

# Restauració de les gèrgoles de la Llotja de Mercaders de Palma de Mallorca (2008-2010). Revisió del procés d'extracció de sals solubles (2010-2020).

El següent estudi és una revisió i síntesi de la intervenció realitzada al conjunt escultòric de les gèrgoles de l'edifici del gòtic civil, la Llotja de Mercaders, obra de Guillem Sagrera, ubicada a la ciutat de Palma (Mallorca). L'any 2020 es van complir deu anys d'aquesta restauració i, aprofitant l'avinentsa, es realitzà una recerca documental per donar a conèixer l'estat de la qüestió d'un dels processos aplicats al conjunt escultòric de les gèrgoles: l'extracció de sals solubles.

## **Restoration of the Gargoyles at La Llotja de Mercaders in Palma de Mallorca (2008-2020). Review of the process of extraction of soluble salts (2010-2020).**

*The following study is a review and synopsis of the restoration carried out on the sculptural ensemble of gargoyles on the Gothic civic building, the Llotja de Mercaders, a work by Guillem Sagrera, in the city of Palma (Mallorca). The year 2020 marks the tenth year of this restoration and, taking advantage of the occasion, documentary research was carried out to provide information on one of the processes carried out on the sculptural set of gargoyles: the extraction of soluble salts.*

### **Eva Planells Torres.**

Historiadora de l'Art. Graduada en Conservació i Restauració de Béns Culturals, en l'especialitat d'Escultura i Titulada Superior en Conservació i Restauració de Béns Culturals en l'especialitat d'Escultura per l'ESCRBCC.

*Art Historian. Degree in Preservation and Restoration of Cultural Heritage specialising in Sculpture and Post Graduate Degree in Conservation and Restoration of Cultural Heritage specialising in Sculpture from the ESCRBCC.*

evaevi@yahoo.es

**Paraules clau:** Art gòtic, llotja de Mercaders, gèrgola, extracció de sals solubles.

**Keywords:** Gothic art, llotja de Mercaders gargoyle, extraction of soluble salts.

**Data de recepció:** 2-XII-2020 > **Data d'acceptació:** 9-XII-2020 / **Date received:** 2-XII-2020 > **Date accepted:** 9-XII-2020



## INTRODUCCIÓ

Entre els anys 2008 i 2010 es va completar la primera fase de la intervenció de conservació i restauració de l'edifici del gòtic civil, la Llotja de Mercaders, així com del conjunt escultòric de les gàrgoles. La restauració la va dur a terme un equip interdisciplinari de professionals lligats al camp de la conservació i restauració.<sup>1</sup>

El present article consisteix en una revisió i síntesi de la intervenció efectuada al conjunt escultòric de les gàrgoles de la Llotja de Mercaders. A més, es realitza una recerca documental sobre el procés d'extracció de sals solubles, amb una anàlisi i discussió dels resultats, establint una comparativa amb el mètode d'extracció de sals solubles utilitzat a les gàrgoles i, finalment, raonant unes conclusions.

Les sals solubles són omnipresents en els materials petrís, constitueix el principal mecanisme de deteriorament en el patrimoni cultural, provocant pèrdua de cohesió dels components, donant lloc a diferents degradacions i podent comprometre l'èxit de tractaments posteriors.

Per a l'extracció de sals solubles en profunditat realitzada a les gàrgoles, es va utilitzar el mètode d'extracció de sals solubles mitjançant l'aplicació de materials absorbents amb aigua desionitzada i, de forma específica, es va aplicar la metodologia desenvolupada per l'equip Arbotante, del departament de Geologia de la Universitat de Saragossa. Aquesta metodologia, sorgida arran d'una sèrie d'experiments amb pedra sorrenca i apòsits amb

fibra de cel·lulosa, estableix que la màxima concentració de sals al cataplasma es dona en els primers deu o quinze minuts d'haver-hi col·locat l'apòsit sobre el substrat.

