

**Proceso de conservación y restauración del
ostensorio de plata BDV: 001027.00 del
*Museu Episcopal de Vic***

Los desafíos en la intervención de orfebrería religiosa de
plata

Autora: Marta Gómez Sanabria

Tutora: Silvia Marín Ortega

Cotutora: Patricia María Rebollo Pujadas

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales

Especialidad: Bienes Arqueológicos

Curso 2023-2024



Escola Superior
de Conservació i Restauració
de Béns Culturals de Catalunya

Resumen y palabras clave

La conservación y restauración de orfebrería y, más concretamente, de plata conlleva el planteamiento de cuál es la forma más adecuada de eliminar su corrosión y dónde se encuentra el equilibrio entre su conservación y su empleo como bien litúrgico. El mantenimiento de su uso y valor ritual ha provocado que a lo largo de la historia a los bienes de la Iglesia de plata se les haya eliminado la corrosión con múltiples métodos invasivos y perjudiciales para la pieza.

Con el estudio e intervención del ostensorio radiante BDV: 001027.00 se ponen de manifiesto las problemáticas que conllevan los procedimientos tradicionales de la eliminación de la corrosión de plata, más concretamente del sulfuro de plata, con acción mecánica y limpia platas. Asimismo, se plantean los retos que supone intervenirla con métodos actuales, como el acuoso, y cómo se debe estudiar cada caso en particular para llegar a una metodología adecuada.

En el caso del ostensorio BDV: 001027.00 los métodos más efectivos fueron la limpieza electroquímica y los baños en ácido fórmico para la corrosión de las piezas de plata, y la eliminación con sistema acuoso a base de *buffers*, quelantes y geles de la corrosión en las piezas de aleación.

Asimismo, se realizaron dos fotogrametrías para estudiar las dificultades y límites de esta técnica de documentación y digitalización del patrimonio. Se pudo observar que en el caso de materiales con brillo como es la plata no es un método efectivo y que es necesario el desarrollo de nuevas técnicas para poder llevarlo a cabo con rigurosidad.

Palabras clave: plata, ostensorio, conservación-restauración, limpieza electroquímica, método acuoso, fotogrametría.

Agradecimientos

A mi tutora Silvia Marín por enseñarme lo que es la pasión por este trabajo y brindarme siempre la confianza y la motivación para seguir aprendiendo.

A mis profesores por acompañarme estos años y proporcionarme tanto conocimiento.

A mis padres, a mi hermano y a mis amigos por enseñarme lo que es el amor y ser siempre mi guía.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Justificación	3
1.2. Estado de la cuestión	3
1.3. Objetivos	4
1.4. Metodología	4
1.5. Temporalidad y plan de trabajo	5
2. BLOQUE TEÓRICO	6
2.1. Los ostensorios	6
2.1.1. ¿Custodia u ostensorio?	6
2.1.2. Partes de un ostensorio	7
2.2. El ostensorio BDV: 001027.00 del <i>Museu Episcopal de Vic</i>	8
2.2.1. Contexto	8
2.2.2. Identificación	10
2.2.3. Materiales constitutivos.....	10
2.2.4. Descripción.....	11
2.2.5. Técnicas artísticas empleadas	13
2.3. Casística de los materiales constituyentes del ostensorio: la plata	13
2.3.1. Propiedades de la plata	13
2.3.2. Plata galvanizada	14
2.3.3. Factores de alteración	15
2.3.4. Productos de corrosión	16
2.4. Métodos tradicionales de limpieza de plata	17
2.4.1. Procedimiento mecánico.....	17
2.4.2. Soluciones ácidas.....	18
2.4.3. Limpieza electroquímica	18
2.5. Métodos actuales de limpieza de plata. La aplicación de la limpieza acuosa controlada	19
2.6. Introducción a la fotogrametría	21
3. BLOQUE PRÁCTICO	22
3.1. Fotografías iniciales	22
3.2. Examen organoléptico	22
3.2.1. Alteración del soporte.....	22
3.2.2. Depósitos superficiales	24
3.2.3. Elementos añadidos	24
3.3. Mapas de alteraciones	25
3.4. Análisis fisicoquímicos	29
3.4.1. Macroscopía	29
3.4.2. Luz UV	30
3.4.3. Fotogrametría y digitalización 3D.....	31
3.4.4. Conductividad.....	32
3.4.5. pH	33
3.4.6. Identificación de metales	33
3.5. Conclusiones del examen organoléptico y del estudio de la pieza	35
3.6. Propuesta de intervención	35
3.7. Intervención de conservación y restauración	36
3.8. Condiciones ambientales después del tratamiento	42
3.9. Fotografías finales	43
4. CONCLUSIONES	44

5. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	46
6. ANEXOS	49
6.1. Tabla parámetros corrosión de la plata y quelantes	49
6.2. Ficha técnica ESCRBCC	50
6.3. Ficha técnica <i>Bisbat de Vic</i>	75

INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

El estudio y la intervención del ostensorio proveniente de la colección *Fons Fulgentia* del *Museu Episcopal de Vic*, depositada en *l'Església de Santa Maria d'Igualada* se ha realizado debido a mi interés personal en el patrimonio litúrgico y la conservación y restauración de metales.

Es una pieza muy interesante, ya que, aunque en la documentación se determina que es plata, se compone también de aleaciones de cobre y baño de plata. Esto da lugar a tener que intervenir cada parte de la pieza según sus particularidades y materiales y, por tanto, a poder estudiar y conocer diversos métodos para llevarlo a cabo. Asimismo, es interesante contrastar el método anterior de limpieza con limpia platos con los métodos actuales dentro de la conservación y restauración y observar cómo una incorrecta limpieza puede provocar daños irreversibles.

Se ha desarrollado dentro del plan de estudios de la asignatura de tercer curso “Teoría y práctica de la conservación y restauración de bienes arqueológicos I” impartida por la profesora Silvia Marín. Más concretamente en el temario “*Or i plata: propietats, factors i productes de corrosió. Examen i diagnòstic*” y “*Or i plata: tractaments, propostes de neteja i tractaments diversos*”.

1.2. Estado de la cuestión

Los objetos litúrgicos como son las custodias u ostensorios tradicionalmente se han limpiado con métodos muy invasivos, en este caso con el uso de limpia platos. Estos abrasivos son muy perjudiciales para la pieza porque rallan y dejan residuos sobre ella, que pueden alterarla posteriormente y dificultan su lectura.

La intervención sobre el patrimonio litúrgico debe ser, al igual que con las demás tipologías, respetuosa con la pieza y se debe priorizar la mínima intervención.

Dentro de los metales, la plata es un material que requiere un estudio individual al ser un metal muy noble. Esto hace que los pocos productos de corrosión que en ella se forman sean elementos muy insolubles y difíciles de eliminar. La corrosión que presenta la pieza, sulfuro de plata, por su grado de insolubilidad no se puede eliminar con el uso de quelantes, por lo que abre un camino de investigación para conocer cuál es la forma más adecuada de intervenir este material sin el empleo de métodos invasivos. Por tanto, es importante estudiar las diversas opciones para garantizar su correcta conservación y restauración.

Este trabajo está relacionado con el trabajo de fin de grado “Plan de adecuación de la reserva de la Iglesia de *Santa Maria d'Igualada*: Fondo de orfebrería religiosa *Fulgentia*” realizado por Júlia Muñoz Pujol, exalumna de la ESCRBCC en la especialidad Bienes Arqueológicos. Ambos trabajos pueden crear un marco teórico-práctico del fondo y su correcta actuación tanto de intervención sobre las piezas de la colección, como de su

conservación preventiva, teniendo en cuenta el embalaje y las condiciones ambientales de la reserva.

1.3. Objetivos

El principal objetivo del trabajo es la intervención y conservación del ostensorio de plata con los métodos menos invasivos para este material, teniendo en cuenta la problemática que supone su limpieza al no poder realizarse, por el momento, de forma acuosa con quelantes.

Por ello, los objetivos del trabajo son:

- Investigar y recopilar los métodos de limpieza de los diversos metales que conforman la pieza, poniendo el foco sobre todo en la plata, y conocer cuáles son los más adecuados para su correcta intervención.
- Lograr una exhaustiva documentación de la pieza, tanto con fotografía e información histórica, artística y estilística; como con fotogrametría y digitalización 3D.
- Llevar a cabo, gracias a la documentación, la correcta intervención de la pieza usando un método poco invasivo.
- Asegurar una buena conservación preventiva.

1.4. Metodología

Para cumplir con los objetivos se han seguido dos líneas de trabajo: una teórica y una práctica.

El bloque teórico se basa en la búsqueda y recopilación de información sobre la pieza, su contexto y origen, pero también de las custodias de forma general y su manufactura. Esta documentación se complementa con el estudio de los métodos de limpieza, intervención y conservación de los metales y, más concretamente, de la plata.

El bloque práctico consta de una exhaustiva documentación del ostensorio para conocer en profundidad sus características y alteraciones y así poder realizar un correcto examen organoléptico. Se han realizado fotografías iniciales, con macrofotografías y luz UV. Asimismo, se han analizado los metales de una de las piezas con análisis con reactivos para conocer su composición y aleaciones.

Por otro lado, una parte importante de la documentación ha sido la realización de dos fotogrametrías de la pieza para su posterior digitalización en 3D (*Agisoft Metashape*), animación (*Blender*) y la realización de la ortofotografía que ha servido como base para el dibujo arqueológico y el mapa de alteraciones (*Adobe Illustrator*). Esta técnica de documentación es valiosa en el estudio y conservación digital del patrimonio, pero particularmente en el ostensorio ha sido interesante debido a las problemáticas que conlleva su escaneado al ser una pieza brillante.

Una vez finalizada la documentación, se ha realizado la intervención de la pieza siguiendo el método menos invasivo gracias a los conocimientos que se han obtenido sobre ella y los materiales que la componen. A lo largo de la intervención se han ido adaptando los métodos para seguir siempre este criterio, que es el primordial.

Al ser una pieza litúrgica, se permite cierto margen de decisión en los criterios de intervención, que son ligeramente distintos a los de la restauración de bienes arqueológicos. Por ello, se ha primado en todo momento el respeto por la pieza y la mínima intervención, pero teniendo en cuenta su uso habitual y el valor estético y ritual que recibe.

Durante todo el bloque práctico se ha ido completando la ficha técnica y se ha continuado realizando la documentación con fotografías de cada proceso.

La citación bibliográfica ha seguido el criterio del manual de citación bibliográfica de la ESCRBCC.

1.5. Temporalidad y plan de trabajo

El trabajo se ha realizado durante los cursos 2022-2023, correspondiente al tercer curso, y 2023-2024, correspondiente al cuarto curso [Fig. 1]. En el tercer curso se comenzó el bloque teórico y la documentación de la pieza una vez estuvo en la escuela en enero de 2023. Sin embargo, el proceso de restauración no se pudo comenzar hasta un año después, en enero de 2024 (cuarto curso), debido al permiso de maternidad de la profesora y tutora del TFG.



Figura 1. Calendario de temporalidad y plan de trabajo. (Creado por Marta Gómez Sanabria)

2. BLOQUE TEÓRICO

2.1. Los ostensorios

2.1.1. *¿Custodia u ostensorio?*

Una de las partes importantes en el proceso de documentación de las artes suntuarias es catalogar correctamente el objeto. Dentro de los bienes litúrgicos, cuando se habla de piezas como la presente en este trabajo, surge la duda de cómo denominarla debido a la ambigüedad en las diferencias entre los términos custodia y ostensorio.

El diccionario del patrimonio cultural de España Tesauros define el término custodia de la siguiente forma, donde también menciona el significado de custodia de asiento:

“En el culto católico, vaso sagrado u objeto suntuario litúrgico destinado a exponer a la adoración de los fieles el Santísimo Sacramento mediante viril, ya sea en el interior de la iglesia o a lo largo de una procesión. Varía mucho en cuanto a estilo y tamaño, oscilando entre 0,30 m. y 1,50 m. Suele estar formado por dos cuerpos; uno en forma estrellada, con caja de cristal en figura de disco, en el que se presenta la Sagrada Forma, llamado lúnula o creciente lunar; el otro como pedestal. A menudo se corona con una cruz. Los materiales utilizados en su elaboración son de una gran riqueza: oro, plata, esmaltes y piedras preciosas. El verdadero impulso para la construcción y desarrollo de este objeto litúrgico fueron las procesiones teofóricas y, especialmente, la del Corpus Christi. (...). Más tarde, aparecieron las custodias portátiles o de asiento, que adoptaron la estructura de un templete en cuyo interior se aloja el viril, elevado sobre un pie o astil. Después, se van complicando hasta convertirse en auténticas estructuras arquitectónicas, torres apiramidadas que, en algunos casos, mantuvieron el pie o astil y, en otros, se elevan directamente sobre un basamento (custodias de asiento). (...).”¹

Mientras que el término ostensorio se define como:

“Custodia, a menudo en metales nobles y piedras preciosas y más raramente en madera tallada y dorada, donde se aloja el viril que recoge la Sagrada Forma para su exposición en el interior de las iglesias o para ser conducida procesionalmente de la mano del sacerdote. Se puede rodear de diversos adornos, normalmente rayos solares o elementos vegetales terminados en finos remates. El sol u ostensorio se monta sobre un soporte o astil. Adquiere este nombre a partir del siglo XIV, cuando se difunde la costumbre de exponer la hostia consagrada a la vista de los fieles. En origen eran adaptaciones de otros objetos litúrgicos, como relicarios, por lo que también se conoce como ostensorio al que se utiliza para situar en él reliquias relativas a la Pasión de Jesús o de los santos, o «píxides», a los que se añadía un viril, casi siempre de oro, indispensable para sostener la partícula. En el

¹ TESAURUS DEL PATRIMONIO CULTURAL DE ESPAÑA. *Custodia*. [En línea]. <<https://tesauros.cultura.gob.es/tesauros/tesauros/alfabetico/c?tesauro=https%3A%2F%2Ftesauros.cultura.gob.es%2Ftesauros%2Fbienes culturales&termino=https%3A%2F%2Ftesauros.cultura.gob.es%2Ftesauros%2Fbienes culturales%2F1001167>> [Consulta: 11 abril 2024].

siglo XV se fijaron las formas propias del nuevo objeto litúrgico, con cuatro básicas: «de torre», «de disco», «de cruz» y «con figuras». Éstas, con el tiempo, sufrieron algunas variaciones que desembocaron en el ostensorio arquitectónico, de copa o radiado. (...).”²

Como se observa, ambas descripciones son muy similares y no se aprecia una clara diferencia. En general, el uso de custodia y ostensorio es indiscriminado, tratándolos como equivalentes. Es así en el caso de la Real Academia de la Lengua Española, donde también aceptan los términos sagrario y tabernáculo como sinónimos.³

Sin embargo, hay fuentes que sí hacen una distinción clara. En estos casos, el término custodia se refiere de forma más amplia a todo aquel recipiente contenedor de la Sagrada Hostia y se le compara con la píxide (pequeña caja donde se guarda el Santísimo Sacramento⁴), ya que no estrictamente debe ser visible su contenido. La custodia fue evolucionando a diversas formas, como las de asiento (mucho más monumentales) o las portátiles. Son estas últimas las que algunos autores denominan ostensorio, ya que su objetivo principal es mostrar (del latín *ostendĕre*⁵) la Hostia Consagrada. Los ostensorios usualmente cumplen la función de ser llevadas por el sacerdote en las procesiones, aunque también pueden ser expuestas en el interior de los templos cristianos.⁶

Por tanto, se puede considerar que, aunque tanto custodia como ostensorio son términos adecuados para denominar el objeto litúrgico que se está estudiando, el más apropiado sería ostensorio debido a que se trata de una custodia de pequeño tamaño, con un viril para mostrar la Sagrada Hostia y con las características adecuadas para poder ser transportada y mostrada en la procesión.

2.1.2. Partes de un ostensorio⁷

El ostensorio se divide en tres partes principales de arriba hacia abajo: el ostensorio, que es la zona radiante (a veces coronada por una cruz) con el viril y la hostia consagrada; el astil o fuste que es la zona que estructura la pieza y donde se encuentran el nudo y el gollete; y el pie, en el que se apoya con la peana y la base [Fig. 2].

² TESAURUS DEL PATRIMONIO CULTURAL DE ESPAÑA. *Ostensorio*. [En línea]. <<https://tesauros.cultura.gob.es/tesauros/bienes culturales/1011853.html>> [Consulta: 11 abril 2024].

³ RAE. *Custodia*. [En línea]. <<https://dle.rae.es/custodia>>. [Consulta: 11 abril 2024].

⁴ RAE. *Pixie* [En línea]. <<https://dle.rae.es/p%C3%ADxide>>. [Consulta: 11 abril 2024].

⁵ RAE. *Ostensorio*. [En línea]. <<https://dle.rae.es/ostensorio?m=form>>. [Consulta: 11 abril 2024].

⁶ SANZ, M^a. J. “La transformación de la custodia de torre desde los modelos góticos a los renacentistas”. 1992. *El arte español en épocas de transición*. Vol. 1 (1992), p. 135. ISBN 8477194289.

⁷ PÉREZ GRANDE, M. “La platería religiosa de la Real Fábrica de Martínez en el área castellana”. En: AYUNTAMIENTO DE MADRID. *El aragonés Antonio Martínez y su fábrica de platería en Madrid*. Madrid: Museo de Historia de Madrid, 2011 p. 173. ISBN: 978-84-96102-56-9.

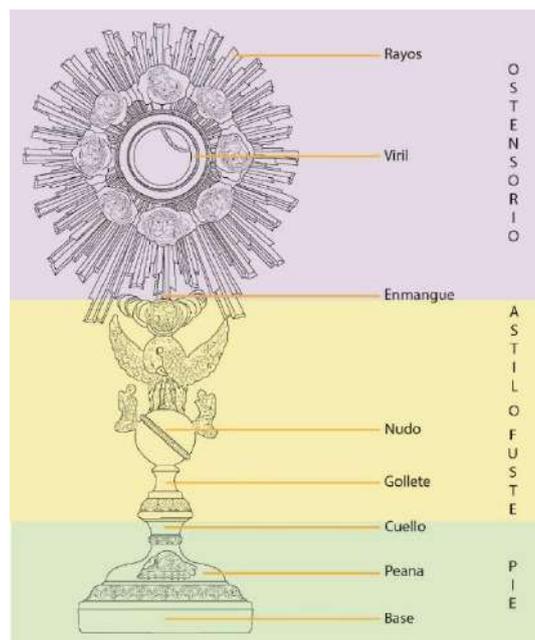


Figura 2. Esquema de las partes que componen un ostensorio. (Creado por Marta Gómez Sanabria)

2.2.El ostensorio BDV: 001027.00 del *Museu Episcopal de Vic*

2.2.1. Contexto

El ostensorio de plata con número de identificación BDV: 001027.00 forma parte de los bienes pertenecientes a l'*Església Parroquial de Sant Pere de Jorba* (Anoia), del *Bisbat de Vic*. Sin embargo, su ubicación actual es el depósito de Igualada, en l'*Església de Santa Maria d'Igualada*, ya que pertenece a la colección *Fulgentia*, dentro del proyecto *Accuro*.

