiological field.

Methods

Materials. The most usual starches commercialized within the field of paper restoration have been selected to carry out comparison analysis. Rice and wheat starches were selected from Lineco (Holyoke, Massachusetts), one of the major companies in the production and distribution of conservation products.

In order to compare with high purified starches as standard of the maximum level of quality for its characterization, also starches (from Sigma-Aldrich, USA) with laboratory quality were selected. In this sense, rice and wheat have been selected to the comparison. In this sense, Corn starch although it is the least used, has been considered important to include in this study.

The Kudzu starch powder was supplied by the company Mitoku Company from Japan. This company certifies that their organic product is obtained by extracting the root of Kudzu manually and ecologically, a process that lasts approximately 3 months²³.

Taking all of these into account, the Kudzu starch was compared with 2–3 starches and two qualities (restoration quality from Lineco and high quality from Sigma-Aldrich): Lineco rice, Lineco wheat, Sigma-Aldrich rice, Sigma-Aldrich wheat and Sigma-Aldrich corn. For this study, all the starches pastes were prepared at the same concentration and with the same cooking methodology giving rise to different pastes (Fig. 6).

The paste was made with 20 ml of cold MiliQ ultrapure water mixed with 4 g of powdered starch, stirring this until the starch dissolved. Each mixture was placed for 30 s in the microwave at 900 W, the mixture was stirred and repeated again 30 s at 900W^{6,24}.

Aging process. The accelerated aging process allows to analyse the chromatic and adhesion changes of the two most common starches: wheat and rice, comparing them with Kudzu starch. For this purpose, a Solarbox HR 1500e camera (from Co.Fo.Me.Gra, Milan, Italy) was used with specific parameters such as: ultraviolet (UV) filter (window glass) at 310 nm, a relative humidity (RH) of 62%, irradiance of 50 W/m², air temperature of 27 °C and a Black Standard Thermometer (BST) of 55 °C.

The test was carried out according to the UNE-EN ISO 11341:2005 norm that systematizes artificial weathering and exposure to artificial radiation of paints and varnishes. It was decided the use this norm because of the lack of a specific regulation for these specific materials.

For the preparation of starch paste, 4 g of starch powder was mixed with 20 mL of ultra-pure cold water until dissolved completely, heating the mixture in the microwave^{6,24}. The paper used in the accelerated aging process was Fabriano Disegno (from Fabriano, Italy) 4 paper, smooth texture sheet with 220 g produced with 100% cellulose Elemental Chlorine Free (E.C.F.). Three layers of adhesive were applied to each of the samples by brush, once the paste temperature had decreased. After applying the starches, the samples were naturally dried for 24 h and then introduced in the aging chamber. To evaluate the chromatic behaviour of each starch, experiments were performed in triplicate. To consider the UV effect, half of each sample was covered (Fig. 7). Finally, a control

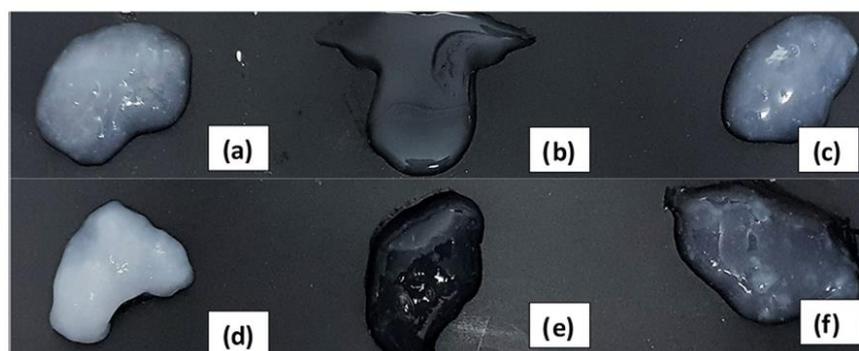


Figure 6. Images of the (a). Sigma-Aldrich rice starch (b) Sigma-Aldrich corn starch (c) Sigma-Aldrich wheat starch (d) Lineco wheat starch (e) Kudzu starch from Mitoku Company (f) Lineco rice starch. Kudzu appearance is noticeably more transparent than usual starches except corn starch that at the same concentration as the others, is much less dense than the rest and that is why it is transparent.

component (daidzein) included in Kudzu starch seemed to be a very beneficial compound to prevent or minimize microorganism's colonization on several supports.

In view of all these analytical results, the conclusions from this kind of preliminary study suggests that Kudzu starch could be employed in the field of paper conservation and in the protection of Cultural Heritage in general as cleaner, resistance to biological colonization or/and consolidant for different supports.

However, further studies need to be carried out in the future to analyse more in depth all its properties and potential applications, like the microbiological field.