## METODOLOGIA

Per a la redacció d'aquest article s'ha dut a terme una revisió i síntesi de les memòries finals de la primera fase de la Llotja de Mercaders i, especialment, de les gàrgoles. Així mateix, s'ha realitzat una recerca documental sobre mètodes d'extracció de sals solubles, basada principalment en recursos electrònics, en català i castellà: cercadors (Google Scholar), plataformes (Academia.edu), catàlegs (CABIB, REBIUN, CCUC), biblioteques accessibles en línia (ICCRUM), bases de dades (DIALNET), congressos, revistes especialitzades i altres fonts. En anglès: plataforma (Academia.edu). La recerca s'ha efectuat mitjançant paraules clau (extracció de sals solubles, eliminació de sals solubles, dessalació, sals solubles, mètodes d'extracció de sals solubles) i autor: Josep Gisbert Aguilar. Alhora, s'han establert uns criteris d'inclusió i d'exclusió: publicacions que desenvolupen el tema d'extracció de sals solubles i recerca acotada del 2010 al 2020.

## IDENTIFICACIÓ DE L'OBRA

La Llotja de Mercaders, obra cabdal del gòtic civil de les Illes Balears, va ser construïda per Guillem Sagrera, la figura més important de l'art medieval a les Illes Balears. L'any 1421 s'iniciaren les obres de construcció de la Llotja de Mercaders i, el 1426, es va firmar el contracte entre el

<sup>1</sup> La intervenció de conservació i restauració de la Llotja de Mercaders (2008-2010) es va realitzar a partir del *Proyecto de ejecución para las obras de restauración de la Lonja de Palma. Memoria II*, redactat per l'arquitecta Gloria Alcázar (Ministerio de Fomento) en l'any 2000. Els treballs van ser executats per la UTE (unió temporal d'empreses): Restautotec S.L. – Construcciones Llabrés Feliu.



col·legi de Mercaders i Guillem Sagrera, *lapiscida*, paleta, i mestre,<sup>2</sup> simultaniejant les funcions de constructor, escultor i mestre d'obres.<sup>3</sup>

La llotja es va construir majoritàriament amb pedra de Santanyi,<sup>4</sup> essent un edifici de planta rectangular que forma un únic espai interior, amb sis columnes helicoidals sense base ni capitell i coberta de volta de creueria. **1**

A les façanes exteriors, els cantons estan rematats per torres octogonals acabades amb merlets escalonats. Els panys presenten una marcada imposta a mitja alçada que divideix la composició de cada costat en dos sectors (el superior i l'inferior) ben delimitats, alhora que contraforts de poca secció marquen el ritme de les crugies, que les divideixen verticalment. El coronament de les quatre façanes consisteix en una galeria oberta formada per arcs conopials rematada amb torretes com a acabament de cada un dels petits contraforts esmentats. **2** La coberta és de teula i està configurada a quatre vessants.

El conjunt consta de dues portes oposades, seguint l'eix de la nau central (amb orientació a llevant i a ponent), amb arquivoltes i decoracions segons els criteris de l'estil gòtic. La porta que dona a la plaça de la Llotja presenta a l'Àngel de la Mercaderia, el patró del gremi de mercaders. **3** Inclou dues obertures al costat nord que abasten quasi la totalitat de l'amplada de les crugies centrals i finestres al sud, totes elles partides per un mainell central i amb traceries decoratives.<sup>5</sup>

<sup>2</sup> Tal com apareix a la documentació de l'època.

<sup>3</sup> SABATER, T. "Guillem Sagrera, arquitecto y escultor". A: CLIMENT GUIMERÀ, F. (coord.). *La Lonja de Palma*. Mallorca: Govern Balear, 2003, p. 57-78.