El proyecto *Accuro* ("tener cuidado" en latín) nace en 1997 de la necesidad de agrupar, conservar y difundir el patrimonio diocesano de Cataluña. La gran producción de bienes culturales litúrgicos de las parroquias de Cataluña que se ha desarrollado a lo largo de los siglos ha creado en la actualidad un debate respecto a estos aspectos.⁸

Sus materiales constitutivos de gran duración, su valor como objeto de culto y su uso habitual los han hecho perdurar hasta la actualidad. Sin embargo, ha habido un gran número de robos y destrucción de patrimonio por la reutilización de los materiales al considerarse de gran valor.

No obstante, el volumen de bienes muebles que se conserva continúa siendo muy extenso. El panorama del siglo pasado era una gran desorganización y descontextualización de todas las piezas. Su seguridad, conservación e identificación estaba en manos de la voluntad de quien las tenía a su cargo, por lo que las casuísticas eran muy diversas y

⁸ FONTIMONTANYÀ, D. "*Fulgentia*: El Tresor de la Basílica de Santa Maria d'Igualada. Una instal·lació en el marc del projecte diocesà *Accuro*, de gestió dels béns mobles parroquials". [Documento inédito]. p. 1.

mientras que estos criterios se seguían en algunas iglesias, en otras los bienes litúrgicos se encontraban abandonados y en condiciones donde su seguridad y conservación peligraban.⁹

En este contexto, a finales de los años 80, se crea un programa para unificar e inventariar todo este patrimonio: el número IIC (Inventario de la Iglesia Católica) o IEC en catalán (*Inventari de l'Església Catòlica*) y se utiliza un modelo de ficha concreto. Nace del acuerdo entre el gobierno de España y la Conferencia Episcopal Española y se basa en realizar un inventario sistemático del patrimonio cultural de la Iglesia, organizado y coordinado por las autonomías.¹⁰

En el caso de Cataluña, quien llevó a cabo el trabajo fue *l'Institut Amatller d'Art Hispànic* en coordinación con la *Direcció General de Patrimoni Cultural de la Generalitat de Catalunya*. En el caso concreto del Obispado de Vic toma el proyecto como propio y comienza en el año 1994 a inventariar todos sus bienes parroquiales, siempre en coordinación con *l'Institut Amatller*.¹¹

En el año 1997 nace el proyecto *Accuro* tras evaluar las diversas problemáticas a las que se enfrentaban: gran cantidad de bienes (sobre todo orfebrería con un alto valor), mala conservación, mala organización administrativa, crecimiento del interés turístico para conocerlos, etc.

Los objetivos principales del proyecto son: el mantenimiento del valor del patrimonio; asegurar su conservación, seguridad y difusión; la actuación unitaria del decanato; y, por último, la coordinación entre el patrimonio cultural y pastoral de las parroquias.¹²

El resultado del proyecto fue el cumplimiento de los objetivos y la creación de pequeñas exposiciones de orfebrería. Es el caso de la colección *Fulgentia*, que se inauguró en 2008 en *l'Església de Santa Maria d'Igualada*.¹³ Es interesante observar cómo algunas de las piezas de esta colección tienen similitudes con el ostensorio BDV: 001027.00.

Se crearon dos espacios: una parte visitable en la galería izquierda del triforio de la iglesia y una no visitable (de reserva) cercana a la sacristía del templo, donde se guarda el ostensorio BDV: 001027.00 junto con otros bienes litúrgicos.¹⁴

La reserva de la iglesia se encuentra en la parte superior de la torre y no cumple correctamente su función al no estar pensada para ello. La temperatura y humedad son fluctuantes y la infraestructura no permite una climatización adecuada. Además, en el techo hay humedades que han provocado su disgregación. Estos fragmentos caen al suelo

⁹ FONT I MONTANYÀ, D. “*Fulgentia*: El Tesor de la Basílica de Santa Maria d'Igualada...” *op. cit.*, p. 1.

¹⁰ *Ibid.*, p. 2.

¹¹ *Ibid.*

¹² FONT I MONTANYÀ, D. “Accuro, conservar i oferir. Proposta de dinamització i intervenció en el patrimoni artístic i cultural parroquial”. *Taüll* (2004), Vol. 13, p. 25.

¹³ FONT I MONTANYÀ, D. “*Fulgentia*: El Tesor de la Basílica de Santa Maria d'Igualada...” *op. cit.*, p. 3.

¹⁴ *Ibid.*

pudiendo causar daños sobre las piezas y polvo. Por ello, gran parte de las obras que allí se conservan presentan corrosión, polvo y suciedad.¹⁵

Por tanto, aunque el proyecto *Accuro* y la colección *Fulgentia* han cumplido sus objetivos de reunir, contextualizar las piezas y mantenerlas en un lugar seguro, su conservación sigue siendo un objetivo a tratar. Tras la intervención del ostensorio se requiere hacer un embalaje correcto para mantenerlo de forma hermética en unas condiciones ambientales favorables para su conservación.

2.2.2. Identificación

La pieza es una custodia ostensorio de tipo sol de 1895 (s. XIX) procedente de *l'Església Parroquial de Sant Pere de Jorba*, Obispado de Vic. El autor y la fecha de creación de la pieza viene dado por la firma por incisión que aparece en la base: “Cayetano Zaccaro platero. 1895” [Fig. 3]. No se tiene registro ni información sobre este autor. Tampoco constan sellos de taller, aunque sí que hay algunas piezas del Obispado de Vic que concuerdan estilísticamente o tienen los mismos apliques decorativos.

A handwritten signature in cursive script that reads "Cayetano Zaccaro platero" followed by the year "1895" on a separate line. The signature is written in dark ink on a light background.

Figura 3. Calco de la firma del autor y el año de creación. (Creado por Marta Gómez Sanabria)

2.2.3. Materiales constitutivos

Las piezas estructurales son de aleación de cobre con un fino baño de plata (plata galvanizada) para darles resistencia y abaratar costes, ya que si no serían demasiado endebles para poder sostenerse estructuralmente. Solo las piezas radiantes son planchas de plata. Los apliques de los *putti* y el *Agnus Dei* son de latón (aleación de cobre y zinc). La plancha de la base es una aleación de zinc y cobre como posteriormente se explicará en los análisis físicoquímicos, posiblemente alpaca.

El alma es de madera en la base y en la esfera, y de hierro en el fuste y el ostensorio. Todos los elementos de la zona radiante van atornillados al alma de hierro, las partes del fuste van encajadas a través de ella, el alma de hierro va atornillada a la base de madera y está cerrada por una plancha con tornillos.

¹⁵ MUÑOZ PUJOL, J. *Plan de adecuación de la reserva de la Iglesia de Santa Maria d'Igualada. Fondo de orfebrería religiosa Fulgentia*. Tutora: Silvia Marín Ortega. Trabajo de Fin de Grado. Barcelona: Escola Superior de Conservació i Restauració de Béns Culturals de Catalunya, 2020. p. 25.

2.2.4. Descripción

Descripción estilística

La poca investigación existente sobre las custodias u ostensorios ha provocado que no se tenga una correcta catalogación. Son escasas las fuentes que hablan sobre las distintas tipologías de custodia u ostensorio y sus diferencias, y la escasa bibliografía que hay se centra en modelos hasta el siglo XVII aproximadamente.

Así pues, no se ha podido definir la pieza en ningún estilo o corriente más allá de considerarla un ostensorio radiante o tipo sol, ya que tiene un viril donde introducir la hostia y ésta está rodeada por unas decoraciones reproduciendo los rayos de sol. Esta tipología era muy común en la platería castellana de finales del s. XIX.¹⁶

Descripción formal

El ostensorio es de tipo sol. El viril se encuentra en el centro enmarcado por un círculo con dos cenefas de decoración geométrica, entre ellas una lisa las separa [Fig. 5]. El viril se puede extraer por el anverso, ya que consta de una puerta con un sistema de aguja con cadenilla para cerrarla y con una espiral para sostenerlo. Se encuentra rematado por una aureola de rayos y ocho parejas de cabezas de ángeles alados (*putti*) en dorado sobre nubes orientándose hacia él. [Fig. 11 y 12].

El fuste lo encabeza otra pareja de *putti* con tres círculos extendiéndose y elevándose a cada uno de sus lados, que reproducen una nube y ocultan el pie. Bajo esta decoración se encuentra el nudo en forma de esfera lisa y rodeándola en diagonal una fina cenefa de líneas diagonales en relieve. A sus lados dos ángeles alados en posición de oración sobre nubes y sobre ella un ave con las alas extendidas y con la cabeza dirigida a los tres polluelos a sus pies [Fig. 4]. El fuste continúa con un gollete que se extiende en los extremos y una cenefa cóncava con decoración vegetal [Fig. 6].

El pie ovalado con perfil a base de curvas convexas se redondea en la parte superior, moldurada por una fina decoración de motivos vegetales. Sobre el pie descansa el cordero de Dios. El pie termina con una moldura sinuosa con decoración de hojas y un zócalo elevado y liso [Fig. 6].

Descripción iconográfica

La zona radiante representa el Sol, un elemento muy asociado desde la antigüedad a las divinidades y a Dios en el cristianismo. Esta simbología se hace más evidente al tener como elemento central del sol la hostia consagrada [Fig. 11], que representa el cuerpo de Cristo.¹⁷

Se observan *putti* custodiando la hostia [Fig. 5], que es una representación de ángel muy común desde el Renacimiento italiano. El *putto* o *putti* en plural es un motivo ornamental de un ángel, pero con aspecto de bebé o niño pequeño desnudo y alado.¹⁸

¹⁶ SANZ, M^a. J. “La transformación de la custodia de torre desde los modelos góticos a los renacentistas”. 1992. *El arte español en épocas de transición*. Vol. 1 (1992), p. 133. ISBN 8477194289.

¹⁷ *Ibid.*, p. 134.

¹⁸ SAPERE. *Putto*. [En línea]. <<https://sapere.virgilio.it/parole/vocabolario/putto>>. [Consulta: 20 abril 2024].

Asimismo, la esfera representa la Tierra, ya que tiene marcada la línea del ecuador. Los ángeles a sus laterales están en posición de oración, debido a que sobre ella se encuentra un pelícano con tres crías, que simboliza la presencia de Cristo y la entrega de su vida por la humanidad [Fig. 4]. Su presencia también se observa en el pie de la pieza con el *Agnus Dei* [Fig. 6].



Figura 4. Detalle del fuste donde se observa el nudo con el ave y los ángeles en posición de oración. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 5. Detalle de los *putti* de la zona radiante donde también se observa la decoración del viril. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 6. Detalle del pie donde se observa la decoración y el *Agnus Dei*. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

2.2.5. Técnicas artísticas empleadas¹⁹

Las técnicas usadas para el tratamiento de los diversos metales son: fundición con molde, talla, forja, cincelado, puntillado²⁰, grabado y laminado²¹.

Todas las piezas están fundidas con molde, menos el alma de madera, que está tallada; y el alma de hierro, que está forjada. Las decoraciones vegetales del fuste y la base están realizadas con cincelado y puntillado. La firma se encuentra grabada en la base, que está laminada.

2.3. Casuística de los materiales constituyentes del ostensorio: la plata

La plata (Ag) es un metal muypreciado por sus características tanto físicas como químicas, pero también por su estética, lo que ha provocado que muchos de los bienes litúrgicos se hayan realizado con este material.

2.3.1. Propiedades de la plata

Propiedades de la plata ²²	
Símbolo químico	Ag
Número atómico	47
Valencia	1
Peso específico	10,4900
Dureza Mohs	2.5-3
Dureza Brinell	63
Densidad	10,5g/cm ³
Punto de fusión	960'5°C

Figura 7. Tabla sobre las propiedades de la plata. (ALSINA BENAVENTE, J. *La plata en el taller*. p. 59-60 / LENNETECH. *Plata – Ag*).

La plata es el metal más blanco de todos, tiene una gran reflexión y un gran brillo al pulirla. Es muy dúctil y maleable, y es el mayor conductor térmico y eléctrico.²³ Asimismo, tiene un efecto biocida.²⁴

La concentración de plata en la corteza terrestre es del 0,00001%²⁵ y esto, sumado al resto de sus características, lo convierte en un metal muy valioso. Se puede encontrar en

¹⁹ LLORENTE, J. L. *La joyería y sus técnicas*. Vol. 1. Barcelona: Paraninfo S.A., 1989. ISBN: 8428317089.

²⁰ MIFUÉLIZ VALCARLOS, I., “Platería: teoría y técnicas artísticas”. En: Ciclo de conferencias Artes Decorativas y Técnicas Artísticas (Navarra 13 de febrero de 2008). Navarra: Universidad de Navarra, 2008. Disponible en línea en: <<https://www.unav.edu/web/catedra-patrimonio/actividades/ciclos-y-conferencias/2008/plateria-teoria-y-tecnicas-artisticas>> [Consulta: 15 mayo 2024].

²¹ ALSINA BENAVENTE, J. *La plata en el taller*. Barcelona: Editorial Alsina, 1994, p. 175. ISBN:8487033049.

²² Propiedades generales. Pueden variar según el tipo de plata y la aleación.

²³ LENNETECH. *Plata – Ag*. [En línea]. <<https://www.lenntech.es/periodica/elementos/ag.htm#ixzz5hFDg8KNT>>. [Consulta: 25 abril 2024].

²⁴ ALSINA BENAVENTE, J. *La plata en el taller*. op. cit. p. 62.

²⁵ *Ibid.*, p. 35.

estado nativo, pero usualmente se haya en las formaciones minerales como la argentita, la pirarfitita o la proustita, aunque la más usual es la galena (mena mineral de plomo y plata).²⁶ La plata se separa de la mena para conseguir su forma pura en un proceso que ha ido evolucionando a lo largo de la historia hasta formas más refinadas. Actualmente se hace a través de fundiciones fluidas o medios químicos.²⁷

Se debe considerar que la plata fabricada siempre contiene algún porcentaje de impurezas. Principalmente suele formar aleaciones con cobre. La pureza de la plata se mide por cada parte de plata pura por cada 1000 partes del metal total. La plata de ley, por ejemplo, tiene una pureza del 999.²⁸

2.3.2. Plata galvanizada

Dadas las particularidades de la plata, esencialmente se trabaja de dos formas: como un recubrimiento y en aleación con otros metales para crear piezas estructurales y decorativas.

Las aleaciones principalmente se hacen para economizar en gastos, al usar una menor cantidad de plata, y para aumentar su dureza. Este es el caso de las aleaciones de plata y cobre, que le proporciona una apariencia lujosa, pero con un coste bajo.²⁹ El método más utilizado para los baños de plata en la época en la que se realizó el ostensorio es la galvanoplastia^{30 31}. Por lo que, aunque no haya documentación que lo confirme, se puede afirmar que se realizó siguiendo este método.

Propiedades físicas de la plata galvanizada	
Densidad	10.5
Dureza Brinell	De 60 a 130
Calor específico	0.055
Reflectividad pulida	90%
Resistencia eléctrica	1.47 micro ohm/cm ³
Punto de fusión	901°C

Figura 8. Tabla de las propiedades físicas de la plata galvanizada (ALSINA BENAVENTE, J. *Los metales en la joyería moderna*. Barcelona: Mundial de Acuñaciones S.A., 1986, p. 110. ISBN:8439865031.)

Con el paso del tiempo ambos metales acaban corroyéndose y dando un resultado poco estético y muy alejado del aspecto original, que acaba provocando limpiezas abrasivas y/o el abandono de la pieza. El cobre, que en un principio no es apreciable y se encuentra por debajo de la capa de plata, acaba surgiendo a la vista cuando este recubrimiento

²⁶ ALSINA BENAVENTE, J. *La plata en el taller. op. cit.*, p. 36.

²⁷ *Ibid.*, p. 41.

²⁸ LENNTECH. *op. cit.*

²⁹ COSTA, V. "The deterioration of silver alloys and some aspects of their conservation". *Studies in Conservation*. Vol. 46 (2001). p. 19. ISSN: 0039-3630.

³⁰ *Ibid.*

³¹ Galvanoplastia: proceso por el cual se recubre un metal con otro metal gracias a la electrólisis. Gracias a ello se pueden cambiar las propiedades superficiales de la pieza, como por ejemplo su estética, su resistencia al rayado o a la corrosión. (ALSINA BENAVENTE, J. *Acabados para plata*. Barcelona: Editorial Alsina, 1995. p. 143. ISBN: 8487033067.)

desaparece. Al corroerse debido a las condiciones medioambientales, da lugar a un aspecto de tonalidades rojizas, doradas y ocre, además de matizar la pieza.

Aunque el ostensorio BDV: 001027.00 tenga tanto plata pura como galvanizada con cobre, este trabajo se centrará en estudiar las particularidades de la plata, sus alteraciones y los diversos métodos para su eliminación.

2.3.3. Factores de alteración³²

Los factores de alteración se pueden dividir en intrínsecos y extrínsecos.

Factores intrínsecos

La plata tiene una conservación favorable, ya que es un metal noble y no tiene una gran actividad química.

Uno de sus mayores factores de alteración es su composición, porque la plata es muy estable, pero los elementos de la aleación no lo son. Estos metales acaban corroyéndose y alterando el aspecto y estabilidad de la pieza.

Por otro lado, los defectos por su fabricación y su uso pueden provocar rugosidad, porosidad, defectos, fracturas, deformaciones, etc.

Factores extrínsecos

El factor de alteración extrínseco más importante de la plata son las condiciones ambientales, más concretamente el azufre que está presente en el hidrógeno ambiental junto con el agua y/o la humedad, que acaban provocando sulfuro de plata (I).

La plata no se oxida con facilidad, aunque sí que reacciona al azufre y al sulfuro de hidrógeno creando sulfuro de plata. Tampoco reacciona con ácidos diluidos no oxidantes (ácido clorhídrico o sulfúrico) ni con bases fuertes (hidróxido de sodio).³³ Su rango de seguridad de pH es 6-8, aunque es muy estable en todos los pH.³⁴ Los ácidos oxidantes como el ácido nítrico o el ácido sulfúrico concentrado sí que reaccionan con la plata y forman el ion positivo de plata (Ag^+).³⁵

Otros factores son las sales insolubles de subsuelo que provocan costras carbonáticas difíciles de eliminar si se tratara de una pieza arqueológica. Asimismo, el ataque biológico de la bacteria *Desulfovibrio desulfuricans* que transforma el sulfato del subsuelo en sulfuro en ambientes anaerobios marinos y terrestres. Por último, los compuestos orgánicos volátiles de la madera (VOC) son perjudiciales para todos los metales.³⁶

³² MARÍN ORTEGA, S. “Or i plata: propietats, factors i productes de corrosió. Examen i diagnòstic”. Dossier teòric Teoría y práctica de la conservación y restauración de bienes arqueológicos I. ESCRBC (2022) Barcelona. [Consulta: 14 marzo 2024]. Diapositivas 29-30.