Methods

Materials. The most usual starches commercialized within the field of paper restoration have been selected to carry out comparison analysis. Rice and wheat starches were selected from Lineco (Holyoke, Massachusetts), one of the major companies in the production and distribution of conservation products.

In order to compare with high purified starches as standard of the maximum level of quality for its characterization, also starches (from Sigma-Aldrich, USA) with laboratory quality were selected. In this sense, rice and wheat have been selected to the comparison. In this sense, Corn starch although it is the least used, has been considered important to include in this study.

The Kudzu starch powder was supplied by the company Mitoku Company from Japan. This company certifies that their organic product is obtained by extracting the root of Kudzu manually and ecologically, a process that lasts approximately 3 months²³.

Taking all of these into account, the Kudzu starch was compared with 2–3 starches and two qualities (restoration quality from Lineco and high quality from Sigma-Aldrich): Lineco rice, Lineco wheat, Sigma-Aldrich rice, Sigma-Aldrich wheat and Sigma-Aldrich corn. For this study, all the starches pastes were prepared at the same concentration and with the same cooking methodology giving rise to different pastes (Fig. 6).

The paste was made with 20 ml of cold MilliQ ultrapure water mixed with 4 g of powdered starch, stirring this until the starch dissolved. Each mixture was placed for 30 s in the microwave at 900 W, the mixture was stirred and repeated again 30 s at 900W^{6,24}.

Aging process. The accelerated aging process allows to analyse the chromatic and adhesion changes of the two most common starches: wheat and rice, comparing them with Kudzu starch. For this purpose, a Solarbox HR 1500e camera (from Co.Fo.Me.Gra, Milan, Italy) was used with specific parameters such as: ultraviolet (UV) filter (window glass) at 310 nm, a relative humidity (RH) of 62%, irradiance of 50 W/m², air temperature of 27 °C and a Black Standard Thermometer (BST) of 55 °C.

The test was carried out according to the UNE-EN ISO 11341:2005 norm that systematizes artificial weathering and exposure to artificial radiation of paints and varnishes. It was decided the use this norm because of the lack of a specific regulation for these specific materials.

For the preparation of starch paste, 4 g of starch powder was mixed with 20 mL of ultra-pure cold water until dissolved completely, heating the mixture in the microwave^{6,24}. The paper used in the accelerated aging process was Fabriano Disegno (from Fabriano, Italy) 4 paper, smooth texture sheet with 220 g produced with 100% cellulose Elemental Chlorine Free (E.C.F.). Three layers of adhesive were applied to each of the samples by brush, once the paste temperature had decreased. After applying the starches, the samples were naturally dried for 24 h and then introduced in the aging chamber. To evaluate the chromatic behaviour of each starch, experiments were performed in triplicate. To consider the UV effect, half of each sample was covered (Fig. 7). Finally, a control

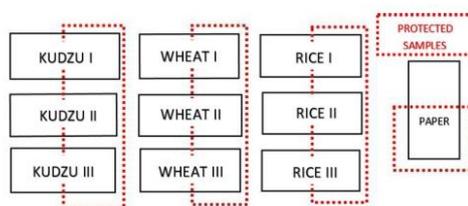


Figure 7. Arrangement of the paper samples with the three starch adhesives applied. Three replicated were carried out for each starch and it was covered the half of the paper to evaluate the UV effect. One control paper was introduced free of starch.

paper free of starch was introduced in the test. It is necessary to clarify that for this test only the Lineco starches and Kudzu starches were evaluated because of the limitation in the chamber size.

The samples were periodically measured with the spectrophotometer GretaMacbeth ColorEye XTH (Xrite, Michigan, USA) every 48-h and up to 350 h, obtaining the parameters (L, a and b) within the space (CIELab). The measurements of the samples were determined due to the spectrophotometer spot, not being smaller than 2.5 cm × 5 cm.

Elemental and molecular analyses during the preparation process. The starch powder was pressed to ensure homogeneity in the results of the chemical analyses. For this process identical pellets of each starch were made using 0.2 g of powder starch that were introduced in a press and were applied 7.0 bar of pressure during 15 s.

The M4 Tornado energy dispersive x-ray fluorescence spectrometer (Bruker Nano GmbH, Berlin, Germany) was used for the elemental analysis. It is equipped with a micro-focus side window Rh X-ray tube powered by a low-power HV generator and cooled by air. It was used a voltage of 40 kV, a current of 600 μ A and 100 s of live time for the spectral acquisitions. The vacuum was achieved with a diaphragm pump MV 10 N vario-b. The final focus was carried out by a video-microscope with high magnification (1 mm² areas). The used software was M4 Tornado (Bruker Nano GmbH, Berlin, Germany).