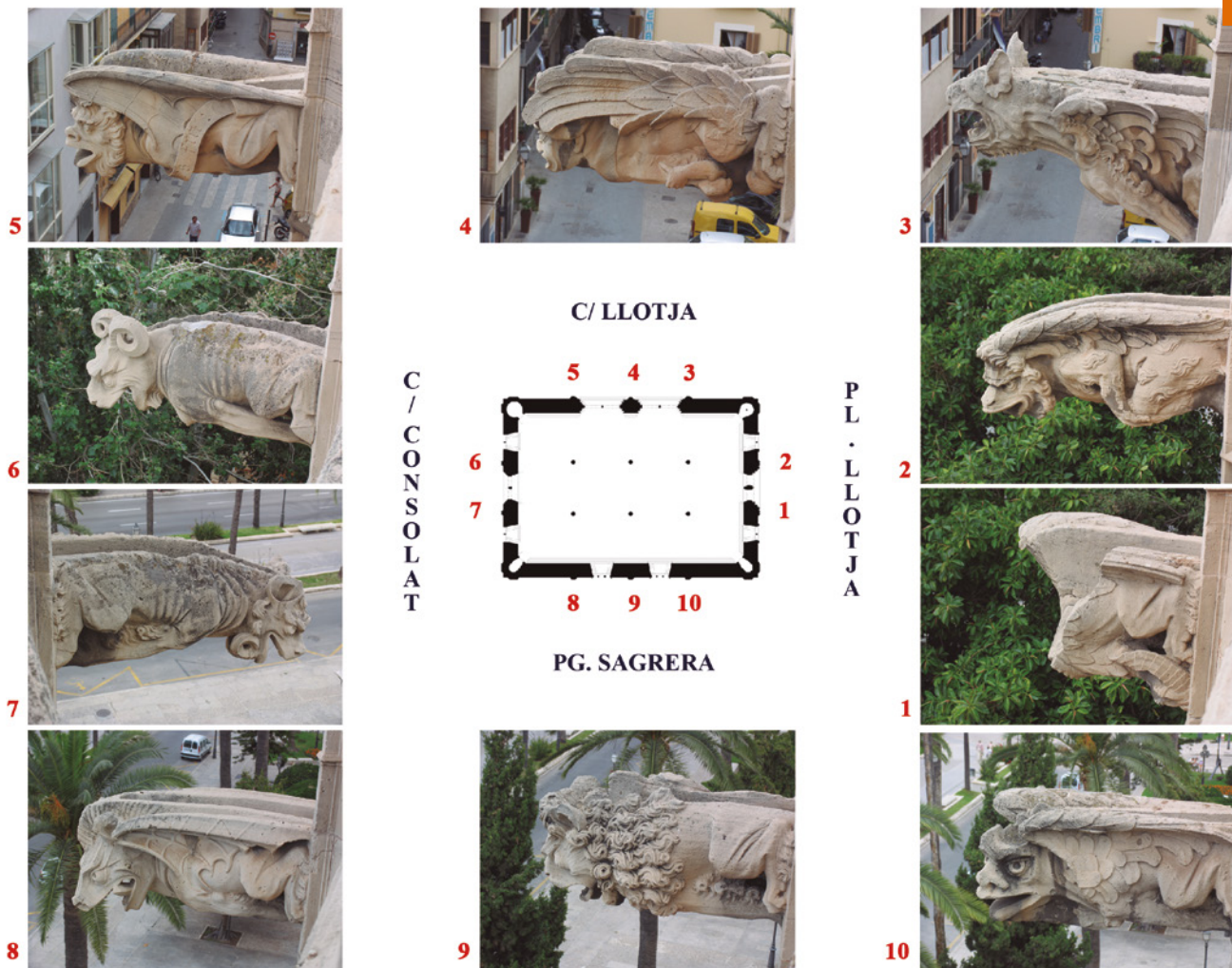
<sup>4</sup> Gres calcari (*grainstone*) o biocalcoarenita constituïda bàsicament per calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), encara que pot contenir petites quantitats de dolomita [ $(\text{Ca}, \text{MgCO}_3)$ ] variables d'una zona a una altra. El conjunt està format per una acumulació de fòssils que donen lloc a una important porositat mòldica (formada pels espais de l'interior dels organismes), parcialment cimentada per calcita esparítica. PATRIMONI-UB. *La Llotja de Mercaders*. Palma de Mallorca. Materials de construcció. Estat de conservació. Mecanismes de degradació. Suggestiments de restauració. Informe inèdit. Barcelona: Restaurotec. Tècniques de restauració S.L., 2006, p. 4.

<sup>5</sup> CANTARELLAS, C. "La Lonja de Palma. Un espacio único". A: CLIMENT GUIMERÀ, F. (coord.). *La Lonja de Palma*. Mallorca: Govern Balear, 2003, p. 57-78.

[1] Imatge de l'interior de la Llotja de Mercaders.

[2] Imatge de la façana principal de la Llotja de Mercaders.