³³ LENNETECH. *op. cit.*

³⁴ MARÍN ORTEGA, S. “Or i plata: propietats, factors i productes de corrosió. Examen i diagnòstic...”. *op. cit.*

³⁵ LENNETECH. *op. cit.*

³⁶ MARÍN ORTEGA, S. “Or i plata: propietats, factors i productes de corrosió. Examen i diagnòstic...”. *op. cit.* Diapositiva 30.

2.3.4. Productos de corrosión³⁷

La plata, al igual que el resto de los metales, tiene diversos productos de corrosión que se manifiestan de varias formas.

Muchos de estos productos de corrosión vienen dados por la aleación de la plata con otro metal, principalmente el cobre. Es el caso de los carbonatos y óxidos que se pueden encontrar en las piezas. Los carbonatos de cobre (hidroxicarbonato de cobre (II)) tienen un color verde oscuro y se forman en el subsuelo, mientras que los óxidos de cobre (I) tienen un color anaranjado o morado oscuro casi negro.

Por otro lado, la plata se puede corroer formando cloruros de plata, con un aspecto blanco, gris o amarillento. Aparece en medios terrestres y subacuáticos por el contacto de la plata con iones cloruro en condiciones húmedas.

Asimismo, se puede corroer formando carbonato de plata (I) de color gris blanquecino o amarillento y que se puede combinar con los carbonatos de cobre o el carbonato cálcico del subsuelo o del medio subacuático.

Sin embargo, la corrosión principal de la plata y la que se observa en el ostensorio BDV: 001027.00 es sulfuro de plata (I), también llamado argentita (Ag_2S) y en inglés conocida como *tarnishing*. Sucede por la exposición de la plata a la atmósfera y provoca corrosión en forma de un fino recubrimiento muy adherido y compacto de color negro, aunque puede tener matices dorados y ocre. La corrosión se ocasiona de forma rápida y puede disminuir la velocidad conforme se va creando una película estable.³⁸ El sulfuro de plata no lleva a la destrucción de la pieza ni a la distorsión de la decoración, a menos que ésta se encuentre en ambientes muy agresivos o tenga siglos de antigüedad. Sin embargo, crea un efecto antiestético sobre ella (cambio de color, matificación y distorsión del brillo) y dificulta su lectura.³⁹

El sulfuro de plata se crea debido a los gases reducidos de azufre (H_2S) y los compuestos orgánicos de azufre (carbonil y dimetildisulfuro, que al descomponerse con la humedad forman H_2S)⁴⁰ que hay en la atmósfera debido a la contaminación, sobre todo a procesos de combustión.⁴¹

La plata es un metal muy estable, pero no lo es tanto su superficie, ya que sus átomos tienen una alta capacidad de captar el oxígeno del aire. Se crea una película fina e irregular de oxígeno, que reacciona con las moléculas de azufre (H_2S) ambientales. Este azufre sustituye al oxígeno y se enlaza con la plata creando sulfuro de plata (Ag_2S) y una molécula de agua (H_2O). Por tanto, la presencia de humedad acelera el proceso, al igual que otros componentes (Cl^- , NO_2 , etc.).⁴²

³⁷ MARÍN ORTEGA, S. “Or i plata: propietats, factors i productes de corrosió. Examen i diagnòstic...”. *op. cit.*, diapositivas 33-47.

³⁸ COSTA, V. *op. cit.* p. 27.

³⁹ *Ibid.*

⁴⁰ BARRERA, M. [et. al.] “Limpieza de unas monedas de plata de la época de Felipe V y Carlos IV”. En: *MetalEspaña 2015. II Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico* (Segovia, del 1 al 3 de octubre de 2015), Segovia: Real Casa de Moneda, 2015, p. 180.

⁴¹ COSTA, V. *op. cit.* p. 27.

⁴² *Ibid.*, p. 28.

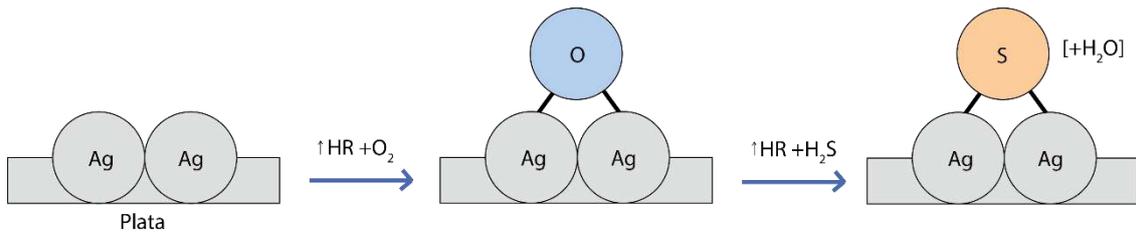


Figura 9. Ilustración del proceso de sulfuración de la plata. (Creado por Marta Gómez Sanabria)

Esta corrosión no siempre es considerada negativa, ya que crea una pátina que protege al metal de futuras alteraciones. Incluso en joyería existen técnicas para desarrollarla de manera artificial (por ejemplo, el *niel* o el *argent noir*)⁴³. No obstante, en los bienes litúrgicos este aspecto indeseado conlleva la pérdida de su valor y, en muchos casos, de su funcionalidad y abandono.

2.4. Métodos tradicionales de limpieza de plata

Dadas las características de la plata, a lo largo de la historia se han empleado diversos métodos para poder eliminar su corrosión. Al ser un metal con una corrosión muy estable, las limpiezas se han orientado principalmente a la acción mecánica y la electroquímica.

Dentro de la joyería existe un gran número de formas tradicionales de limpieza de plata. Sin embargo, se hará un breve recorrido por los métodos principales que se han llevado a cabo en la restauración: limpieza mecánica (uso de limpia platos, bicarbonato sódico y otros abrasivos), soluciones ácidas (tiourea y ácido fórmico), y limpieza electroquímica con diversos electrolitos (los más comunes son bicarbonato sódico e hidróxido de potasio o potasa cáustica).⁴⁴

2.4.1. Procedimiento mecánico

La limpieza mecánica de la plata se basa en eliminar la corrosión con abrasivos y paños de pulir. Provoca una pulimentación de la superficie que comporta pérdida de material, ya que la plata es un metal muy blando y se ralla con gran facilidad.⁴⁵

El abrasivo más común es el bicarbonato sódico, pero en joyería son variados los métodos que se emplean: microtorno con cabezales diversos (usualmente usados en joyería para pulir y dar brillo a la plata), pastas y ceras de pulido, yeso, etc.⁴⁶ La gran problemática que conllevan los abrasivos es que rallan la superficie y dejan un residuo difícil de eliminar que con el paso del tiempo puede alterar la pieza.

⁴³ CONTRERAS VARGAS, J.; TAPIA LÓPEZ, M^a DEL PILAR. “Conservación de bienes culturales facturados en plata”. En: *La plata en Iberoamérica, siglos XVI al XIX. Congreso internacional (México, enero de 2008)*. México D.F., 2008, p. 628.

⁴⁴ MARÍN ORTEGA, S. “Or i plata: tractaments propostes de neteja i tractaments diversos”. Dossier teórico Teoría y práctica de la conservación y restauración de bienes arqueológicos I. ESCRBCC (2022) Barcelona. [Consulta: 14 marzo 2024].

⁴⁵ CONTRERAS VARGAS, J.; TAPIA LÓPEZ, M^a DEL PILAR. *op. cit.*, p. 631.

⁴⁶ ALSINA BENAVENTE, J. *Acabados para plata. op. cit.*, p. 97.

En las últimas décadas se ha popularizado el uso de limpiadores industriales. Su composición en muchos casos es desconocida y, al igual que en el caso anterior y como se puede observar en la pieza, dejan grandes residuos.⁴⁷ Entre sus componentes tienen partículas grandes y aristadas que la rayan, amoníaco y grasas que acaban acidificándose.⁴⁸

Aunque la plata no reaccione con los depósitos de los limpiadores, sí que lo pueden hacer las aleaciones de plata, como posteriormente se verá en el examen organoléptico.

2.4.2. Soluciones ácidas

Dentro de las soluciones ácidas los ácidos más utilizados son la tiourea y el ácido fórmico. La tiourea es un quelante que ha sido altamente empleado en restauración para la limpieza de plata por su rápida y gran efectividad. Tradicionalmente se ha usado el ácido clorhídrico para acidificar la solución, pero provoca que tenga siempre pH 0.⁴⁹

En los últimos años se ha estudiado el efecto de la tiourea en la plata y se han comprobado sus efectos negativos para el metal. El compuesto reacciona con la plata creando sulfuro de hidrógeno, que con la humedad provoca ácido sulfhídrico y, por tanto, corroe tanto la plata como el cobre que pueda contener.⁵⁰

Por otro lado, el ácido fórmico (10-15% en agua desionizada) elimina el sulfuro de plata sin atacar a la plata. El ácido forma en la superficie un formiato de plata y con el calor éste se transforma en plata metálica y CO₂. Tras la limpieza se debe enjuagar meticulosamente la pieza con agua desionizada.⁵¹

2.4.3. Limpieza electroquímica

Es uno de los métodos más empleados para la limpieza del sulfuro de plata por su gran efectividad. Consiste en eliminar el sulfuro de plata gracias a la reducción electroquímica. Se forma pila galvánica por la asociación en una solución electrolítica de dos metales de diferente actividad química (plata y aluminio). Para ello se colocan las piezas de plata en un recipiente con aluminio y una solución iónica conductora (electrolito); generalmente se emplea papel de aluminio para recubrirlo.

La solución química hace de conductora para que los productos de corrosión de la plata (cátodo) se reduzcan y vuelva a su estado metálico (recupera los electrones perdidos)⁵², mientras que el azufre (ánodo) migra al aluminio haciendo que se oxide (reacción de reducción-oxidación).⁵³

⁴⁷ BARRERA, M. [et. al.] *op. cit.*, p. 180.

⁴⁸ CONTRERAS VARGAS, J.; TAPIA LÓPEZ, M^a DEL PILAR. *op. cit.*, p. 631.

⁴⁹ CONTRERAS VARGAS, J. “El camino de la fórmula: el caso del uso de tiourea para limpieza de plata”. Intervención: Revista de Conservación, Restauración y Museología. Vol. 1 (2010), p. 47. ISSN: 2007-249X. Disponible en línea en: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4947378>> [Consulta: 25 abril 2024].

⁵⁰ *Ibid.*

⁵¹ MARÍN ORTEGA, S. “Or i plata: tractaments propostes de neteja i tractaments diversos...”. *op. cit.* Diapositiva 13.

⁵² CONTRERAS VARGAS, J.; TAPIA LÓPEZ, M^a DEL PILAR. *op. cit.* p. 632.

⁵³ MARÍN ORTEGA, S. “Or i plata: tractaments propostes de neteja i tractaments diversos...”. *op. cit.* Diapositiva 18.



Figura 10. Reacción oxidación-reducción sulfuro de plata y aluminio. (Creado por Marta Gómez Sanabria)

La solución puede estar formada por varios electrolitos. Principalmente se usa potasa cáustica (25% en agua desionizada) o bicarbonato sódico (10% en agua desionizada) por inmersión y con calor (60-80°C aproximadamente) para acelerar la reacción.⁵⁴

La solución debe tener una alta conductividad para que sea más efectiva. Tras este procedimiento se debe enjuagar la pieza con agua desionizada para eliminar cualquier residuo.⁵⁵

Dentro de este método también existe la limpieza electrolítica, donde se le añade corriente eléctrica para controlar con mayor facilidad los límites del tratamiento.⁵⁶

2.5. Métodos actuales de limpieza de plata. La aplicación de la limpieza acuosa controlada

La limpieza acuosa controlada es un método que combina la limpieza con agua físicoquímica gracias al uso de *buffers*. Una solución tampón o *buffer* se basa en la mezcla de un ácido y una base para crear una solución con un pH y una conductividad estables. Gracias al *buffer* se puede controlar la acción soluble e ionizante del agua para trabajar siempre dentro del rango de seguridad del material⁵⁷ (pH 7.5-10.5 para metales⁵⁸).

Este método lo desarrolló Richard Wolbers para la limpieza acuosa de capas pictóricas. Se basó en crear un procedimiento selectivo y singular para cada material que se desease eliminar, pero teniendo en cuenta la seguridad de la obra y su mínima intervención.⁵⁹

Los *buffers* están caracterizados por su pK, que es el pH de la solución acuosa y su punto medio de ionización, lo que quiere decir que el 50% del ácido o base son iones y el 50% son moléculas y, por tanto, están en equilibrio.⁶⁰ A esta solución tampón se le pueden añadir geles para controlar el grado de humectación, penetrabilidad y la zona de contacto.

⁵⁴ MARÍN ORTEGA, S. “Or i plata: tractaments propostes de neteja i tractaments diversos...”. *op. cit.* Diapositiva 18.

⁵⁵ CONTRERAS VARGAS, J.; TAPIA LÓPEZ, M^a DEL PILAR. *op. cit.*

⁵⁶ CONTRERAS VARGAS, J.; TAPIA LÓPEZ, M^a DEL PILAR. *op. cit.*, p. 633.

⁵⁷ MARÍN ORTEGA, S. “Sistemes de neteja: mètode aquós. *Buffers*, quelants, gels, emulsions i materials silicònics”. Dossier teórico Teoría y práctica de la conservación y restauración de bienes arqueológicos I. ESCRBC (2022) Barcelona. [Consulta: 7 marzo 2024]. Diapositivas 1-27.

⁵⁸ MARÍN ORTEGA, S. “Resum actuacions de neteja aquosa”. Dossier teórico Teoría y práctica de la conservación y restauración de bienes arqueológicos I. ESCRBC (2022) Barcelona. [Consulta: 10 marzo 2024]. p. 1.

⁵⁹ STAVROUDIS, C. [*et. al.*]. “A New Approach to Cleaning I: Using Mixtures of Concentrated Stock Solutions and a Database to Arrive at an Optimal Aqueous Cleaning System”. WAAC Newsletter [Santa Barbara] (Mayo 2005), num. 2, p. 17-28. Disponible en línea en: <https://www.academia.edu/68345850/A_Novel_Approach_to_Cleaning_I_Using_Mixtures_of_Concentrated_Stock_Solutions_and_a_Database_to_Arrive_at_an_Optimal_Aqueous_Cleaning_System>

[Consulta: 15 abril 2024]. p. 18.

⁶⁰ *Ibid.*

Asimismo, también se le puede agregar un quelante, que es un compuesto que contiene grupos funcionales (OH-) que pueden actuar como donadores de electrones para los iones metálicos.⁶¹

Los quelantes son moléculas que pueden hacer enlaces con iones metálicos con dos o tres cargas positivas (bi y tri-valentes), convirtiendo en solubles sales insolubles, siempre que tengan estos iones metálicos.⁶²

La efectividad del quelante depende del pH de la solución, cuanto más alcalino más ionizan y, por tanto, más quela. A partir de pH 8.5 se crean más iones hidróxidos (grupos OH-) y bajan los cationes hidrógeno (H+), por lo que se forman más hidróxidos de los que el quelante pueden secuestrar.⁶³

Por tanto, cuanto más alto sea el pK más actuará. Se considera que a partir de pK3 el quelante comienza a poder quelar.⁶⁴ Sin embargo, hay que tener en cuenta el pK_{sp} de cada sustancia, que es un valor que determina su grado de solubilidad (cuanto más alto, más insoluble). El pK_f (constante de formación, preferencia de un quelante por un ion metálico) debe ser superior al pK_{sp} de la sustancia que se quiera eliminar.⁶⁵

La profesora de la ESCRBC y conservadora y restauradora Silvia Marín ha adaptado este método para aplicarlo en los bienes arqueológicos. Gracias a sus investigaciones, actualmente con el uso de *buffers* y quelantes se puede eliminar la corrosión de los metales de forma selectiva, estratigráfica y segura.

En la plata con este método se pueden eliminar los carbonatos y cloruros de plata y la corrosión del cobre (aleaciones), pero todavía no se ha conseguido eliminar el sulfuro de plata al ser muy insoluble. El sulfuro de plata (Ag₂S) tiene un pK_{sp} aproximado de 50⁶⁶ mientras que los quelantes que actualmente ha investigado su valor numérico de pK_{stab} es máximo de 13.1 (Tiourea). [Anexo 6.1.].

Por tanto, este método es el más adecuado para la eliminación de la corrosión de los metales. En el caso de la plata abre un camino de investigación para conocer nuevos quelantes y sistemas para poder llevar a cabo la eliminación del sulfuro de plata con este método.

⁶¹ WOLBERS, R. *Cleaning painted surfaces: Aqueous methods*. London: Archetype. Publications, 2000. ISBN: 9781873132364. p. 109.

⁶² CREMONESI, P. “Reflexions sobre la neteja de les superfícies policromades”. *Unicum*, núm. 8 (mayo de 2009), p. 55. ISSN 1579-3613.

⁶³ MARÍN ORTEGA, S. “Sistemes de neteja: mètode aquós...”. *op. cit.* Diapositivas 45-46.

⁶⁴ MARÍN ORTEGA, S., “Nueva metodología para la eliminación de la corrosión en patrimonio metálico arqueológico: buffers, quelantes, geles y emulsiones”. En: *MetalEspaña 2020/2021. III Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico (Online)*, del 22 al 24 de abril de 2021; Sede virtual, 2021, p. 83. DOI: <<https://doi.org/10.15366/ane2022.6.008>> [Consulta: 15 mayo 2024].

⁶⁵ *Ibid.*

⁶⁶ pK_{sp} sulfuro de plata: 48.67/49.2/50.22/51.02 (MARÍN ORTEGA, S. “Or i plata: tractaments...”. *op. cit.*, diapositiva 11).

2.6. Introducción a la fotogrametría⁶⁷

La fotogrametría es una herramienta de documentación que sirve para crear modelos 3D de forma sencilla y económica. En las últimas décadas se ha comenzado a emplear cada vez con más frecuencia en el ámbito del patrimonio para documentar, reproducir, investigar y crear soportes o montajes expositivos.

La fotogrametría se trata de la creación de un modelo tridimensional gracias a la realización de fotografías. Estas imágenes se toman a todas las partes de la pieza y luego se introducen en un programa (por ejemplo, *Agisoft Metashape*) que las analiza y crea el modelo. Su calidad dependerá de varios factores, como la cantidad de fotografías, el material empleado (cámara, objetivo, plató, etc.), los parámetros con los que se ha desarrollado el modelo, etc.

La creación del modelo 3D tiene infinidad de aplicaciones en el ámbito de la conservación y restauración. Es una herramienta de estudio y divulgación que permite la investigación y visualización del bien sin necesidad de manipularlo (por ejemplo, con la creación de museos virtuales). También se pueden crear soportes y montajes expositivos gracias a la combinación del modelo con otros programas de edición e impresión 3D, así se pueden conseguir soportes y/o reintegraciones que no sean invasivas para la pieza. En el ámbito de la cartografía y la arqueología la fotogrametría ha sido ampliamente usada, ya que a partir del modelo 3D se pueden crear planos, ortofotos, dibujos o, en el caso de la conservación y restauración, mapas de alteraciones.