The molecular characterization of the selected starches was made using an InnoRaman ultramobile Raman spectrometer (B&wtek, Newark, USA). The excitation wavelength was 785 nm (the nominal laser power settings on the surface of the samples were 255 mW) and the dispersed Raman signals were measured by a Peltier cooled CCD detector. The spectrometer was supplied with a probe head connected to a micro camera focusing with magnifications of 20 \times and 50 \times . The spectra were collected in the spectral range of 100–3,000 cm⁻¹ (non-changeable) with a mean spectral resolution of 3.5 cm⁻¹. Data acquisition was carried out by the Bwspec 3.26 software package and the analysis of the results was undertaken by the Omnic 7.2 software (Nicolet). In both analyses, a random grid of five points was carried out in the surface of each pellet in order to obtain representative results.

Adhesion test: T-peel. To evaluate the adhesive capacity a tensiometer was used to determine the force used in the detachment of sheet with the starches by a T-peel adhesion test^{25,26}. This was carried out using the Instron 5,967 (Barcelona, Spain) tensioning equipment with pneumatic clamps and a 50 N load cell. The preparation of the starch paste was made with ultra-pure water and 6% starch concentrations. It was applied on 10 sheets of polyethylene terephthalate performing by the norm ASTM D1876, each one with a 241 mm × 25 mm dimensions, adhered to another sheet by the paste of each starch. In order to guarantee the representativeness of the obtained results 10 replicates of each starch were carried out. The drying of the samples was 48 h until the test and the tests was carried out in the next 24 h. The samples were evaluated between 100 to 300 mm in order to standardize and to avoid non-representative results.

Analysis of microbiological growth. Microbiological growth by a sedimentation process was performed in order to evaluate a preliminary way and as a first approach to the biocidal or resistance capacity of the daidzein implicit on Kudzu, against the other starches.

The different starches were prepared at 6% with ultra-pure water (using the microwave to facilitate the dissolution). Each starch paste was poured into one sterilized Petri dishes (20 mL in each one) and sealed perfectly before their exposition. In order to select the best environment, the dishes were placed in a library for 24 h to be exposed to the microorganisms that generally colonize paper materials.

Subsequently, the exposed samples were sealed and transported to the laboratory where were cultivated for 10 days with a constant temperature of 26 °C. The colony forming units (CFU) were identified, quantified and measured in a Colony Counter 560 (Suntex).

Samples of each different colony were stained with Lactofenol Bleu solution DC (Panreac) and visualized with a Nikon Eclipse E100 microscope at 1000 \times .

The settlement and the rest of each of them was different, finding areas with more clumps of paste and areas with less.

SEM (scanning electron microscopy) analysis. To evaluate the reversibility of starches it is necessary to have a microscopic view of the surface. For this purpose, it was prepared samples with Fabriano Disegno 4 paper, previously described, joining two pieces of paper of 3 × 4 cm for each studied starch, and let them dry 48 h. Then, the pieces were separated, and the remainder starch was removed with a cotton swab with ultra-pure water was used for the starch elimination. The SEM analysis was carried out through a Carl Zeiss EVO 40 (Oberkochen, Germany) that allows to visualize the mesh of the vegetable fiber of the paper, as well as, the full or not removal of the adhesive. The conditions of observation and measurement were: high vacuum, a voltage of 20 kV, and a working distance of 8–11 mm. The samples, previously metalized with gold (15 nm), were mounted on an aluminium sample holder with graphite tape (electrically conductive) and observed and photographed at different magnifications (first 100×, later 500× and finally, 1000×).

Received: 3 October 2019; Accepted: 29 April 2020
Published online: 24 September 2020