[3] Imatge de detall de l'Àngel de la Mercaderia (Fotografies: E. Planells).



[4] Plànol d'ubicació de les gàrgoles a partir de la planta de la Llotja de Mercaders (Fotografies: J. Riesco. Plànol realitzat per l'autora a partir d'Adobe Photoshop®).

<sup>6</sup> CANTARELLAS, C. "La Lonja de Palma. Intervenciones y propuestas ochocentistas". *Mayurqa*. Vol. 2 (1989), núm. 22, p. 726.

<sup>7</sup> PATRIMONI-UB. *Llotja de Mercaders, Palma de Mallorca. Anàlisi de les gàrgoles. Estat de conservació i propostes d'intervenció*. Informe inèdit. Barcelona: Restaurotec, Técnicas de restauración S.L., 2009, p. 3.

La Llotja comprèn un ampli conjunt escultòric que inclou 10 gàrgoles a la part superior, **4** essent una de les gàrgoles de la façana nord reposada el 1885 per l'escultor Antoni Vaquer (1837-1915).<sup>6</sup> **5** Totes les gàrgoles estan esculpides amb pedra de Santanyí, si bé d'una varietat lleugerament diferent de la utilitzada per a la construcció del bé immoble: "Es tracta d'una pedra de gra més gruixut, amb més alta porositat, tot i que està ben cohesionada i és de bona qualitat. La seva composició gairebé és exclusiva de calcita (CaCO<sub>3</sub>), aquesta varietat presenta un baix grau de dolomitització en comparació amb la majoria de pedra emprada en aquesta construcció".<sup>7</sup> **6**

L'edifici de la Llotja de Mercaders pertany a l'arquetip de les llotges mediterrànies i representa la síntesi del gòtic mediterrani, essent una de les principals mostres del gòtic civil tardà de la Corona d'Aragó. El model constructiu iniciat per Sagrera fou imitat a la Llotja de València.

## INTERVENCIÓ DE CONSERVACIÓ I RESTAURACIÓ ESTAT DE CONSERVACIÓ

L'estat de conservació de l'edifici de la Llotja de Mercaders, així com del conjunt escultòric de les gàrgoles, es pot considerar regular en presentar una bona estabilitat estructural. A les gàrgoles s'identifiquen una sèrie d'indicadors d'alteració, que es poden agrupar de la següent forma:<sup>8</sup>

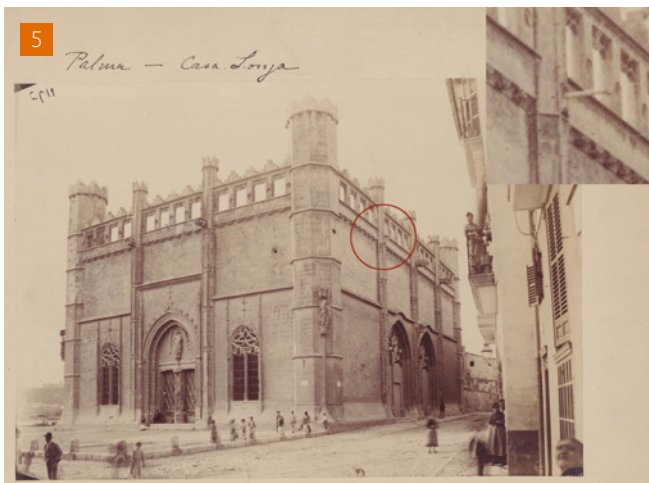
### 1. Modificacions superficials

Alteració cromàtica: patina artificial ataronjada. Patina de brutícia: capa fina de tonalitat marró fosc. Crostes: crosta negra irregular i dura; a determinats punts, crosta negra més gruixuda, fruit de la recristal·lització globular. Aquests indicadors es donen en les zones més resguardades, on l'aigua de pluja no té accés. **7** i **8**. Dipòsits: acumulació de pols i excrements de coloms a la part superior.