Sin embargo, esta técnica tiene sus limitaciones. La fotogrametría es incapaz de leer de forma correcta los objetos brillantes y transparentes, por lo que presenta problemas al usarla en el caso de bienes como el ostensorio. Esta técnica está en constante evolución y en los últimos años se han desarrollado programas como NeRF 3D (*Neural Radiance Field 3D*) que combina la fotogrametría con la inteligencia artificial para crear un modelo 3D completo. Se digitaliza la pieza gracias a la fotogrametría y después la IA corrige y rellena los errores y lagunas del modelo.⁶⁸

Esta técnica es una gran evolución al corregir las limitaciones de la fotogrametría, pero también abre el debate de si es ético usarla en patrimonio al obtener como resultado una reproducción que no es completamente fidedigna con la realidad. Se debe considerar en estos casos si es más apropiado realizar una fotogrametría y posteriormente retocarla con algún programa de modelado 3D o emplear la Inteligencia Artificial, ya que en ambos casos no se obtiene una reproducción rigurosa.

⁶⁷ BARBERÀ GINÉ, A. “Fotogrametria per a la conservació-restauració de béns culturals”. *Unicum* (2018), Núm. 17, p. 57-76.

⁶⁸ EVERGINE. *NeRF 3D: inteligencia artificial para crear videos de gran realismo*. [En línea] <<https://evergine.com/es/nerf-3d/>> [Consulta: 30 abril 2024].

3. BLOQUE PRÁCTICO

3.1. Fotografías iniciales



Figura 11. Fotografía inicial anverso. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 12. Fotografía inicial anverso. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

3.2. Examen organoléptico

3.2.1. Alteración del soporte

El estado de conservación es regular, debido sobre todo a la corrosión del metal, que dificulta la lectura del ostensorio.

Presenta corrosión por toda la pieza. Más concretamente, las piezas de plata y las que están bañadas en ella tienen sulfuro de plata (posiblemente argentita) que le proporcionan una tonalidad negra y cobriza. Se observa que el sulfuro en las piezas con baño de plata ha provocado su parcial desaparición y deja a la vista la aleación de base. [Fig. 11 y 12].

Las piezas con aleación de cobre presentan óxidos de cobre (posiblemente cuprita) que provoca una tonalidad dorada y/o rojiza debido a la pérdida del baño de plata. Por tanto, muchas de estas piezas ya no conservan su apariencia de plata, sino que tiene un acabado con tonalidades negras y plateadas por la plata alterada, y doradas y rojizas por el cobre corroído [Fig. 11 y 12].

Tanto en el ave como en las piezas de latón se observan carbonatos de cobre (posiblemente calconatronita, auricalcita o rosasita) probablemente provocados por los restos de los productos empleados en las anteriores limpiezas, ya que mucha de esta corrosión se encontraba bajo la capa de limpia platos que había quedado en las hendiduras de las piezas.

El alma de hierro también se encuentra corroída, ya que presenta una capa homogénea de óxidos de hierro (magnetita). Asimismo, también se observan óxidos e hidróxidos de hierro (posiblemente hematitas rojas, goetita y limonita) de forma puntual [Fig. 13 y 14].

Por otro lado, se observa una deformación del soporte, sobre todo en la zona radiante del ostensorio [Fig. 13], donde la plata se ha curvado y algunos extremos se han doblado. El pie tiene pequeñas grietas en la zona del *Agnus Dei*.

El ostensorio está rallado en algunas zonas, seguramente por la acción mecánica que realizarían al limpiarla [Fig. 22]. Se aprecia la ausencia de los vidrios donde se colocaría la hostia consagrada y una ausencia matérica en uno de los extremos de la nube del fuste. Los apliques de latón se encuentran en su mayoría desatornillados, lo que causa que muchos no estén en la posición correcta [Fig. 20].



Figura 13. Fotografía alma de hierro. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 14. Fotografía alteraciones alma de hierro. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 15. Fotografía deformación del soporte en la zona radiante. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

3.2.2. *Depósitos superficiales*

El ostensorio presenta sales, restos cerosos, polvo y suciedad superficial. Se observan sales blanquecinas por todas las hendiduras y bajo las piezas producto probablemente de algún limpia platos [Fig. 23, 27, 28 y 29]. En las zonas menos expuestas estos residuos tienen una coloración azul y rosa pastel [Fig. 23].

Los restos cerosos que conserva son debido al limpia platos y a haber estado en un entorno litúrgico donde es común el uso de velas que pueden provocar hollín, que se adhiere sobre la pieza y crea una película en su superficie.

Por último, presenta polvo y suciedad superficial al haber estado almacenada sin protección. También se encontró el exoesqueleto de una araña en el interior [Fig. 25].

3.2.3. *Elementos añadidos*

La pieza se encuentra siglada en la base con rotulador de tinta indeleble con el número de inventario del museo: BdV 1023.

3.3. Mapas de alteraciones

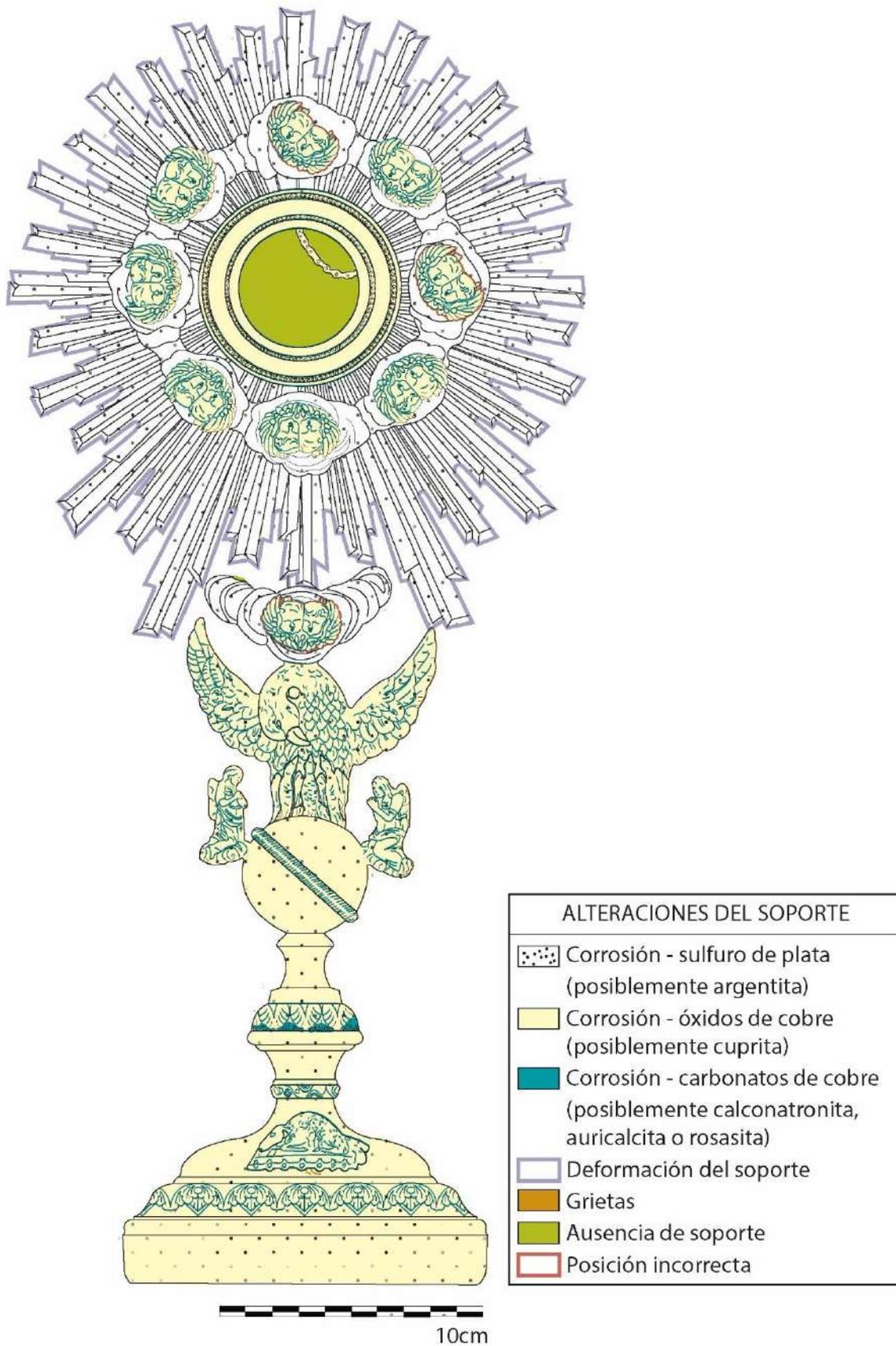


Figura 16. Mapa de alteraciones del soporte del anverso. (Creado por Marta Gómez Sanabria)

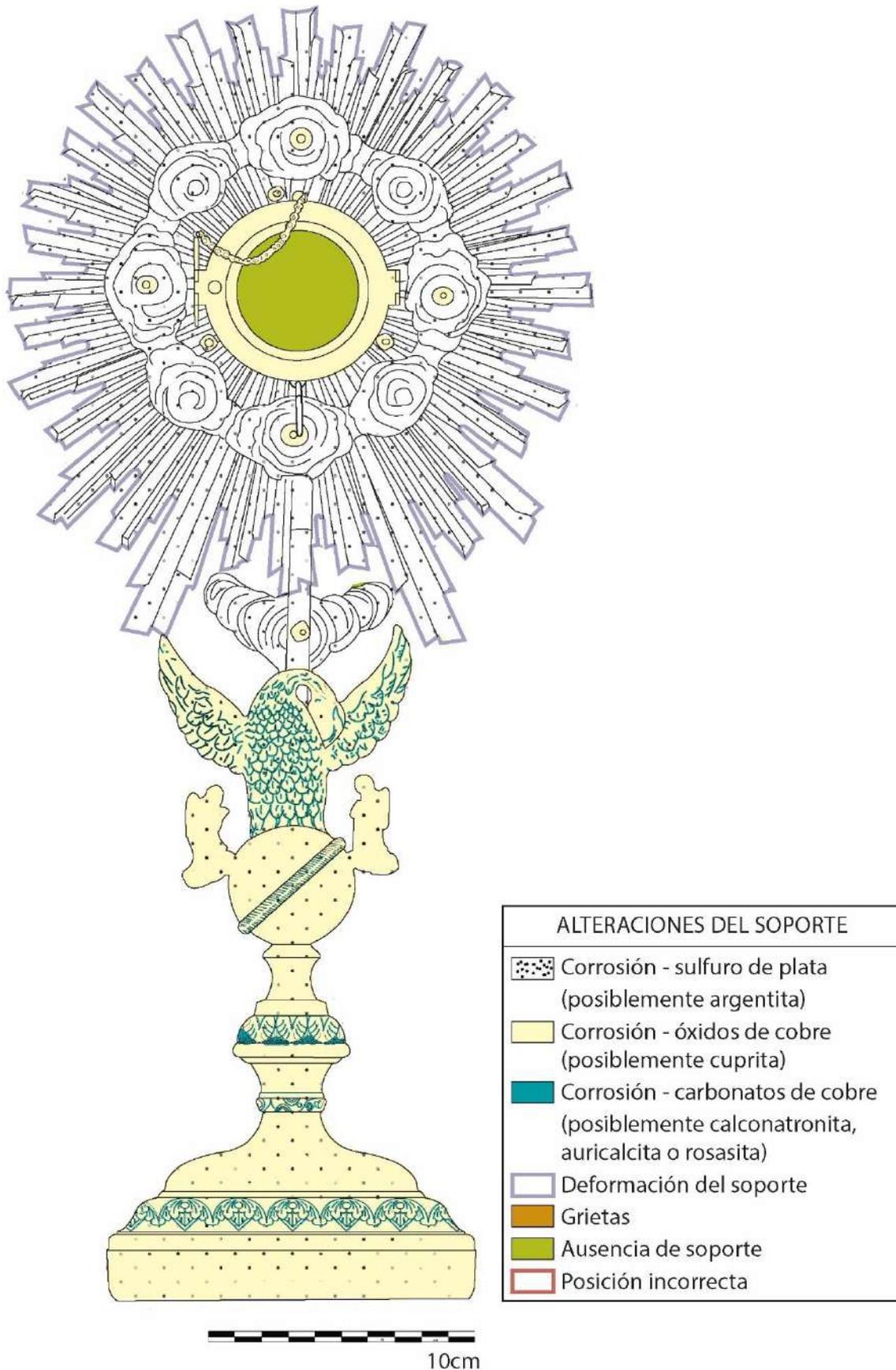


Figura 17. Mapa de alteraciones del soporte del reverso. (Creado por Marta Gómez Sanabria)



Figura 18. Mapa de los depósitos superficiales del anverso. (Creado por Marta Gómez Sanabria)



Figura 19. Mapa de los depósitos superficiales del reverso. (Creado por Marta Gómez Sanabria)

3.4. Análisis fisicoquímicos

Se han realizado varios análisis fisicoquímicos para determinar el estado de conservación del ostensorio y sus alteraciones: macroscopía, luz UV, conductividad, pH y tres análisis con reactivos para caracterizar los metales de los que está compuesta la base del ostensorio.

3.4.1. Macroscopía

Se han observado a través de la macroscopía los detalles del ostensorio usando un objetivo macro, el microscopio digital Dino-Lite® y la lupa binocular, que permiten contemplar detalles o alteraciones del metal que a simple vista no se pueden percibir.

Gracias a la macroscopía se pudieron conocer más en profundidad los daños que tenía la pieza y su estado de conservación.

Algunas de las características que se han podido contemplar más en profundidad son: los detalles decorativos [Fig. 20 y 21], la corrosión de los metales [Fig. 22], los depósitos superficiales [Fig. 23, 24 y 25] y los daños mecánicos [Fig. 22].



Figura 20. Fotografía con objetivo macro donde se observa uno de los apliques de latón en posición incorrecta. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 21. Fotografía con objetivo macro donde se observan los detalles del pelícano. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 22. Fotografía con Dino-Lite® donde se observa la corrosión de la plata y las ralladuras por acción mecánica. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 23. Fotografía con Dino-Lite® donde se observan los depósitos del limpia platos. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

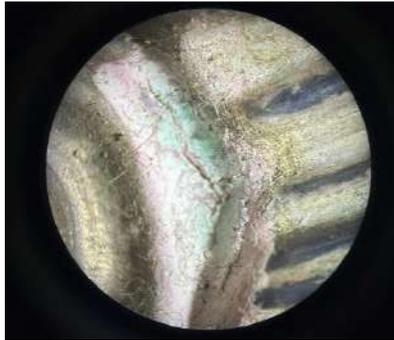


Figura 24. Fotografía con lupa binocular donde se observan los restos de limpia platas junto con fibras del paño que usarían para la limpieza. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 25. Fotografía con lupa binocular donde se observa el exoesqueleto de una araña. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

3.4.2. Luz UV

Se observó la reacción de los materiales a la luz ultravioleta para así poder determinar si hay algún material adherido a ella (resinas, barnices, etc.) y hacer una hipótesis sobre cuál es.

Tras exponer la pieza a la luz ultravioleta (315 nm – 440 nm), se ha observado que las zonas donde se conservan depósitos de limpia platas han reaccionado dando una fluorescencia de color azul-verdoso pastel [Fig. 26, 27, 28 y 29].



Figura 26. Fotografía general con luz ultravioleta. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 27. Fotografía de uno de los apliques de *putti* con luz UV donde se observa la fluorescencia de los depósitos de limpia platas. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figuras 28 y 29. Fotografías de la zona radiante con luz UV donde se observa la fluorescencia de los depósitos de limpia platas. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

3.4.3. Fotogrametría y digitalización 3D

Se realizaron dos fotogrametrías y su posterior digitalización en un modelo 3D usando una cámara réflex y el programa *Agisoft Metashape* para procesar la fotogrametría.

La primera de ellas es una prueba para conocer cuáles son los problemas y el resultado con una pieza metálica. El modelo 3D surgió con varios desperfectos, sobre todo en la zona radiante donde analizó el fondo como parte del ostensorio. Asimismo, la textura de la obra es de un color más oscuro que en la realidad. Las zonas con más brillo no las llegó a leer y se observan como lagunas en la pieza [Fig. 30].

La segunda fotogrametría se realizó aplicando ciclododecano en *spray* a las zonas con más brillo. El ciclododecano es un producto inerte y que sublima con el paso del tiempo, por lo que no afectó a la pieza y no dejó residuos sobre ella. En este caso, el modelo 3D también tuvo lagunas, sobre todo en la zona radiante y en el gollete, que desapareció casi por completo. La textura del modelo es más fiel a la pieza, pero hay una pérdida considerable al tener sobre ella el ciclododecano, por lo que habría que retocarla con algún programa de diseño 3D para devolverle el brillo y color de la plata. Con ello, el objetivo de la fotogrametría (una reproducción digital fidedigna del original) no se cumpliría [Fig. 32].

Gracias a las fotogrametrías se pudieron realizar dos ortofotos de las piezas, por lo que no se observan deformaciones de imagen. Asimismo, se creó un código QR para poder observar el modelo 3D desde cualquier dispositivo.⁶⁹

⁶⁹ Para poder interactuar con los modelos 3D visitar:

Para la fotogrametría n° 1: <<https://poly.cam/capture/c7aadeb7-6c3f-4ffd-8724-858a49f0957c>>.

Para la fotogrametría n° 2: <<https://poly.cam/capture/b48f03ef-76ce-4bac-93e7-ed05af5ec2fc/embed>>.



Figura 30 y 31. Ortofoto y código QR para visualizar la fotogrametría n° 1. Realizado por Marta Gómez Sanabria.



Figura 32 y 33. Ortofoto y código QR para visualizar la fotogrametría n° 2. Realizado por Marta Gómez Sanabria.

3.4.4. Conductividad

Para medir la conductividad se ha aplicado sobre el metal una pequeña porción de gel de agarosa pura de bajo EEOO al 5% en agua desionizada. Se dejó actuar 10 minutos y se calculó con el conductímetro Horiba® LAQUAtwin EC-33 la conductividad que ha obtenido el gel. Se repitió el proceso en varias zonas.



Figura 34 y 35. Ilustraciones de la ubicación del análisis de conductividad. (Realizado por Marta Gómez Sanabria)

	Conductividad (μS)
1	420 μS
2	221 μS
3	220 μS
4	210 μS
5	250 μS
6	240 μS
7	210 μS

Figura 36. Tabla con los resultados de conductividad. (Realizado por Marta Gómez Sanabria)

Se observa que en todas las zonas donde se ha analizado la conductividad los resultados son muy similares. Asimismo, se encuentran dentro del margen común de conductividad de la plata.

3.4.5. pH

Para medir el pH se ha aplicado sobre el metal una pequeña porción de gel de agarosa pura de bajo EEO al 5% en agua desionizada. Se dejó actuar 10 minutos y se calculó con el pHímetro de superficie PCE®-228S ERH-115 el pH que ha obtenido el gel. Se repitió el proceso en varias zonas.