References

- Balliana, E., Ricci, G., Pesce, C. & Zendri, E. Assessing the value of green conservation for cultural heritage: Positive and critical aspects of already available methodologies. *IJCS* 7, 185–202 (2016).
- Kostadinovska, M. Non-destructive characterization of paper artifacts in conservation treatments. *Hist. Archae.* 10, 184–189 (2015).
- Waters, L. Tear repair of cotton canvas: A variation of the Heiber technique. *WAAC* 28(2), 10–11 (2006).
- De Blas, M. M., Boj, P. D., Calleja, C. P. & Sanchez, M. M. Biblia de Huesca, del conocimiento a su conservación. *Bol. M. Arqueol. Nac.* 33, 227–240 (2015).
- Izaguirre, A., Lanas, J. & Álvarez, J. Effect of a biodegradable natural polymer on the properties of hardened lime-based mortars. *Mat. Const.* 61(302), 257–274 (2011).
- AIC Wiki. American Institute for Conservation of Art and Historic Works (2017).
- Guilizia, J. Total and Nutrient-Specific In Situ Degradation of Kudzu (*Pueraria montana var. lobata*) in the Bovine Rumen. (Doctoral Thesis, 2018).
- Pueraria montana var. lobata* Global Invasive Species Database (2010).
- Wong, K. H., Li, G. Q., Li, K. M., Razmovski-Naumovski, V. & Chan, K. Kudzu root: Traditional uses and potential medicinal benefits in diabetes and cardiovascular diseases. *J. ethnopharm.* 134(3), 584–607 (2011).
- Santana, Á. L. & Meireles, M. A. A. New starches are the trend for industry applications: A review. *FPH* 4(5), 229–241 (2014).
- Van Hung, P. & Morita, N. Chemical compositions, fine structure and physicochemical properties of Kudzu (*Pueraria lobata*) starches from different regions. *F. Chem.* 105(2), 749–755 (2007).
- Chen, G., Zhang, J. & Ye, J. Determination of puerarin, daidzein and rutin in *Pueraria lobata* (Wild.) Ohwi by capillary electrophoresis with electrochemical detection. *J. Chrom.* 923(1–2), 255–262. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)00996-7](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)00996-7) (2001).
- Prasain, J. K. *et al.* Profiling and quantification of isoflavonoids in Kudzu dietary supplements by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization tandem mass spectrometry. *J. A. F. Chem.* 51(15), 4213–4218 (2003).
- Zhong, Y., Song, X. & Li, Y. Antimicrobial, physical and mechanical properties of Kudzu starch–chitosan composite films as a function of acid solvent types. *Carb. Pol.* 84(1), 335–342 (2011).
- Sequeira, S. O., Cabrita, E. J. & Macedo, M. F. Fungal biodeterioration of paper: How are paper and book conservators dealing with it? An international survey. *R. I. J. Preserv. Lib. Arch. Mat.* 35(2), 181–199 (2014).
- McClintock, T. Observations on the mutual influence of Asian and Western paper conservation practices. *The Book. Pap. Gr. A.* 25, 13–22 (2006).
- Maková, A., Kuka, I. & Kyšková, Z. The use of native, modified starches and cellulose derivatives in restoration-conservation practice comparison of their adhesive qualities. *Chem. Tech. Pap.* 2, 424–429 (2003).
- Baker, C. A. Methylcellulose and sodium carboxymethylcellulose: An evaluation for use in paper conservation through accelerated aging. *S. Conserv.* 29(1), 55–59 (1984).
- Botello, B., Libertad, J. & Hernández, M. M. C. Análisis de las propiedades físico mecánicas del adhesivo hidroxipropilcelulosa en el proceso de laminado de documentos en soporte de papel albanene y vegetal. (Doctoral Thesis, 2013).
- Zervos, S. & Alexopoulou, I. Paper conservation methods: A literature review. *Cell* 22(5), 2859–2897 (2015).
- Da Silva, B. I., Casimiro, M. H., Macedo, M. F. & Sequeira, S. O. Adhesives used in paper conservation: Chemical stability and fungal bioreceptivity. *J. C. H.* 34, 53–60 (2018).
- Mazzuca, C. *et al.* Cleaning of paper artworks: Development of an efficient gel-based material able to remove starch paste. *ACS. Ap. Mat. Interf.* 6(19), 16519–16528 (2014).
- Kudzu powder. Mitoku Company, Japan (2018).
- Maitland, C. Microscopy for paper conservation: Comparing various adhesives and examining wheat starch paste preparation methods. *The Book. Pap. Gr. A.* 29, 129–138 (2010).
- Rampton, A. Almidón de la casaba y almidón de trigo: estudio comparativo para su uso en la conservación de papel. *II Congr. GEHC*, 1–7 (2005).
- ASTM Standard D1876–01. Standard test method for peel resistance of adhesives (T-Peel Test). *ASTM Book of Standards* (2008).

Acknowledgements

This work has been supported by the MADyLIN project (Grant No. BIA2017-87063-P) funded by the Spanish Agency for Research AEI (MINEICO/FEDER-UE). The author wishes to acknowledge professional support of the Interdisciplinary Thematic Platform from CSIC Open Heritage: Research and Society (PTI-PAIS). Technical and human support provided Macroconduct, Mesostructure and Nanotechnology by SGIker (UPV/EHU, MICINN, GV/EJ, ERDF and ESF) are also gratefully acknowledged.

Author contributions

E.L. has done the experimental part and drafted the manuscript, N.P.T. and M.V. conceived the experiments and analysed the results, M.R.L. has prepared and carried out accelerated aging, F.L.H. has performed the microbiology tests and J.M.M. has supervised the experiments and corrected the manuscript.

Competing interests

The authors declare no competing interests.

Additional information

Correspondence and requests for materials should be addressed to E.L.

Reprints and permissions information is available at www.nature.com/reprints.

Publisher's note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

© The Author(s) 2020

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