<sup>8</sup> Els punts 1, 2, 3, 4 i 5 dels indicadors d'alteració s'han realitzat a partir de la classificació duta a terme per Alcalde Moreno. Veure el capítol "La alteración de la piedra en los monumentos" a: ALCALDE MORENO, M. *Diagnosis y tratamiento de la piedra: I. La alteración de la piedra en los monumentos*. Madrid: Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja, 1990, p. 15-34. El punt 6 dels indicadors d'alteració, a partir de la classificació feta per l'ICOMOS. Veure ICOMOS-ISCS. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre* [En línia]. <[https://www.icomos.org/publications/monuments\\_and\\_sites/15/pdf/Monuments\\_and\\_Sites\\_15\\_ISCS\\_Glossary\\_Stone.pdf](https://www.icomos.org/publications/monuments_and_sites/15/pdf/Monuments_and_Sites_15_ISCS_Glossary_Stone.pdf)> [Consulta: 1 març 2020].

# Unicum

Escultura



[5] Fotografia de finals del segle XIX, a on es pot observar com a la façana nord falta una gàrgola (gàrgola 3), substituïda provisionalment per un tub (Fotografia: DE LAURIÉRE, J. "Casa Lonja", 18 x 13 cm, c.1881-1893, Arxiu del So i de la Imatge de Mallorca (ASIM). Imatge modificada per l'autora amb Adobe Photoshop®).

[6] Vista lateral d'una de les gàrgoles que dona al Passeig Sagrera (gàrgola 9).

[7] Vista inferior de la gàrgola 4 amb abundant presència de crosta negra.

[8] Imatge de detall de la gàrgola 5 amb presència de crosta negra puntual amb recristal·lització globular (Fotografies: E. Planells).



[9] Imatge de les extremitats anteriors de la gàrgola 10 amb una elevada presència de disgregació del suport (Fotografia: E. Planells).

## 2. Eliminació/ pèrdua de matèria

Picat: es troba fortament lligat a la presència de microorganismes. Erosió: erosió diferencial, donada per la composició de la pedra amb nòduls d'argila més alterables. Disgregació: apareix com a producte d'altres degradacions, com la crosta negra i la descamació. Implica pèrdua de detallisme del relleu escultòric. <sup>9</sup>

## 3. Deformació

Butllofes: puntuals i relacionades amb la crosta negra.

## 4. Ruptures

Fissuració: petites fissures superficials, la majoria associades a petites pèrdues de suport. Fragmentació: ruptura amb pèrdua d'elements de zones més sobresortints del relleu escultòric.

## 5. Disjuncions

Descamació: en relació amb el despreniment puntual de la crosta negra en forma d'escates. <sup>10</sup>

## 6. Colonització biològica

Microorganismes: especialment fongs i líquens de forma puntual, a les zones amb més retenció d'humitat o acumulació d'aigua.

## PROCÉS DE CONSERVACIÓ- RESTAURACIÓ

### DESCRIPCIÓ GENERAL

A continuació, es fa una descripció general dels processos d'intervenció duts a terme al conjunt escultòric de les gàrgoles de la Llotja de Mercaders.<sup>9</sup> L'ordre en què es detallen els processos no coincideix amb l'ordre real d'intervenció, ja que cada gàrgola ha estat intervinguda en funció de la seva patologia.

### - Neteja

Neteja mecànica superficial: duta a terme a totes les gàrgoles, mitjançant aspirador i paletina, per a l'eliminació de dipòsits amb escassa adherència al suport. Neteja mecànica: s'han realitzat dues neteges mecàniques de forma puntual, bàsicament per a l'eliminació, si més no, rebaixa de les crostes negres; neteja mecànica amb micromotor, Dremel® 300 Series amb fresas d'òxid d'alumini núm. 952 i núm. 953 (gàrgoles 2, 8 i 9), <sup>11</sup> combinada amb la projecció de micropartícules abrasives, com microesferes de vidre (totes les gàrgoles).

<sup>12</sup> Neteja química: s'ha dut a terme de forma puntual, amb l'aplicació d'apòsits<sup>10</sup> de *papetta* AB-57,<sup>11</sup> sempre combinada amb la neteja mecànica, per a l'eliminació de la crosta negra i la brutícia molt adherida (gàrgoles 3, 4, 5 i 9).