Figura 37 y 38. Ilustraciones de la ubicación del análisis del pH. (Realizado por Marta Gómez Sanabria)

	pH
1	6 pH
2	6.2 pH
3	6.5 pH
4	6.8 pH
5	6.6 pH
6	5.9 pH
7	6.4 pH

Figura 39. Tabla con los resultados de pH. (Realizado por Marta Gómez Sanabria)

Se observa que en todas las zonas donde se ha analizado el pH los resultados son muy similares, aunque las zonas tuviesen características, materiales y alteraciones diversas.

Se encuentra ligeramente por debajo del rango de seguridad de pH de la plata. Por lo que en conclusión el pH general de la pieza es más ácido de lo común en este material.

3.4.6. Identificación de metales

Se han usado tres reactivos diferentes para determinar de qué aleación se trata la plancha de metal de la base, ya que se advertía de forma visual que no era de plata. Los reactivos utilizados sirven para la identificación de la plata, el cobre y zinc. Se ha realizado siguiendo el manual de Reactivos específicos para la identificación de Metales.⁷⁰

⁷⁰ LARA RODRIGUEZ, L.; VAL MOLINA, S. *Reactivos específicos para la identificación de Metales.*

Plata

Se rascó la superficie sobre una cerámica para conseguir una raya. Se le aplicó dicromato potásico en ácido nítrico 3gr/50cm³ (HNO₃ de 60% riqueza) en agua destilada. La proporción fue 33g de ácido nítrico y 2g de dicromato potásico.

La reacción positiva da como resultado un color rojo pardo. La muestra se comparó con una muestra patrón.

Resultado: negativo, la muestra dio un color azulado.



Figura 40. Fotografía del resultado de la muestra patrón (izquierda) y la muestra extraída de la pieza (derecha). (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

Cobre

Se rascó la superficie con un bisturí para conseguir virutas de la muestra y se colocó sobre un papel. A la muestra se le añadieron unas gotas de ácido clorhídrico para romper los enlaces. El papel se puso sobre un vaso de precipitados que contenía amoníaco para que la reacción se diese por evaporación y corroyese el metal.

La reacción positiva da como resultado tonos azules y/o verdes debido a la corrosión del cobre.

Resultado: positivo, reaccionó dando lugar al azul.



Figura 41. Fotografía del resultado del análisis de la presencia de cobre en la muestra donde se observa la coloración azul. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

Zinc

Al igual que en el caso anterior, se rallaron unas virutas sobre un papel, al que se le añadieron unas gotas de ácido clorhídrico para romper los enlaces. Tras ello, se le añadieron unas gotas de zincón (75mg en 120mg de etanol).

La reacción positiva da como resultado el color morado.

Resultado: positivo, la muestra reaccionó dando un color morado/azulado.

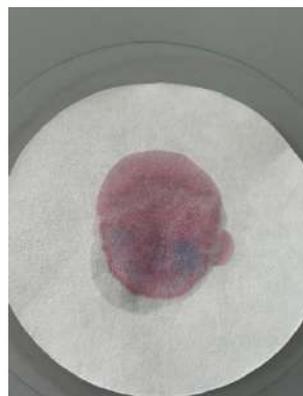


Figura 42. Fotografía del resultado del análisis de la presencia de zinc en la muestra, donde se observa la coloración morada/azul (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

Interpretación y caracterización

La plancha de la base no es una aleación de plata, sino de cobre y zinc. Posiblemente sea alpaca (55% Cu, 25% Zn, 20% Ni). Para tener unos resultados concluyentes se tendría que analizar si contiene níquel. Debido a la complejidad del proceso no se ha llevado a cabo.

3.5. Conclusiones del examen organoléptico y del estudio de la pieza

Tras realizar un exhaustivo examen organoléptico y analizar en profundidad las características y degradaciones que presenta el ostensorio, es necesario un tratamiento de conservación y restauración sobre la obra con el objetivo de parar los procesos de degradación, estabilizar la pieza y recuperar su lectura, ya que ésta se ve alterada por los depósitos superficiales, la corrosión y la alteración en su forma.

El criterio de intervención que se aplicará será el de mínima intervención, el cual se basará en la limpieza y la estabilización de la pieza; y tendrá como finalidad conservar su valor, su estabilidad y recuperar su lectura.

Por último, se le realizará un embalaje para asegurar su conservación preventiva debido a la sensibilidad del material a alterarse por las condiciones ambientales, concretamente la existencia de azufre presente en la contaminación ambiental atmosférica.

3.6. Propuesta de intervención

Tras el estudio de la pieza y sus alteraciones, se ha realizado la siguiente propuesta de intervención:

1. Limpieza mecánica en seco de los depósitos superficiales menos adheridos
2. Desmontaje de todas las partes
3. Limpieza acuosa controlada de los depósitos más adheridos
4. Limpieza física de los restos cerosos
5. Limpieza física del siglado
6. Limpieza mecánica de la corrosión del hierro
7. Desgrasado del hierro
8. Inhibición del hierro
9. Capa de protección del hierro
10. Eliminación de la corrosión de la plata
11. Eliminación de la corrosión del cobre
12. Desinfección preventiva de la madera
13. Enjuagado final y control de pH y conductividad finales
14. Desgrasado general de todas las partes de la pieza
15. Capa de protección final
16. Montaje de todas las partes
17. Embalaje y condiciones de conservación preventiva

3.7. Intervención de conservación y restauración

Limpieza mecánica en seco de los depósitos superficiales menos adheridos

Se llevó a cabo una limpieza mecánica en seco con paletina para eliminar los depósitos superficiales menos adheridos (polvo y suciedad).

Desmontaje de todas las partes

Se han desmontados todas las partes para poder realizar una limpieza correcta y completa. Este proceso se ha llevado a cabo gracias a la facilidad de desmontaje de las partes. Ha ayudado a entender cómo se ha fabricado el ostensorio y qué materiales la componen (alma de hierro y madera, y aleaciones).

Se ha realizado con la ayuda de herramientas protegidas con cinta adhesiva de papel para que ambos metales no contactasen y no se causaran daños mecánicos. Cada pieza ha sido numerada y guardada individualmente en bolsas de polietileno con cierre hermético.



Figura 43. Desmontaje de la base.
(Fotografía: Eva Pages Ruiz)



Figura 44. La pieza una vez desmontada.
(Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

Limpieza acuosa controlada de los depósitos más adheridos

Se realizó una limpieza acuosa controlada con un *buffer* fosfato sódico (0'1% ácido metafosfórico y NaOH hasta pH 8.2) con quelante (0'6% ácido cítrico) con 4960 μ S para eliminar los depósitos más adheridos, principalmente los del limpia platos y el polvo más adherido.

La limpieza se realizó con hisopos de diversos tamaños para poder llegar a todas las hendiduras.



Figura 45. Limpieza acuosa de los depósitos más adheridos en el pie. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

Limpieza física de los restos cerosos

Se realizó una eliminación con White Spirit de los depósitos cerosos que presentaba la pieza. Gracias a esta operación, se pudo acceder mejor a las capas de corrosión en las operaciones siguientes mediante tratamientos acuosos.



Figura 46. Eliminación de los restos cerosos con White Spirit. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

Limpieza física del siglado

Se eliminó el siglado con etanol y la ayuda de un hisopo para poder realizar correctamente las siguientes limpiezas.

Limpieza mecánica de la corrosión del hierro

Se han eliminado los óxidos e hidróxidos del hierro con limpieza mecánica con micromotor y cabezales de latón y nylon. Con hisopos y etanol se limpió la pieza simultáneamente para quitar la corrosión desprendida. Se hizo dentro de la cabina de proyección para mayor protección y comodidad.

Se eliminó la corrosión hasta llegar a la magnetita, que se dejó al servir de capa de protección para el hierro y al no ser una corrosión activa.



Figura 47. Limpieza mecánica de la corrosión del hierro con micromotor con cabezal de nylon. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

Desgrasado del hierro

Se realizó un desgrasado del hierro con etanol para eliminar cualquier resto de grasa debido a su manipulación u otros elementos que pudieran alterar en un futuro la pieza.

Inhibición del hierro

Se aplicó con la ayuda de un pincel ácido tánico al 2% en etanol para realizar la inhibición y así proteger la pieza de la futura corrosión. Al ser el alma del ostensorio este proceso es muy importante para evitar futuras alteraciones no sólo en el hierro sino en el resto de las piezas que lo envuelven.



Figura 48. Aplicación de Paraloid B72[®] como capa de protección final del hierro. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

Capa de protección del hierro

Se ha aplicado una capa de protección final de Paraloid B72[®] al 20% en Dowanol PM al hierro para evitar posible pila galvánica con el resto de los metales al estar en contacto entre ellos.

Eliminación de la corrosión de la plata

Debido a la complejidad del material, se realizaron diversos métodos de limpieza de la corrosión de la plata según las particularidades de cada pieza.

Limpieza acuosa controlada

Se realizó la limpieza acuosa controlada con limpieza electroquímica por inmersión y acuosa con una solución de bicarbonato sódico (5% de bicarbonato sódico en agua desionizada), no se tuvo que aplicar ninguna base porque el producto ya es lo suficientemente básico (pH 8). No se calculó la conductividad, ya que lo importante es que sea muy alta para que la reacción electroquímica suceda de forma más eficiente.

Las piezas se dejaron en el armario estufa en baños calientes (60°C) para acelerar el proceso de 5 a 24 horas dependiendo del grado de corrosión. Después se enjuagaron con agua desionizada, secado y guardado en bolsas de polietileno con cierre hermético para evitar que se volviesen a sulfurar con el azufre del ambiente.

Este tratamiento se hizo en todas las piezas de plata, tanto las que solo estaban formadas por este metal, como en las aleaciones con baño de plata.



Figura 49. Algunas piezas en el armario estufa em el baño electroquímico. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 50. Las piezas después de 5 horas en el baño electroquímico. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

En el caso del pie se probó el mismo método, pero empleando una plancha de aluminio “limpia plata de acción electrolítica” Qwicksilver[®] en vez de papel de aluminio. Este producto tiene la ventaja de no necesitar un recipiente de aluminio o envolverlo en papel de aluminio para realizar la limpieza. Siguiendo las instrucciones del producto, no se usó bicarbonato sódico, sino hexametafosfato sódico al 5% y pH 7. Sin embargo, después se pudo comprobar que ambas soluciones funcionaban con igual efectividad y se decidió continuar empleando el bicarbonato sódico.

Por último, este método se probó gelificando la solución para conocer si así era más efectivo. Sin embargo, los resultados no fueron satisfactorios y se descartó esta opción.



Figura 51. Limpieza electroquímica del pie con plancha Quicksilver®. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 52. Prueba de limpieza electroquímica con la solución gelificada. (Fotografía: Marta Gómez Sanabri)

Ácido fórmico

En la pieza de plata correspondiente a la zona radiante se acabó su limpieza con ácido fórmico al 20% en agua desionizada, debido a que se encontraba muy sulfurada y los baños electroquímicos que, aunque eran efectivos, se requería de muchos más baños y se optó por explorar otra metodología para acelerar el proceso. Se pudo hacer de este modo ya que la pieza era completamente de plata, la cual no puede ser afectada por el ácido fórmico. Primero se realizaron pruebas para conocer cuál era el tiempo de actuación por inmersión y se determinó que lo adecuado era dejarla durante 2 horas en este baño ácido (pH 4).

Se realizó un baño de dos horas y posteriormente se enjuagó y se dejó en un baño de agua desionizada durante otras 2 horas para eliminar definitivamente el ácido de la pieza.

Es importante manipularla con guantes por la peligrosidad y toxicidad del ácido.



Figura 53. Resultado tras la prueba con ácido fórmico. (Fotografía y edición: Marta Gómez Sanabria)



Figura 54. La pieza dentro del baño de ácido fórmico. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

Limpieza mecánica

Todas las piezas se acabaron de limpiar mecánicamente con métodos poco invasivos usando paños de microfibra y microtorno con cabezales suaves de tejido de lana, gamuza y algodón en zonas puntuales para evitar rallar la superficie.



Figura 55. Limpieza mecánica con paño de microfibras en una de las piezas. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

Eliminación de la corrosión del cobre

La corrosión del cobre se eliminó con un *buffer* de borato sódico (0'1% ácido bórico y NaOH hasta pH 8.8) y quelante (3% DTPA) con 6050 μ S.

En las piezas grandes con baño de plata, que principalmente presentaban óxidos de cobre, se aplicó con gel de agar al 3% y se dejaron varias horas debido al grado y tipo de corrosión. El proceso se realizó durante varios días hasta conseguir la eliminación de la corrosión y, por tanto, del aspecto que visualmente tenía un efecto antiestético. Se logró recuperar parcialmente el brillo y el color de la plata, aunque el baño se encontrase dañado y en algunas zonas hubiese desaparecido dejando a la vista el color dorado del cobre.

Las piezas de latón, que principalmente presentaban carbonatos de cobre, se limpiaron aplicando el *buffer* en estado libre con hisopo y cepillo de dientes insistiendo en las hendiduras, que eran las zonas más alteradas.

A todas las piezas se les eliminó la corrosión tanto de las zonas visibles como de los interiores, pero también de las hendiduras y de todos los rincones. Por último, se enjuagaron con agua desionizada.



Figura 56. Retirada del *buffer* gelificado en uno de los ángeles. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 57. Eliminación de la corrosión del cobre en estado libre en una de las piezas de latón. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

Desinfección preventiva de la madera

Se realizó una desinfección con solución hidroalcohólica (30% agua desionizada, 70% etanol) del alma de madera para prevenir el posible ataque de microorganismos que pueden llegar a alterarla. Se aplicó con un pulverizador.

Enjuagado final y control de pH y conductividad finales

Se realizó un enjuagado final a todas las piezas para eliminar cualquier resto de gel, *buffer*, ácido y depósitos superficiales con agua desionizada e hisopos.

Por último, se volvió a medir el pH y la conductividad para conocer si la pieza estaba en un rango seguro y si el enjuagado había sido efectivo. Los resultados son los siguientes:

nº	pH	Conductividad
1	7.4pH	147 μ S
2	6.9 pH	139 μ S
3	7.1 pH	128 μ S
4	7.2 pH	158 μ S
5	6.8 pH	154 μ S
6	6.6 pH	183 μ S
7	6.3 pH	163 μ S

Figura 58. Resultados finales del pH y la conductividad. (Realizado por Marta Gómez Sanabria)

Se pudo concluir que las piezas estaban correctamente enjuagadas y en un pH estable para la plata (pH 6-8).

Desgrasado general de todas las partes de la pieza

Se realizó el desgrasado con etanol de todas las piezas antes de la aplicación del barniz para eliminar los posibles restos de ácidos orgánicos provocados por la manipulación sin guantes.

Capa de protección final

Se aplicó una capa de protección final con barniz brillante (Barniz brillante Artists – Color al óleo Winsor & Newton® Oil Colour) para evitar la futura corrosión y asegurar su conservación al ser piezas litúrgicas, tener un uso diario y ser un baño muy fino y alterado. Asimismo, se evitan posteriores limpiezas como las que se realizaron con limpia platos.



Figura 59. Aplicación del barniz a la pieza del ave. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 60. Secado tras el barnizado de todas las partes. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

Montaje de todas las partes

Del mismo modo que en el montaje, se volvieron a montar todas las partes del ostensorio con ayuda de herramientas protegidas con cinta adhesiva de papel.

Embalaje y condiciones de conservación preventiva

Se embolsó de forma provisional la pieza en una bolsa de polietileno sellada.

Aunque la capa de protección evitará la futura corrosión, se debería hacer un negativo de la pieza en espuma de polietileno y almacenar en una caja hermética de polietileno para evitar daños en su transporte y asegurar unas condiciones ambientales adecuadas para su conservación. Se debería climatizar mediante un control pasivo de la humedad relativa con Propadyn Museart® 40% de HR (dentro de una bolsa de Reemay® cosida) y pastillas de inhibidor en fase vapor Cortec Cor-Pak Tablets®.

3.8. Condiciones ambientales después del tratamiento⁷¹

Las condiciones ambientales óptimas para la conservación de la plata y sus aleaciones son: 40% Humedad Relativa como máximo y 15-20 °C de Temperatura.

Atmósfera seca y limpia de polvo. Exponer mínimamente la pieza a una atmósfera no controlada para evitar que entre en contacto con el sulfuro de ambiente.

No se debe dejar el ostensorio en contacto con otros metales, ya que se puede generar corrosión por reacción electroquímica entre ellos (efecto pila).

⁷¹ MARÍN ORTEGA, S. “Or i plata: tractaments...”. *op. cit.*, diapositiva 37.

Tampoco cerca de muebles u objetos de madera sin tratar u otros materiales de carácter orgánico, porque desprenden gases que pueden favorecer la degradación por corrosión.

3.9. Fotografías finales



Figura 61. Fotografía final anverso. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)



Figura 62. Fotografía final reverso. (Fotografía: Marta Gómez Sanabria)

4. CONCLUSIONES

El ostensorio radiante de plata BDV: 001027.00 ha supuesto un reto y un ejemplo para mostrar las dificultades a la hora de conservar y restaurar los bienes litúrgicos.

Es una pieza descontextualizada, ya que apenas se sabe información sobre ella aparte de la inscrita en su base (autor y año). No se tenía información sobre sus materiales y estaba muy alterada por la corrosión, los depósitos de limpia platas y en desuso, como es usual que suceda con los bienes litúrgicos de plata una vez se alteran.

La plata es un metal difícil de limpiar debido a la insolubilidad y estabilidad de su corrosión, más concretamente el sulfuro de plata. En el ostensorio, no solo esta corrosión cubría la pieza, sino que también lo hacía las del cobre con el que estaba en aleación.

Se probaron diversos métodos de limpieza, desde los tradicionales hasta los más actuales como el método acuoso con *buffers*, quelantes y geles. Se pudieron comprobar sus inconvenientes y beneficios y se ha podido concluir que los métodos más efectivos son la eliminación del sulfuro de plata por limpieza electroquímica y a base de baños con ácido fórmico. Sin embargo, suponen un riesgo para el bien y los materiales que puedan estar en contacto con él si no se hace un correcto enjuagado posterior. Por tanto, abre una vía de investigación para poder adecuar el método acuoso a la eliminación del sulfuro de plata.

Asimismo, se pudo observar que el tratamiento acuoso mediante *buffer* con quelante gelificado es el más respetuoso y adecuado para el latón y las partes con aleación con cobre. También para la eliminación de los depósitos superficiales.

En cuanto a la conservación de esta tipología de pieza supone un problema por su rápida corrosión al estar en contacto con el azufre atmosférico. Este hecho entra en contradicción con la utilidad expositiva de la pieza; cuanto más valor ritual tiene, más expuesta está a perder su valor artístico. Por ello, se decidió aplicarle una capa de protección.