<sup>9</sup> La intervenció es va dur a terme segons la legislació vigent sobre patrimoni històric (*Ley del Patrimonio Histórico Español* 16/1985, Llei del Patrimoni Històric de les Illes Balears 12/1998), les recomanacions de les cartes internacionals (Carta del Restauro 1987, Carta de Cracòvia 2000, Carta ICOM-CC Nova Delhi 2008). Així com les pautes i criteris d'intervenció en materials petris establerts per l'*Instituto del Patrimonio Cultural de España* (IPCE).

<sup>10</sup> Apòsits de sepiolita: argila absorbent de la marca comercial *Supermold*, formada per tres components sòlids: 86% Pansil 400 (càrrega mineral d'alta activitat superficial; és un additiu polifuncional fabricat amb sepiolita), 8% Pangel B20 (additiu reològic per a sistemes orgànics de polaritat mitjana-baixa) i 6% de Repr-Fibre 1000 (fibres per donar consistència).

<sup>11</sup> Formulació creada per l'*Instituto Centrale del Restauro*: per 1000 cc d'aigua, 30 g de bicarbonat d'amoni, 50 g de bicarbonat de sodi, 25 g d'EDTA (sal bisòdica), 10 cc de desogen i 60 g de carboximetilcel·lulosa.



[10] Imatge de detall de la zona inferior de la gàrgola 1 amb presència de descamació de la crosta negra (Fotografia: E. Planells).



[11] Detall de cala de neteja mecànica amb microtorn per al rebax de la crosta negra.



[12] Imatge de la projecció de microesferes de vidre de forma puntual i controlada a la gàrgola 1 (Fotografies: V. López).

#### - Desinsectació

S'ha aplicat un biocida per impregnació, Algicid Plus KEIM® mitjançant paletina, a la part superior i laterals de totes les gàrgoles per a l'eliminació de fongs i líquens. Puntualment, donada l'abundant presència d'atac biològic, la desinsectació s'ha combinat amb l'aplicació d'apòsits de *papetta* AB-57<sup>12</sup> (gàrgoles 6 i 7).<sup>13</sup>

#### - Cosit

S'ha dut a terme un cosit mitjançant la inserció de perns de fibra de vidre a determinades gàrgoles amb presència de fissures de llarg recorregut i que a llarg termini podrien arribar a ser un perill per a la seva estabilitat estructural (gàrgoles 1, 3, 7 i 8). A la gàrgola del segle XIX (gàrgola 3) s'han substituït dues grapes metàl·liques ubicades a la part superior, per una grapa composta de fibres de carboni MapeWrap G Fiocco.<sup>13</sup>

#### - Reintegració

Reintegració matèrica: mitjançant un morter de calç

<sup>12</sup> Per recomanació directa de la conservadora-restauradora Isabel de Rojas, membre de la Direcció Facultativa.

<sup>13</sup> Composta per una quantitat de fils diferents que han estat impregnats amb MapeWrap 21, una resina epoxídica de dos components (A i B) 4:1 en pes.





[13] Imatge de l'aplicació d'apòsits de *papetta* AB-57 a la gàrgola 6 per facilitar l'eliminació de l'atac biològic (Fotografia: E. Planells).

hidràulica i àrids seleccionats (1:4), s'ha aplicat de forma molt puntual a pèrdues de suport ubicades a la zona superior de les gàrgoles, en ser una via d'entrada i de retenció d'aigua important (gàrgoles 2 i 5). Reintegració cromàtica: mitjançant veladura per una qüestió estètica, amb pigments Restauro-Lasur KEIM® a la gàrgola del segle XIX (gàrgola 3).

#### - Consolidació

Preconsolidació del suport: puntual i aplicada per impregnació a les zones disgregades, mitjançant consolidant de silicat d'etil Estel 1000 amb *white-spirit* D40 al 50%. <sup>14</sup> Relacionada amb altres processos d'intervenció (gàrgoles 3, 4, 7 i 9). Consolidació del suport: s'ha aplicat a diferents gàrgoles per impregnació, mitjançant silicat d'etil Estel 1000, sempre després de l'extracció de sals, ja que els consolidants s'han d'aplicar quan s'hagin estabilitzat els moviments de sals solubles<sup>14</sup> (gàrgoles 1, 3, 7, 8, 9 i 10).