Por último, se ha observado que el uso de la fotogrametría para la documentación del patrimonio ha ocasionado un cambio de paradigma en la conservación, pero no es efectivo en la actualidad en piezas de metal debido a la dificultad de lectura que presenta en las piezas con brillo. Esto abre un debate sobre la rigurosidad de la técnica y su uso en el patrimonio donde prima la documentación genuina de la pieza. Asimismo, abre una vía de investigación y desarrollo de nuevas técnicas para la digitalización de estos materiales sin pérdidas de información en su registro.

En lo personal, el poder realizar este estudio e intervención ha sido un proceso muy enriquecedor. He podido conocer lo que implica el proceso de conservación y restauración de un metal tan noble, inalterable y a la vez complejo como es la plata. Es interesante observar cómo los criterios personales deben ser flexibles y adaptables a lo que el material y el contexto te pide y que, en el mundo de la conservación y restauración, no hay fórmulas exactas.

Por tanto, se puede concluir que en la intervención de bienes litúrgicos en plata no hay un único procedimiento correcto, sino que se tiene que valorar cada caso en particular e impulsar la investigación que lleve a una intervención menos invasiva y más controlada.

5. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

ALSINA BENAVENTE, J. *Acabados para plata*. Barcelona: Editorial Alsina, 1995. ISBN: 8487033067.

ALSINA BENAVENTE, J. *La plata en el taller*. Barcelona: Editorial Alsina, 1994. ISBN:8487033049.

ALSINA BENAVENTE, J. *Los metales en la joyería moderna*. Barcelona: Mundial de Acuñaciones S.A., 1986. ISBN:8439865031.

ANGELOVA, L. V.; ORMSBY, B.; TOWNSEND, J. H.; WOLBERS, R. *Gels in the Conservation of Art*. Londres: Archetype Publications, 2017.

BARBERÀ GINÉ, A. “Fotogrametria per a la conservació-restauració de béns culturals”. *Umicum* (2018), núm. 17, p. 57-76.

BARRERA, M. [et. al.] “Limpieza de unas monedas de plata de la época de Felipe V y Carlos IV”. En: *MetalEspaña 2015. II Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico* (Segovia, del 1 al 3 de octubre de 2015), Segovia: Real Casa de Moneda, 2015, p. 179-185.

CONTRERAS VARGAS, J. “El camino de la fórmula: el caso del uso de tiourea para limpieza de plata”. *Intervención: Revista de Conservación, Restauración y Museología*. Vol. 1 (2010), p. 45-51. ISSN: 2007-249X. Disponible en línea en: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4947378>> [Consulta: 25 abril 2024].

CONTRERAS VARGAS, J.; TAPIA LÓPEZ, M^a DEL PILAR. “Conservación de bienes culturales facturados en plata”. En: *La plata en Iberoamérica, siglos XVI al XIX*. Congreso internacional (México, enero de 2008). México D.F., 2008, p. 625-636.

COSTA, V. “The deterioration of silver alloys and some aspects of their conservation”. *Studies in Conservation*. Vol. 46 (2001). p. 18-34. ISSN: 0039-3630.

CREMONESI, P. “Reflexions sobre la neteja de les superfícies policromades”. *Umicum* (2009), núm. 8, p. 48-62. ISSN 1579-3613.

DÍAZ MARTÍNEZ, S.; GARCÍA ALONSO, E. *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*. Madrid: Ministerio de Cultura, 2011. Disponible en línea en: <https://www.libreria.cultura.gob.es/libro/tecnicas-metodologicas-aplicadas-a-la-conservacion-restauracion-del-patrimonio-metalico_2814/>. [Consulta: 20 marzo 2024].

DÍAZ, S.; GARCÍA, E., CARRIÓN, A. (Coord.). *Proyecto Coremans. Criterios de intervención en materiales metálicos*. Madrid: Ministerio de Cultura, IPCE, 2015.
EVERGINE. *NeRF 3D: inteligencia artificial para crear vídeos de gran realismo*. Disponible en línea en: <<https://evergine.com/es/nerf-3d/>> [Consulta: 30 abril 2024].

FONT I MONTANYÀ, D. “Accuro, conservar i oferir. Proposta de dinamització i intervenció en el patrimoni artístic i cultural parroquial”. *Taüll* (2004), Vol. 13, p. 25-27.

FONT I MONTANYÀ, D. “Fulgentia, exposició permanent d’art religiós a Santa Maria d’Igualada”. *Taüll* (2008), Vol. 24, p. 32-36. Disponible en línea en: <<https://docplayer.es/59317378-3-editorial-els-companys-indivisibles-pere-i-pau-j-m-marti-bonet-4-barcelona-sant-pere-i-sant-pau-de-barcelona-m-rosa-ferrer-i-dalga.html>>. [Consulta: 31 enero 2024].

FONT I MONTANYÀ, D. “*Fulgentia*: El Tesor de la Basílica de Santa Maria d’Igualada. Una instal·lació en el marc del projecte diocesà *Accuro*, de gestió dels béns mobles parroquials”. [Documento inédito].

LARA RODRIGUEZ, L.; VAL MOLINA, S. *Reactivos específicos para la identificación de Metales*.

LENNTECH. *Plata – Ag.* [En línea]. <<https://www.lenntech.es/periodica/elementos/ag.htm#ixzz5hFDg8KNT>>. [Consulta: 25 abril 2024].

LLORENTE, J. L. *La joyería y sus técnicas*. Vol. 1. Barcelona: Paraninfo S.A., 1989. ISBN: 8428317089.

MARÍN ORTEGA, S., “Nueva metodología para la eliminación de la corrosión en patrimonio metálico arqueológico: buffers, quelantes, geles y emulsiones”. En: *MetalEspaña 2020/2021. III Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico (Online, del 22 al 24 de abril de 2021)*: Sede virtual, 2021, p. 81-86. DOI: <<https://doi.org/10.15366/ane2022.6.008>> [Consulta: 15 mayo 2024].

MARÍN ORTEGA, S. “Or i plata: propietats, factors i productes de corrosió. Examen i diagnòstic”. Dossier teòric Teoría y práctica de la conservación y restauración de bienes arqueológicos I. ESCRBCC (2022) Barcelona. [Consulta: 14 marzo 2024].

MARÍN ORTEGA, S. “Or i plata: tractaments, propostes de neteja i tractaments diversos”. Dossier teòric Teoría y práctica de la conservación y restauración de bienes arqueológicos I. ESCRBCC (2022) Barcelona. [Consulta: 14 marzo 2024].

MARÍN ORTEGA, S. “Resum actuacions de neteja aquosa”. Dossier teòric Teoría y práctica de la conservación y restauración de bienes arqueológicos I. ESCRBCC (2022) Barcelona. [Consulta: 10 marzo 2024].

MARÍN ORTEGA, S. “Sistemes de neteja: mètode aquós. *Buffers*, quelants, gels, emulsions i materials silicònics”. Dossier teòric Teoría y práctica de la conservación y restauración de bienes arqueológicos I. ESCRBCC (2022) Barcelona. [Consulta: 7 marzo 2024].

MUÑOZ PUJOL, J. *Plan de adecuación de la reserva de la Iglesia de Santa Maria d’Igualada. Fondo de orfebrería religiosa Fulgentia*. Tutora: Silvia Marín Ortega. Trabajo de Fin de Grado. Barcelona: Escola Superior de Conservació i Restauració de Béns Culturals de Catalunya, 2020.

PATRIMONIO NACIONAL. *Catálogo de la plata del Patrimonio Nacional*. Madrid: Palacio Real de Madrid, 1987. ISBN: 8471201178.

PÉREZ GRANDE, M. “La platería religiosa de la Real Fábrica de Martínez en el área castellana”. En: AYUNTAMIENTO DE MADRID. *El aragonés Antonio Martínez y su fábrica de platería en Madrid*. Madrid: Museo de Historia de Madrid, 2011 p. 161-195. ISBN: 978-84-96102-56-9.

RAE. *Custodia*. [En línea]. <<https://dle.rae.es/custodia>>. [Consulta: 11 abril 2024].

RAE. *Ostensorio*. [En línea]. <<https://dle.rae.es/ostensorio?m=form>>. [Consulta: 11 abril 2024].

RAE. *Pixie* [En línea]. <<https://dle.rae.es/p%C3%ADxide>>. [Consulta: 11 abril 2024].

SANZ, M^a. J. “La transformación de la custodia de torre desde los modelos góticos a los renacentistas”. 1992. *El arte español en épocas de transición*. Vol. 1 (1992), p. 133-146. ISBN 8477194289.

SAPERRE. *Putto*. [En línea]. <<https://sapere.virgilio.it/parole/vocabolario/putto>>. [Consulta: 20 abril 2024].

STAVROUDIS, C. [et. al.]. “A New Approach to Cleaning I: Using Mixtures of Concentrated Stock Solutions and a Database to Arrive at an Optimal Aqueous Cleaning System”. WAAC Newsletter [Santa Barbara] (mayo 2005), num. 2, p. 17-28. Disponible en línea en: <https://www.academia.edu/68345850/A_Novel_Approach_to_Cleaning_I_Using_Mixtures_of_Concentrated_Stock_Solutions_and_a_Database_to_Arrive_at_an_Optimal_Aqueous_Cleaning_System> [Consulta: 15 abril 2024].

TESAUROS DEL PATRIMONIO CULTURAL DE ESPAÑA. *Custodia*. [En línea]. <<https://tesoros.cultura.gob.es/tesoros/tesoros/alfabetico/c?tesoro=https%3A%2F%2Ftesoros.cultura.gob.es%2Ftesoros%2Fbienesculturales&termino=https%3A%2F%2Ftesoros.cultura.gob.es%2Ftesoros%2Fbienesculturales%2F1001167>> [Consulta: 11 abril 2024].

TESAUROS DEL PATRIMONIO CULTURAL DE ESPAÑA. *Ostensorio*. [En línea]. <<https://tesoros.cultura.gob.es/tesoros/bienesculturales/1011853.html>> [Consulta: 11 abril 2024].

VV.AA. *Viaje a través de la platería del Museo Nacional de Artes Decorativas. Una selección de obras*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Asociación de Amigos del Museo Nacional de Artes Decorativas, 2015. ISBN: 9788481815993.

WOLBERS, R. *Cleaning painted surfaces: Aqueous methods*. London: Archetype. Publications, 2000. ISBN: 9781873132364.

MIFUÉLIZ VALCARLOS, I., “Platería: teoría y técnicas artísticas”. En: Ciclo de conferencias Artes Decorativas y Técnicas Artísticas (Navarra 13 de febrero de 2008). Navarra: Universidad de Navarra, 2008. Disponible en línea en: <<https://www.unav.edu/web/catedra-patrimonio/actividades/ciclos-y-conferencias/2008/plateria-teoria-y-tecnicas-artisticas>> [Consulta: 15 mayo 2024].

6. ANEXOS

6.1. Tabla parámetros corrosión de la plata y quelantes

Sustancia	pK_{sp}	Quelante / ligante	pK_f / pK_{stab}
Ag₂S (sulfuro de plata)	48.67 / 49.2 / 50.22 / 51.02	Ag-Citrato	7.1
Ag₂CO₃ (carbonato de plata)	11.2 / 11.07	Ag-EDTA	7.32
AgCl (cloruro de plata)	9.8	Ag-NTA	5.16
AgOH (hidróxido de plata)	7.71	Ag-DTPA	- / 8.70?
		1,10-Phenanthroline	12.07
		Tiourea	13.1
		Amoniaco	7.05 pero NO

Figura 61. Tabla realizada por Silvia Marín donde se observan los diferentes pK_{sp} de la corrosión de la plata, los quelantes y su pK_f . (MARÍN ORTEGA, S. “Or i plata: tractaments...” *op. cit.*, diapositiva 11)

6.2. Ficha técnica ESCRBCC

NUMERO REGISTRO	A3.12.1750	NOMBRE ALUMNA	Marta Gómez Sanabria
-----------------	------------	---------------	----------------------

1	Materiales arqueológicos	NOMBRE DEL OBJETO Custodia de Jorba	
2	Materiales de archivo y gráficos	MATERIA-TÉCNICA Plata, aleación plata y cobre, latón, madera, hierro Fundición con molde, talla, forja, cincelado, puntillado, grabado y laminado	
3	Materiales textiles	AUTOR-ÉPOCA-LUGAR Cayetano Zaccaro	
4	Pinturas murales	1895 (s. XIX)	
5	Pintura sobre tela	DIMENSIONES 54 cm x 28 cm x 11,2 cm (medidas máximas)	
6	Escultura	TEMA-DESCRIPCIÓN-TÍTULO Orfebrería religiosa	
7	Pintura sobre madera	Ostensorio reluciente de Jorba (1895) realizado por Cayetano Zaccaro. El veril se encuentra rodeado por cabezas de ángeles alados, con un nudo en forma de Tierra y sobre él dos ángeles y un pelicano, en la base el Agnus Dei.	
8	Materiales etnológicos	Custodia de Jorba	
9	Diversos	PROCEDENCIA-LOCALIZACIÓN-NUM. DE INVENTARIO Església Parroquial de Sant Pere de Jorba Església Santa Maria Igualada, Bisbat de Vic, Fons Fulgència BDV: 001027.00 I.E.C.: 9333.00	
LIBRADO POR		FECHA	INICIO TRATAMIENTO
Rector Eduard Flores		17/01/23	09/02/23
DEVUELTO A		FECHA	FINAL
Rector Eduard Flores		ESCBCC	20/04/24
		RESTAURADOR/A	FIRMA
		Marta Gómez Sanabria	

FOTOGRAFÍAS ANTES DEL TRATAMIENTO



Fig. 1: Fotografía inicial anverso. Autora: Marta Gómez Sanabria.



Fig. 2: Fotografía inicial reverso. Autora: Marta Gómez Sanabria.

NUMERO REGISTRO	A3.12.1750	NOMBRE ALUMNA	Marta Gómez Sanabria
--------------------	------------	------------------	----------------------

DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

Fig. 1: Fotografía inicial anverso. ISO 100 0.6s f/14 35 mm

Fig. 2: Fotografía inicial reverso. ISO 100 1/2s f/14 33 mm

Fig. 36: Fotografía final anverso. ISO 200 1/6s f/11 35 mm

Fig. 37: Fotografía final reverso. ISO 200 0.8s f/11 35 mm

Tipo de luz: luz artificial led.

FOTOGRAFÍAS COMPLEMENTARIAS



Fig. 3: Fotografía detalle del nudo. Autora: Marta Gómez Sanabria.

CROQUIS

28 cm



54 cm

13'5 cm

NUMERO REGISTRO	A3.12.1750	NOMBRE ALUMNA	Marta Gómez Sanabria
-----------------	------------	---------------	----------------------

EXAMEN ORGANOLÉPTICO Y DIAGNÓSTICO

SOPORTE

Identificación

Custodia ostensorio radiante de Cayetano Zaccaro de 1895 y procedente de la Església Parroquial de Sant Pere de Jorba.

Descripción

Custodia ostensorio de tipo sol de 1895 (s. XIX) procedente de la Església Parroquial de Sant Pere de Jorba, Obispado de Vic. El autor y la fecha de creación de la pieza viene dado por la firma por incisión que aparece en la base: "Cayetano Zaccaro platero. 1895". No constan sellos de taller.

La gran mayoría de las piezas son de aleación de cobre con baño de plata para darles resistencia y abaratar costes, menos las piezas de tipo sol, que son planchas de plata y los apliques que son de latón. El alma es de madera en la base y en la esfera, y de hierro en el fuste y el ostensorio. La plancha de la base es una aleación de zinc y cobre, posiblemente alpaca o latón.

Estilísticamente corresponde a un ostensorio radiante o tipo sol, ya que tiene un viril donde introducir la hostia y ésta está rodeada por unas decoraciones reproduciendo los rayos de sol. Esta tipología era muy común en la platería castellana de finales del s. XIX.

El ostensorio es de tipo sol. El viril se encuentra en el centro enmarcado por un círculo con dos cenefas de decoración geométrica, entre ellas una lisa las separa. El viril se puede extraer por el anverso, ya que consta de una puerta con un sistema de aguja con cadenilla para cerrarla y con una espiral para sostenerlo. Se encuentra rematado por una aureola de rayos y ocho parejas de cabezas de ángeles alados (*putti*) en dorado sobre nubes orientándose hacia él.

El fuste lo encabeza otra pareja de *putti* con tres círculos extendiéndose y elevándose a cada uno de sus lados, que reproducen una nube y ocultan el pie. Bajo esta decoración se encuentra el nudo en forma de esfera lisa y rodeándola en diagonal una fina cenefa de líneas diagonales en relieve. A sus lados dos ángeles alados en posición de oración sobre nubes y sobre ella un ave con las alas extendidas y con la cabeza dirigida a los tres polluelos a sus pies. El fuste continúa con un gollete que se extiende en los extremos y una cenefa cóncava con decoración de hojas.

El pie ovalado con perfil a base de curvas convexas se redondea en la parte superior, moldurada por una fina decoración de motivos vegetales. Sobre el pie descansa el cordero de Dios. El pie termina con una moldura sinuosa con decoración de hojas y un zócalo elevado y liso.

Respecto a la iconografía, se observan *putti* que custodian la hostia, que es una representación de ángel muy común desde el Renacimiento. Asimismo, la esfera representa la Tierra, ya que tiene marcada la línea del ecuador. Los ángeles a sus laterales están en posición de oración, ya que sobre ella se encuentra un pelicano con tres crías, que simboliza la presencia de Cristo y la entrega de su vida por la humanidad. Su presencia también se observa en el pie de la pieza con el *Agnus Dei*.

Las técnicas usadas para el tratamiento de la plata son torneado, repujado, fundido, cincelado y grabado. El perfil de la base y el astil se han conseguido gracias al torneado. Se ha repujado la zona del ostensorio radiante, tanto las nubes como los rayos. Las piezas del nudo y las tres figuras que lo rodean están fundidas, al igual que los apliques de latón, los tornillos y el soporte del ostensorio. Las decoraciones vegetales del fuste están realizadas con cincelado. La firma se encuentra grabada en la base.

Estado de conservación y causas

El estado de conservación es regular, debido sobre todo a la corrosión de los metales, que dificulta la lectura del ostensorio.

Las piezas con aleación de cobre presentan óxidos de cobre (posiblemente cuprita) que provoca una tonalidad dorada y/o rojiza debido a la pérdida del baño de plata. Por tanto, muchas de estas piezas ya no conservan su apariencia de plata, sino que tiene un acabado con tonalidades negras y plateadas por la plata alterada, y doradas y rojizas por el cobre corroído.

Tanto en el ave como en las piezas de latón se observan carbonatos de cobre (posiblemente calconatronita, auricalcita o rosasita) probablemente provocados por los restos de los productos empleados en las anteriores limpiezas, ya que mucha de esta corrosión se encontraba bajo la capa de limpia platos que había quedado en las hendiduras de las piezas.

El alma de hierro también se encuentra corroída, ya que presenta una capa homogénea de óxidos de hierro (magnetita). Asimismo, también se observan óxidos e hidróxidos de hierro (posiblemente hematitas rojas, goetita y limonita) de forma puntual.

Por otro lado, se observa una deformación del soporte, sobre todo en la zona radiante de la custodia, donde la plata se ha curvado y algunos extremos se han doblado. El pie tiene pequeñas grietas en la zona del *Agnus Dei*.

La custodia está rallada en algunas zonas, seguramente por la acción mecánica que realizarían al limpiarla. Se aprecia la ausencia de los vidrios donde se colocaría la hostia consagrada y una ausencia matérica en uno de los extremos de la nube del fuste. Los apliques de latón se encuentran en su mayoría desatornillados, lo que causa que muchos no estén en la posición correcta.

Presenta corrosión por toda la pieza, más concretamente sulfuro de plata (posiblemente argentita). Asimismo, se observa una deformación del soporte, sobre todo en la zona radiante de la custodia, donde la plata se ha curvado y algunos extremos se han doblado. La base tiene pequeñas deformaciones producto de su manipulación. La custodia está rallada en algunas zonas, seguramente por la acción mecánica que realizarían al limpiarla. Hay una ausencia de los vidrios donde se colocaría la hostia

NUMERO REGISTRO	A3.12.1750	NOMBRE ALUMNA	Marta Gómez Sanabria
-----------------	------------	---------------	----------------------

consagrada y una ausencia matérica en uno de los extremos de la nube del fuste. Los apliques de latón se encuentran en su mayoría desatornillados, lo que causa que muchos no estén en la posición correcta.

DEPÓSITOS SUPERFICIALES

Identificación

La custodia presenta sales y polvo y suciedad superficial.

Descripción

La custodia presenta sales, depósitos cerosos y polvo y suciedad superficial. Se observan sales blanquecinas por todas las hendiduras y bajo las piezas producto probablemente de algún limpia platos. En las zonas menos expuestas estos residuos tienen una coloración azul y rosa pastel.

Los depósitos cerosos que conserva son debido al limpia platos y a haber estado en un entorno litúrgico donde es común el uso de velas que pueden provocar hollín, que se adhiere sobre la pieza y crean una película en su superficie.

Por último, presenta polvo y suciedad superficial al haber estado almacenada sin protección. También se encontró el exoesqueleto de una araña en el interior.

CAPAS DE SUPERFICIE-PROTECCIÓN (barnices, capes de protección...)

ELEMENTOS AÑADIDOS

La pieza se encuentra siglada en la base con rotulador de tinta indeleble con el número de inventario del museo: BdV 1023.

MAPAS DE ALTERACIONES

CARTOGRAFÍA DEPÓSITOS SUPERFICIALES



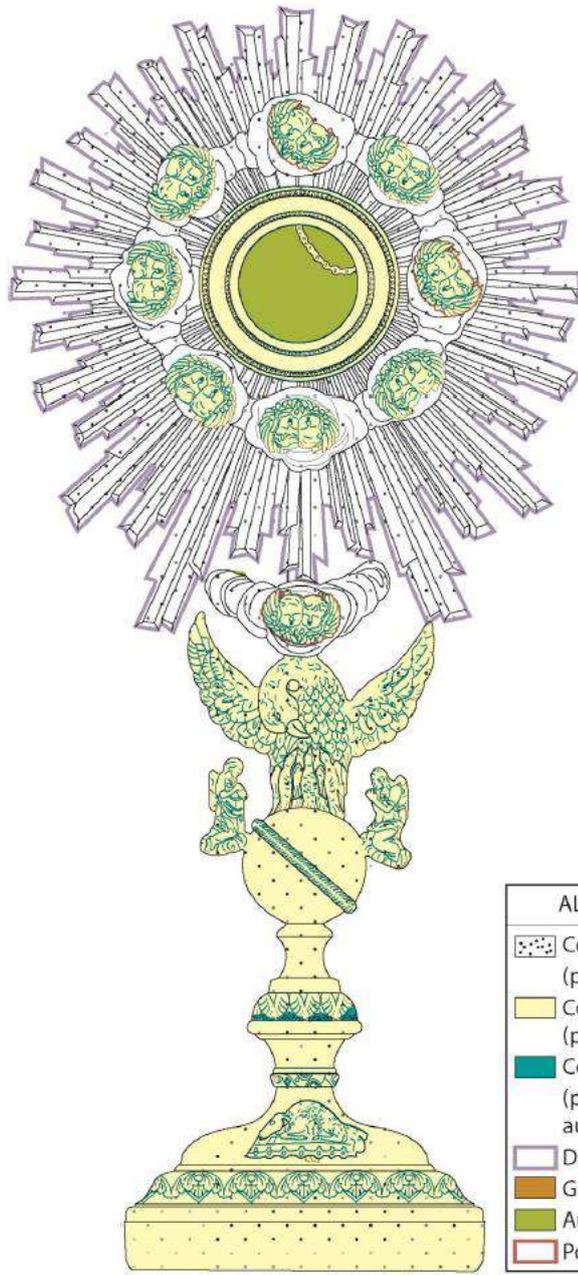
DEPÓSITOS SUPERFICIALES

- Polvo y suciedad superficial
- Restos cerosos
- Sales blanquecinas

10cm



CARTOGRAFÍA ALTERACIONES DEL SOPORTE

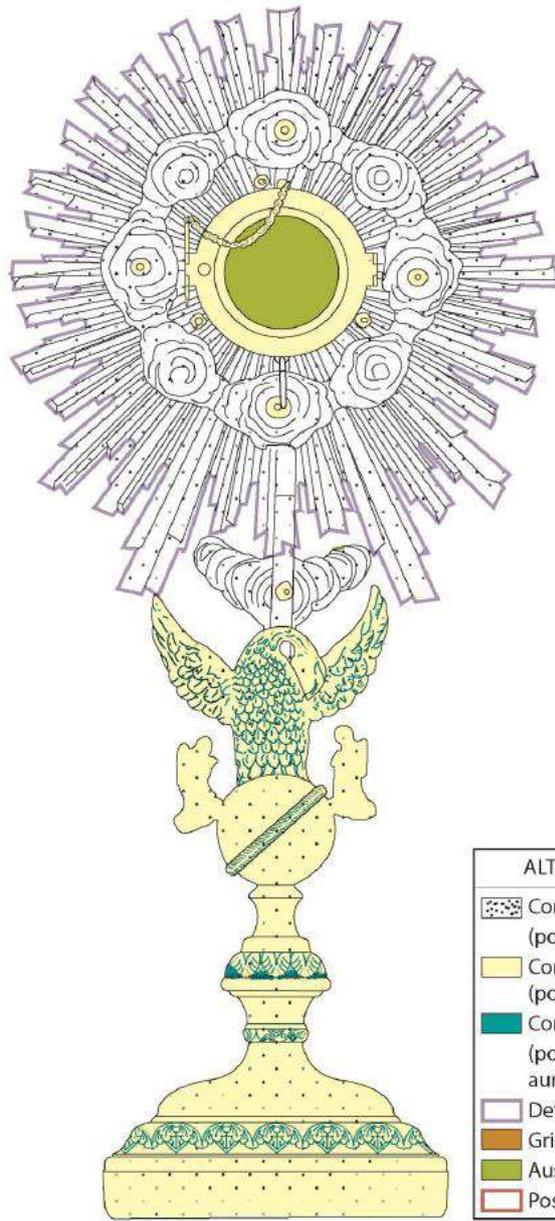


ALTERACIONES DEL SOPORTE

-  Corrosión - sulfuro de plata (posiblemente argentita)
-  Corrosión - óxidos de cobre (posiblemente cuprita)
-  Corrosión - carbonatos de cobre (posiblemente calconatronita, auricalcita o rosasita)
-  Deformación del soporte
-  Grietas
-  Ausencia de soporte
-  Posición incorrecta



10cm



20 cm

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS		
MACROSCOPIA		
DESCRIPCIÓN	ÁREAS EXAMINADAS	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
<p>Observar a través de la macroscopía los detalles de la custodia usando la lupa binocular y el microscopio digital Dino-Lite.</p> <p>Permite observar detalles o alteraciones de la plata que a simple vista no se pueden percibir.</p>	 <p>Fig. 4: Fotografía macro donde se observan los detalles del pelicano. Autora: Marta Gómez Sanabria.</p>	<p>Algunas de las características que se han podido contemplar más en profundidad son: los detalles decorativos, la corrosión de los metales, los depósitos superficiales y los daños mecánicos.</p>
	 <p>Fig. 5: Fotografía macro donde se observa uno de los apliques de latón en posición incorrecta. Autora: Marta Gómez Sanabria.</p>	
	 <p>Fig. 6: Fotografía macro donde se observa la corrosión de la plata y los depósitos de algún producto de limpieza de plata. Autora: Marta Gómez Sanabria.</p>	

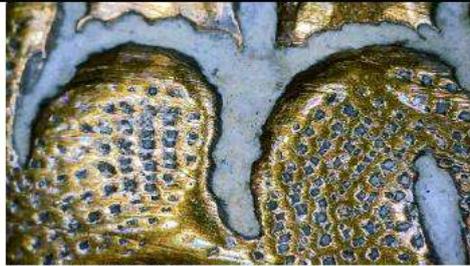


Fig. 7: fotografía con microscopía donde se observan los depósitos de algún limpia platos. Autora: Marta Gómez Sanabria.

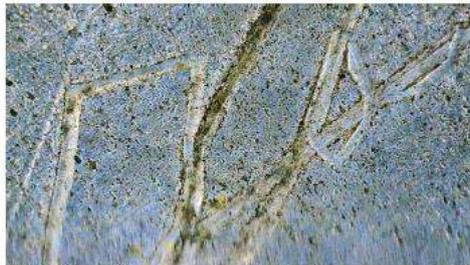


Fig. 8: fotografía con microscopía donde se observan la firma del autor. Autora: Marta Gómez Sanabria.



Fig. 9: fotografía con microscopía donde se observa el siglado con tinta indeleble. Autora: Marta Gómez Sanabria.

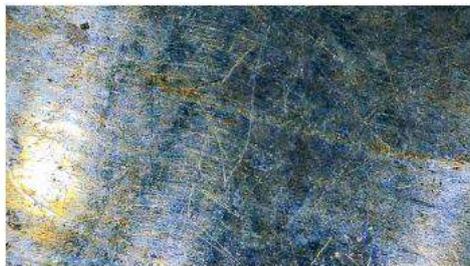
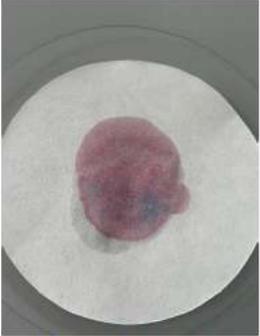
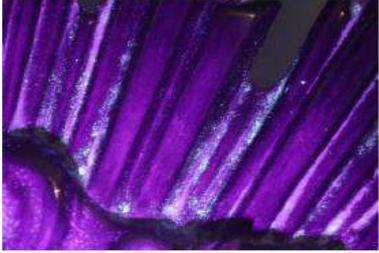


Fig. 10: fotografía con microscopía donde se observa la corrosión de la plata y las ralladuras por acción mecánica. Autora: Marta Gómez Sanabria.

IDENTIFICACIÓN DE METALES		
DESCRIPCIÓN	AREAS EXAMINADAS	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
<p>Se han usado tres reactivos diferentes para determinar de qué aleación se trata la plancha de metal de la base, ya que se contemplaba que no era de plata. Los reactivos utilizados sirven para la identificación de la plata, el cobre y zinc.</p> <p>Plata Se rascó la superficie sobre una cerámica para conseguir una raya. Se le aplicó dicromato potásico en ácido nítrico 3gr/50cm³ (HNO₃ de 60% riqueza) en agua destilada. La proporción fue 33g de ácido nítrico y 2g de dicromato potásico. La reacción positiva da como resultado un color rojo pardo. La muestra se comparó con una muestra patrón.</p> <p>Cobre Se rascó la superficie con un bisturí para conseguir virutas de la muestra y se colocó sobre un papel. A la muestra se le añadieron unas gotas de ácido clorhídrico para romper los enlaces. El papel se puso sobre un vaso de precipitados que contenía amoníaco para que la reacción se diese por evaporación y corroyese el metal. La reacción positiva da como resultado tonos azules y/o verdes debido a la corrosión del cobre.</p> <p>Zinc Al igual que en el caso anterior, se rallaron unas virutas sobre un papel, al que se le añadieron unas gotas de ácidos clorhídrico para romper los enlaces. Tras ello, se le añadieron unas gotas de zincón (75mg en 120mg de etanol). La reacción positiva da como resultado el color morado.</p>	<p>Se examinó la plancha de metal de la base, ya que se advertía de forma visual que no era plata. Las muestras se tomaron del reverso, ya que es la zona no visible de la pieza.</p>	<p>Resultados Plata Resultado: negativo, la muestra dio un color azulado.</p>  <p>Figura 11. Fotografía del resultado de la muestra patrón (izquierda) y la muestra extraída de la pieza (derecha). Autora: Marta Gómez Sanabria.</p> <p>Cobre Resultado: positivo, reaccionó dando lugar al azul.</p>  <p>Figura 12. Fotografía del resultado del análisis de la presencia de cobre en la muestra donde se observa la coloración azul. Autora: Marta Gómez Sanabria.</p>

		<p><u>Zinc</u> Resultado: positivo, la muestra reaccionó dando un color morado/azulado.</p>  <p>Figura 13: Fotografía del resultado del análisis de la presencia de zinc en la muestra, donde se observa la coloración morada/azul. Autora: Marta Gómez Sanabria.</p> <p>Conclusiones La plancha de la base no es una aleación de plata, sino de cobre y zinc. Posiblemente sea alpaca (55% Cu, 25% Zn, 20% Ni). Para tener unos resultados concluyentes se tendría que analizar si contiene níquel. Debido a la complejidad del proceso no se ha llevado a cabo.</p>
--	--	---

ANÁLISIS A LA GOTA- ÁNGULO DE CONTACTO - SOLUBILIDAD		
DESCRIPCIÓN	ÁREAS EXAMINADAS	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
LUZ RASANTE		
DESCRIPCIÓN	ÁREAS EXAMINADAS	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
LUZ TRANSMITIDA		
DESCRIPCIÓN	ÁREAS EXAMINADAS	RESULTADOS Y CONCLUSIONES

LUZ ULTRAVIOLETA		
DESCRIPCIÓN	AREAS EXAMINADAS	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
<p>Observar la reacción de los materiales a la luz ultravioleta para así poder determinar si hay algún material adherido a ella (resinas, barnices, etc.) y hacer una hipótesis sobre cuál es.</p>	 <p>Fig. 14: fotografía general con luz ultravioleta. Autora: Marta Gómez Sanabria.</p>    <p>Fig. 15, 16 y 17: fotografías con luz ultravioleta donde se observa la reacción de fluorescencia en los depósitos del limpiapiatas. Autora: Marta Gómez Sanabria</p>	<p>Tras exponer la pieza a la luz ultravioleta, se ha observado que la zonas donde se conservan depósitos de limpiapiatas han reaccionado dando una fluorescencia de color azul-verdoso pastel.</p>

CONDUCTIVIDAD																		
DESCRIPCIÓN	ÁREAS EXAMINADAS	RESULTADOS Y CONCLUSIONES																
<p>Aplicar sobre la plata una pequeña porción de gel de agarosa pura de bajo EEOO al 5% en agua desionizada. Dejar actuar 10 minutos y calcular con el conductímetro Horiba® LAQUAtwin EC-33 la conductividad que ha obtenido el gel. Repetir el proceso en varias zonas.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Conductividad (µS)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>420 µS</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>221 µS</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>220 µS</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>210 µS</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>250 µS</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>240 µS</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>210 µS</td> </tr> </tbody> </table> <p>En conclusión, se observa que en todas las zonas donde se ha analizado la conductividad los resultados son muy similares. Asimismo, se encuentran dentro del margen común de conductividad de la plata.</p>		Conductividad (µS)	1	420 µS	2	221 µS	3	220 µS	4	210 µS	5	250 µS	6	240 µS	7	210 µS
			Conductividad (µS)															
		1	420 µS															
		2	221 µS															
		3	220 µS															
		4	210 µS															
		5	250 µS															
		6	240 µS															
7	210 µS																	
pH																		
DESCRIPCIÓN	ÁREAS EXAMINADAS	RESULTADOS Y CONCLUSIONES																
<p>Aplicar sobre la plata una pequeña porción de gel de agarosa pura de bajo EEOO al 5% en agua desionizada. Dejar actuar 10 minutos y calcular con el pHímetro de superficie PCE®-228S ERH-115 el pH que ha obtenido el gel. Repetir el proceso en varias zonas.</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>pH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>6 pH</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6.2 pH</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6.5 pH</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>6.8 pH</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>6.6 pH</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>5.9 pH</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>6.4 pH</td> </tr> </tbody> </table> <p>En conclusión, se observa que en todas las zonas donde se ha analizado el pH los resultados son muy similares aunque las zonas tuviesen características, materiales y alteraciones diversas.</p> <p>Se encuentra por debajo del rango de seguridad de pH de la plata. Por lo que en conclusión el pH general de la pieza es más ácido de lo común en metal.</p>		pH	1	6 pH	2	6.2 pH	3	6.5 pH	4	6.8 pH	5	6.6 pH	6	5.9 pH	7	6.4 pH
			pH															
		1	6 pH															
		2	6.2 pH															
		3	6.5 pH															
		4	6.8 pH															
		5	6.6 pH															
		6	5.9 pH															
7	6.4 pH																	

NUMERO REGISTRO	A3.12.1750	NOMBRE ALUMNA	Marta Gómez Sanabria
-----------------	------------	---------------	----------------------

CONCLUSIONES

Tras realizar un exhaustivo examen organoléptico y analizar en profundidad las características y degradaciones que presenta la custodia, es necesario un tratamiento de conservación y restauración sobre la obra con el objetivo de parar los procesos de degradación, estabilizar la pieza y recuperar su lectura, ya que ésta se ve alterada por los depósitos superficiales, la corrosión y la alteración en su forma.

El criterio de intervención que se aplicará será el de mínima intervención, el cual se basará en la limpieza y la estabilización de la pieza; y tendrá como finalidad conservar su valor, su estabilidad y recuperar su lectura.

Por último, se le realizará un embalaje para asegurar su conservación preventiva debido a la sensibilidad del material a alterarse por las condiciones ambientales, concretamente la existencia de azufre presente en la contaminación ambiental atmosférica.