#### - Extracció de sals

S'ha dut a terme una extracció puntual de sals solubles, mitjançant fibres de cel·lulosa Arbocel® BC 200 amb interposició de paper japonès de 9 g, ajustada a les zones a on la pedra es troba fortament disgregada i com a pas previ per a la consolidació del suport (gàrgoles 1, 3, 7, 8, 9 i 10). <sup>15</sup>

#### - Mesura de conservació preventiva

A la zona de la canalització de totes les gàrgoles i per disminuir l'entrada d'aigua, s'ha dut a terme la inserció d'una planxa de plom de 0,3 mm de gruix i d'entre 1,40 i 1,60 m de llargària.

#### EXTRACCIÓ DE SALS SOLUBLES

S'ha dut a terme una extracció de sals solubles al 60% de les gàrgoles, en concret, a les gàrgoles 1, 3, 7, 8, 9 i 10. L'extracció s'ha efectuat de forma puntual, localitzada a les zones que presenten disgregació i on s'ha de realitzar una consolidació del suport.

Per verificar la idoneïtat del sistema anteriorment explicat, a la gàrgola 10 s'ha procedit a l'aplicació de dos apòsits amb diferents temps de contacte. S'han mesclat 60 g de fibra cel·lulòsica, Arbocel® BC 200 en 600 ml d'aigua desionitzada, mesurant abans la conductivitat de l'aigua ( $\Omega$ ). S'ha deixat reposar la mescla entre 10 i 15 minuts i s'ha tornat a mesurar la conductivitat ( $\Omega_1$ ). S'ha escorregut la fibra i s'ha aplicat al suport de pedra amb el paper japonès completament mullat. S'han realitzat dues aplicacions del mateix apòsit a diferents zones de la part inferior: zona 1: 10 a 15 minuts; zona 2: 24 hores. <sup>15</sup> <sup>16</sup>

A la zona 1 s'han dut a terme dues aplicacions amb un temps de contacte entre 10 i 15 minuts. A la zona 2 s'ha

<sup>14</sup> LABORDE, A. (coord.). *Proyecto COREMANS: Criterios de intervención en materiales pétreos*. Madrid: Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE). Secretaría General Técnica, 2013, p. 91.

<sup>15</sup> El resultat de les sals extretes serà sempre la resta de:  $\Omega_1 - \Omega_2 = \Omega_F$



[14] Imatge de detall de la gàrgola 3 amb zones puntuals preconsolidades.

[15] Detall de la zona inferior de la gàrgola 1 durant el procés d'extracció de sals solubles (Fotografies: E. Planells).



efectuat una aplicació deixant l'apòsit 24 hores, en aquest cas, s'ha embolicat la gàrgola amb film transparent per retardar l'assecatge de la cel·lulosa. Un cop passat el temps d'aplicació s'han retirat els apòsits i s'ha mesurat la conductivitat ( $\Omega_2$ ). **TAULA 1**

Un cop analitzats els resultats, i verificada la metodologia establerta per l'equip Arbotante, s'han deixat tots els apòsits entre 10 i 15 minuts, que és quan es dona una major extracció de sals i s'aconsegueix una notable agilització del procés.<sup>16</sup>

En totes les gàrgoles s'han utilitzat els mateixos materials i la mateixa metodologia. Un cop localitzades les zones disgregades, s'han empaperat amb trossos de paper japonès adherint-los al suport amb pinzell i aigua desionitzada. Primer de tot, s'ha mesurat la conductivitat de l'aigua ( $\Omega$ ), posteriorment s'ha mesclat la fibra cel·lulòsica amb aigua desionitzada, s'ha deixat reposar uns deu minuts i s'ha mesurat la conductivitat de l'apòsit abans d'aplicar-lo al suport de pedra ( $\Omega_1$ ). El temps de contacte de l'apòsit amb el suport ha estat de 10 a 15 minuts. S'ha deixat reposar la mescla uns 15 minuts, s'ha filtrat amb una reixeta i s'ha mesurat la conductivitat en microsiemens ( $\mu S$ ) mitjançant un conductímetre ( $\Omega_2$ ). Un cop assolits els valors que s'han considerat òptims, s'ha deixat assecar el suport per poder realitzar la consolidació. **17**