PROPUESTA DE RESTAURACIÓN

El proceso será el siguiente:

1. Limpieza mecánica en seco de los depósitos superficiales menos adheridos
2. Desmontaje de todas las partes
3. Limpieza acuosa controlada de los depósitos más adheridos
4. Limpieza física de los restos cerosos
5. Limpieza física del siglado
6. Limpieza mecánica de la corrosión del hierro
7. Desgrasado del hierro
8. Inhibición del hierro
9. Capa de protección del hierro
10. Eliminación de la corrosión de la plata
11. Eliminación de la corrosión del cobre
12. Desinfección preventiva de la madera
13. Enjuagado final y control de pH y conductividad finales
14. Desgrasado general de todas las partes de la pieza
15. Capa de protección final
16. Montaje de todas las partes
17. Embalaje y condiciones de conservación preventiva

PROCESO CONSERVACION-RESTAURACION	MATERIALES Y PROPORCIONES
<p>El proceso será el siguiente:</p> <p>1. Limpieza mecánica en seco de los depósitos superficiales menos adheridos Limpieza mecánica en seco con paletina para eliminar los depósitos superficiales menos adheridos.</p>  <p>Fig. 18: Limpieza mecánica con paletina de los depósitos superficiales menos adheridos. Autora: Marta Gómez Sanabria.</p> <p>2. Desmontaje de todas las partes Se han desmontados todas las partes para poder realizar una limpieza correcta y completa. Se ha realizado con la ayuda de herramientas protegidas con cinta adhesiva de papel para que ambos metales no contactasen y no se causaran daños mecánicos. Cada pieza ha sido numerada y guardada individualmente en bolsas de polietileno con cierre hermético.</p>  <p>Fig. 19: desmontaje del aplique nº 3. Autora: Marta Gómez Sanabria.</p>  <p>Fig. 20: desmontaje de la base. Autora: Eva Pages Ruiz.</p> <p>3. Limpieza acuosa controlada de los depósitos más adheridos Se realizó una limpieza acuosa controlada con un buffer de fosfato sódico con ácido cítrico (quelante) para eliminar los depósitos más adheridos; principalmente los del limpia platos.</p>	<p>3. Buffer fosfato sódico + citrato</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0,1% ácido metafosfórico - 0,6% ácido cítrico - NaOH hasta pH 8.2 - 4960 µS <p>Agua desionizada</p>



Fig. 21: limpieza acuosa de los depósitos más adheridos en la base. Autora: Marta Gómez Sanabria.

4. Limpieza física de los restos cerosos

Se realizó una eliminación con White Spirit de los depósitos cerosos que presentaba la pieza. Gracias a esta operación, se pudo acceder mejor a las capas de corrosión en las operaciones siguientes mediante tratamientos acuosos.

4.
White Spirit



Fig. 22: eliminación de los restos cerosos con White Spirit. Autora: Marta Gómez Sanabria.

5. Limpieza física del siglado

Se eliminó el siglado con etanol y la ayuda de un hisopo para poder realizar correctamente las siguientes limpiezas.

5.
Etanol

6. Limpieza mecánica de la corrosión del hierro

Se ha eliminado la corrosión del hierro con una limpieza mecánica con micromotor y cabezales de latón y nylon. Con hisopos y etanol se limpió la pieza simultáneamente para quitar la corrosión desprendida. Se hizo dentro de la cabina de proyección para mayor protección y comodidad.

Se eliminó la corrosión hasta llegar a la magnetita, que se dejó al servir de capa de protección para el hierro y al no ser una corrosión activa.



Fig. 23: limpieza mecánica de la corrosión del hierro con micromotor con cabezal de nylon. Autora: Marta Gómez Sanabria.

7. Desgrasado del hierro

Se realizó un desgrasado del hierro con etanol para eliminar cualquier resto de grasa debido a su manipulación u otros elementos que pudieran alterar en un futuro la pieza.

7.
Etanol

8. Inhibición del hierro

Se aplicó con la ayuda de un pincel ácido tánico al 2% en etanol para realizar la inhibición y así proteger la pieza de la futura corrosión. Al ser el alma del ostensorio este proceso es muy importante para evitar futuras alteraciones no sólo en el hierro sino en el resto de las piezas que lo envuelven.

8.
Ácido tánico al 2% en etanol

9. Capa de protección del hierro

Se ha aplicado una capa de protección final de Paraloid B72® al 20% en Dowanol PM al hierro para evitar posible pila galvánica con el resto de los metales al estar en contacto entre ellos.

9.
Paraloid B72® al 20% en Dowanol PM



Fig. 24: aplicación de Paraloid B72® como capa de protección final del hierro. Autora: Marta Gómez Sanabria.

10. Eliminación de la corrosión de la plata

Debido a la complejidad del material, se realizaron diversos métodos de limpieza de la corrosión de la plata según las particularidades de cada pieza.

Limpieza acuosa controlada

Se realizó la limpieza acuosa controlada con limpieza electroquímica por inmersión y acuosa con una solución de bicarbonato sódico. Las piezas se dejaron en el armario estufa en baños calientes (60°C) para acelerar el proceso de 5 a 24 horas dependiendo del grado de corrosión. Después se enjuagaron con agua desionizada, secado y guardado en bolsas de polietileno con cierre hermético para evitar que se volviesen a sulfurar con el azufre del ambiente.

Este tratamiento se hizo en todas las piezas de plata, tanto las que solo estaban formadas por este metal, como en las aleaciones con baño de plata.

10.
Solución bicarbonato sódico
- 5% Bicarbonato sódico
- pH 8
- Agua desionizada

Buffer hexametfosfato sódico
- 5% hexametfosfato sódico



Fig. 25: algunas piezas en el armario estufa en el baño electroquímico. Autora: Marta Gómez Sanabria.



Fig. 26: las piezas después de 5 horas en el baño electroquímico. Autora: Marta Gómez Sanabria.

- pH 7
 - Agua desionizada
- Plancha de aluminio "limpia plata de acción electrolítica" Qwicksilver®
- Solución bicarbonato sódico + agar
- 5% Bicarbonato sódico
 - pH 8
 - 3% agar
 - Agua desionizada
- Agua desionizada
- Ácido fórmico al 20% en agua desionizada
- Cabezales suaves de tejido de lana, gamuza y algodón

En el caso de la base se probó el mismo método, pero empleando una plancha de aluminio en vez de papel de aluminio. Este producto tiene la ventaja de que no se necesita un recipiente de aluminio o envolverlo en papel de aluminio para realizar la limpieza. Siguiendo las instrucciones del producto, no se usó bicarbonato sódico, sino hexametáfosfato sódico. Sin embargo, después se pudo comprobar que ambas soluciones funcionaban con igual efectividad y se decidió continuar empleando el bicarbonato sódico.



Fig. 27: limpieza electroquímica de la base con plancha de aluminio. Autora: Marta Gómez Sanabria.

Por último, este método se probó gelificando la solución para conocer si así era más efectivo. Sin embargo, los resultados no fueron satisfactorios y se descartó esta opción.



Fig. 28: prueba de limpieza electroquímica con la solución gelificada. Autora: Marta Gómez

Sanabria.

Ácido fórmico

La pieza de plata correspondiente a la zona radiante se acabó su limpieza con ácido fórmico, debido a que se encontraba muy sulfurada y los baños electroquímicos aunque eran efectivos, se requería de muchos más baños y se optó por explorar otra metodología para acelerar el proceso.

Se pudo hacer de este modo ya que la pieza eran completamente de plata, la cual no puede ser afectada por el ácido fórmico. Primero se realizaron pruebas para conocer cuál era el tiempo de actuación por inmersión y se determinó que lo adecuado era dejarla durante 2 horas en este ácido.

Se realizó un baño de dos horas y posteriormente se enjuagó y se dejó en un baño de agua desionizada durante otras 2 horas para eliminar definitivamente el ácido de la pieza.



Fig. 29: resultado tras la prueba con ácido fórmico. Autora: Marta Gómez Sanabria.



Fig. 30: la pieza dentro del baño de ácido fórmico. Autora: Marta Gómez Sanabria.

Limpieza mecánica

Todas las piezas se acabaron de limpiar mecánicamente con métodos poco invasivos usando paños de microfibra y microtorno con cabezales suaves en zonas puntuales para evitar rallar la superficie.



Fig. 31: limpieza mecánica con paño de microfibras en una de las piezas. Autora: Marta Gómez Sanabria.

11. Eliminación de la corrosión del cobre

La corrosión del cobre se eliminó con un *buffer* de borato sódico (0'1% ácido bórico y NaOH hasta pH 8.8) y quelante (3% DTPA) con 6050 μ S.

En las piezas grandes con baño de plata, que principalmente presentaban óxidos de cobre, se aplicó con gel de agar al 3% y se dejaron varias horas debido al grado y tipo de corrosión. El proceso se realizó durante varios días hasta conseguir la eliminación de la corrosión y, por tanto,

- 11.
- Buffer borato sódico + DTPA
- 0,1% ácido bórico
- 3% DTPA
- NaOH hasta pH 8,8
- 6050 μ S

del aspecto que visualmente tenía un efecto antiestético. Se logró recuperar parcialmente el brillo y el color de la plata, aunque el baño se encontrase dañado y en algunas zonas hubiese desaparecido dejando a la vista el color dorado del cobre.

Las piezas de latón, que principalmente presentaban carbonatos de cobre, se limpiaron aplicando el buffer en estado libre con hisopo y cepillo de dientes insistiendo en las hendiduras, que eran las zonas más alteradas.

A todas las piezas se les eliminó la corrosión tanto de las zonas visibles como de los interiores, pero también de las hendiduras y de todos los rincones. Por último, se enjuagaron con agua desionizada.



Fig. 32.: Retirada del buffer gelificado en uno de los ángeles. Autora: Marta Gómez Sanabria.



Fig. 33: Eliminación de la corrosión del cobre en libre en una de las piezas de latón. Autora: Florentina Dragusin.

12. Desinfección preventiva de la madera

Se realizó una desinfección con solución hidroalcohólica del alma de madera para prevenir el posible ataque de microorganismos que pueden llegar a alterarla. Se aplicó con un pulverizador.

13. Enjuagado final y control de pH y conductividad finales

Se realizó un enjuagado final a todas la pieza para eliminar cualquier resto de gel, buffer, ácido y depósitos superficiales con agua desionizada.

Por último, se volvió a medir el pH y la conductividad para conocer si la pieza estaba en un rango seguro y si el enjuagado había sido efectivo. Los resultados son los siguientes:

nº	pH	Conductividad
1	7.4pH	147 µS
2	6.9 pH	139 µS
3	7.1 pH	128 µS
4	7.2 pH	158 µS
5	6.8 pH	154 µS
6	6.6 pH	183 µS
7	6.3 pH	163 µS

Se pudo concluir que las piezas estaban correctamente enjuagadas.

14. Desgrasado general de todas las partes de la pieza

Se realizó el desgrasado con etanol de todas las piezas antes de la aplicación del barniz para eliminar las posibles manchas de grasa provocadas por su manipulación.

+ 3% agar

12. Solución hidroalcohólica
- 30% agua desionizada
 - 70% etanol

13. Agua desionizada

Discos de 5% agarosa en agua desionizada

14. Etanol

15. Capa de protección final

Se aplicó una capa de protección final con barniz brillante para evitar la futura corrosión y asegurar su conservación al ser piezas litúrgicas, tener un uso diario y ser un baño muy fino y alterado. Asimismo, se evitan posteriores limpiezas como las que se realizaron con limpia platos.



Fig. 34: aplicación del barniz a la pieza del ave. Autora: Marta Gómez Sanabria.

16. Montaje de todas las partes

Se volvieron a montar todas las partes del ostensorio con ayuda de herramientas protegidas con cinta adhesiva de papel.



Fig. 35: montaje del fuste del ostensorio. Autora: Marta Gómez Sanabria.

17. Embalaje y condiciones de conservación preventiva

Se embaló de forma provisional la pieza en una bolsa de polietileno con cierre hermético.

Aunque la capa de protección evitará la futura corrosión, se debería hacer un negativo de la pieza en espuma de polietileno y almacenar en una caja hermética de polietileno para evitar daños en su transporte y asegurar unas condiciones ambientales adecuadas para su conservación. Se debería climatizar mediante un control pasivo de la humedad relativa con Propadyn Museart® 40% de HR (dentro de una bolsa de Reemay® cosida) y pastillas de inhibidor en fase vapor Cortec Cor-Pak Tablets®.

*EPI's: Los equipos de protección individual que se han usado en todo momento como medida preventiva para poder realizar la intervención en condiciones de seguridad e higiene adecuadas. En este caso, se han empleado los siguientes EPI's: guantes de nitrilo, guantes de látex y bata.

15.

Barniz brillante Artists – Color al óleo Winsor & Newton® Oil Colour

17.

Bolsas de polietileno con cierre hermético

FOTOGRAFÍAS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO



Fig. 36: Fotografía final anverso.
Autora: Marta Gómez Sanabria.



Fig. 37: Fotografía final reverso.
Autora: Marta Gómez Sanabria.

INTERVENCIONES ANTERIORES (RESTAURADORES)
Ninguna.

CONDICIONES AMBIENTALES INDISPENSABLES DESPUÉS DEL TRATAMIENTO

40% Humedad Relativa.
20 °C de Temperatura

No dejar metales en contacto con otros metales, ya que se puede generar corrosión por reacción electroquímica entre ellos (efecto pila).

No dejar objetos metálicos cerca de muebles u objetos de madera sin tratar u otros materiales de carácter orgánico, ya que desprenden gases que pueden favorecer la degradación por corrosión.

Uso de guantes de nitrilo o látex durante su manipulación.

SEGUIMIENTO DESPUÉS DEL TRATAMIENTO

Seguimiento cada 6 meses.

FECHA	OBSERVACIONES

BIBLIOGRAFIA

NUMERO REGISTRO	A3.12.1750	NOMBRE ALUMNA	Marta Gómez Sanabria
--------------------	------------	------------------	----------------------

OBSERVACIONES

La pieza ha sido intervenida anteriormente con el objetivo de realizarle una limpieza, ya que se observa en las hendiduras los restos de un limpiador industrial de plata.

BIBLIOGRAFIA

- ANGELOVA, L. V.; ORMSBY, B.; TOWNSEND, J. H.; WOLBERS, R. *Gels in the Conservation of Art*. Londres: Archetype Publications, 2017.
- COSTA, V. "The deterioration of silver alloys and some aspects of their conservation". *Studies in Conservation*. Vol. 46 (2001). p. 18-34. ISSN: 0039-3630.
- CREMONESI, P. *El ambiente acuoso para el tratamiento de obras policromas*. Padua: Il Prato. Collana i Talenti, 2015. ISBN: 9788863362695.
- MARÍN ORTEGA, S., "Nueva metodología para la eliminación de la corrosión en patrimonio metálico arqueológico: buffers, quelantes, geles y emulsiones". En: *MetalEspaña 2020/2021. III Congreso de Conservación y Restauración del Patrimonio Metálico (Online, del 22 al 24 de abril de 2021)*: Sede virtual, 2021, p. 81-86. DOI: <<https://doi.org/10.15366/ane2022.6.008>> [Consulta: 15 mayo 2024].
- MARÍN ORTEGA, S. "Or i plata: propietats, factors i productes de corrosió. Examen i diagnòstic". Dossier teòric Teoria y práctica de la conservación y restauración de bienes arqueológicos I. ESCRBCC (2022) Barcelona. [Consulta: 14 marzo 2024].
- MARÍN ORTEGA, S. "Or i plata: tractaments proposats de neteja i tractaments diversos". Dossier teòric Teoria y práctica de la conservación y restauración de bienes arqueológicos I. ESCRBCC (2022) Barcelona. [Consulta: 14 marzo 2024].
- MARÍN ORTEGA, S. "Sistemes de neteja: mètode aquós. Buffers, quelants, gels, emulsions i materials silicònics". Dossier teòric Teoria y práctica de la conservación y restauración de bienes arqueológicos I. ESCRBCC (2022) Barcelona. [Consulta: 7 marzo 2024].

6.3. Ficha técnica *Bisbat de Vic*

NÚMERO BDV: 001027.00

NÚMERO I.E.C.: 9333.00

IDENTIFICACIÓ	CARACTERÍSTIQUES
<p>Classificació Genèrica: ORFEBRERIA</p> <p>Nom Objecte: CUSTÒDIA</p> <p>Matèria: METALL, ARGENT, OR (BANY)</p> <p>Suport:</p> <p>Tècnica: FOSA, CISELLAT, EMBOTIT</p> <p>Mides(cm) Alçada: 54,00 Amplada: 28,00 Gnuix: 11,200 Pes : 1,330</p>	<p>Autor: ZACCARO, CAYETANO.</p> <p>Escola / Taller:</p> <p>Justificació:</p> <p>Lloc Execució:</p> <p>Data Execució: 1895</p> <p>Títol: CUSTÒDIA DE JORBA</p>
<p>CONSERVACIÓ</p> <p>Estat de conservació: BO Prioritat de restauració: 2</p> <p>Partis que hi manquen:</p> <p>Brutícia general. Manca el vericle i el vidre protector.</p> <p>Restauracions:</p>	<p>Descripció: forma i representació iconogràfica</p> <p>CUSTÒDIA TÍPICA DE FINALS DEL VUIT-CENTS. LA BASE ÉS INICIADA PER UNA PEANYA ALTA, LLISA I VERTICAL, SEGUIDA PER UN COS BOMBADET I REDUCTOR, SINUÓS I DECORAT AMB RELLEUS PSEUDO-VEGETALS GEOMETRITZATS. EL SEGUEIX UN PETIT COS BOMBAT, LLIS, QUE CULMINA ESSENT DE SECCIÓ CIRCULAR. UN BOCELL EN RELLEU MARCA L'INICI DEL PEU. UN PRIMER COS ACABAT EN NUS ATROMPETAT - ESSENT LA SEVA PART SUPERIOR, DECORADA COM LA BASE - SOSTÉ UNA ESFERA GROSSA I LLISA, AMB EQUADOR. L'ESFERA, FLANQUEJADA PER DOS ÀNGELS DE FOSA EN ACTITUD D'ORACIÓ, SOSTÉ UN GROS PELICÀ DE FOSA, AMB 3 FILLS I LES ALES ESTESES, SOBRE EL PELICÀ, UN APLIC DE FOSA EN FORMA DE NUVOLS I QUERUBINS DAURATS OCULTA L'EIX DE METALL QUE SOSTÉ EL SOL. AQUEST ÉS CIRCULAR, CENTRAT PER L'ORIFICI CIRCULAR DEL VERICLE (AVUI DESAPAREGUT), ENMARCAT PER UN CERCLE DAURAT DE MOTLLURES AMB RELLEUS PSEUDO-GEOMÈTRICS. DEL MARC EN SURT LA LÀMINA EMMOTLLADA DE RAIGS RECTIL LINIS DESIGUALS, AGRUPATS EN FEIXOS. UN CERCLE DE NUVOLS, DE LA MATEIXA LÀMINA QUE ELS RAIGS, AMB QUERUBINS DAURATS APLICATS, RODEJA L'ORIFICI DEL VERICLE, A TALL DE SEGON MARC.</p>
<p>Ubicació: ESGLÉSIA PARROQUIAL DE SANT PERE DE JORBA DIPÒSIT IGUALADA-IGDSMRIA</p> <p>Província: BARCELONA Comarca: ANOIA</p> <p>Municipi: JORBA Bisbat: VIC</p> <p>Altres Num:</p> <p>Forma Ingrés: Data Ingrés:</p>	<p>FOTOGRAFIES I DIBUIXOS</p> <p>Autor: Dani Font i Montanyà</p> <p>Nº Infoto:</p> <p>CD BDV: 16 Foto: 13</p>