## MÈTODES ACTUALS D'EXTRACCIÓ DE SALS SOLUBLES

### LES SALS SOLUBLES

Les sals solubles són omnipresents en els materials petrís, essent el principal mecanisme de deteriorament en el patrimoni cultural, provocant pèrdua de cohesió dels components, donant lloc a diferents degradacions i podent comprometre l'èxit de tractaments posteriors. Les sals són el resultat de l'evaporació de l'aigua continguda a la fàbrica, i té el seu origen en compostos dissolts prèviament en aigua;<sup>17</sup> es donen pels processos de dissolució, transport i precipitació i tenen lloc en la superfície i en l'interior dels elements constructius dels edificis.<sup>18</sup> Principalment, les sals solubles provenen de fonts externes, excepcionalment, com en el cas del guix, són inherents al material de construcció.

<sup>16</sup> FRANCO, B. [et al.]. "Deterioro de los materiales por sales: cinética del proceso, cartografía y métodos de extracción". A: *Actas del I Congreso del GEIIC. Conservación del Patrimonio: evolución y nuevas perspectivas* (Valencia, 25, 26 y 27 de noviembre de 2002). València: GEIIC, 2002, p. 5.

<sup>17</sup> GISBERT AGUILAR, J. (coord.). "Las humedades y el deterioro de la fábrica pétreo". A: *I Jornadas de caracterización y restauración de materiales pétreos en arquitectura, escultura y restauración*. (Uncastillo, julio de 2009). Saragossa: Universitat de Saragossa, 2009, p. 215.

<sup>18</sup> LÓPEZ JULIÁN, P.L. [et al.]. "Caracterización geoquímica de las sales procedentes de deyecciones de palomas en patrimonio cultural. Iglesia de El Salvador (Úbeda, Jaén)". *Geconservación*. Vol. 1 (2018), núm. 14, p. 28.


16



◦ GÀRGOLA 10

VISTA INFERIOR

TEMPS D'APLICACIÓ DELS APÒSITS

 ZONA 1: 10- 15 MINUTS

 ZONA 2: 24 HORES

[16] Imatge de la zona inferior de la gàrgola 10 amb temps controlats d'aplicació dels apòsits (Fotografia: E. Planells. Imatge modificada per l'autora amb Adobe Photoshop®).

TAULA 1

	GÀRGOLA 10	AIGUA $\Omega$	AIGUA+PAPER ABANS $\Omega_1$	AIGUA+PAPER DESPRÉS $\Omega_2$	RESULTAT FINAL $\Omega_f$
<b>ZONA 1</b>	<b>1a aplicació: 10-15 minuts</b>	4 $\mu\text{S}$	83 $\mu\text{S}$	859 $\mu\text{S}$	776 $\mu\text{S}$
	<b>2a aplicació: 10-15 minuts</b>	4 $\mu\text{S}$	83 $\mu\text{S}$	400 $\mu\text{S}$	317 $\mu\text{S}$
<b>ZONA 2</b>	<b>1a aplicació: 24 hores</b>	4 $\mu\text{S}$	83 $\mu\text{S}$	530 $\mu\text{S}$	447 $\mu\text{S}$

[TAULA 1] Resultat de les aplicacions dels apòsits a la zona inferior de la gàrgola 10.

17

 EXTRACCIÓ DE SALS SOLUBLES


GÀRGOLA 1



GÀRGOLA 3



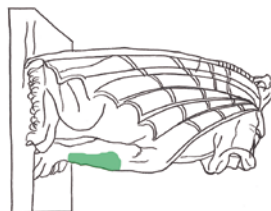
GÀRGOLA 7



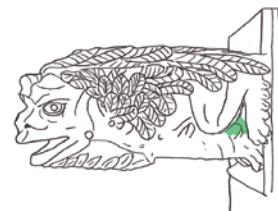
GÀRGOLA 9



GÀRGOLA 8



GÀRGOLA 10



[17] Mapes d'intervenció d'extracció de sals solubles a les gàrgoles 1, 3, 7, 8, 9 i 10 (Fotografia: E. Planells. Imatges modificades per l'autora amb Adobe Photoshop®).

L'alteració produïda per les sals solubles es dona a partir de diversos mecanismes, principalment relacionats amb l'aigua, la temperatura, la humitat relativa i per la quantitat de sals presents a la pedra: el tipus, la seva naturalesa (solubilitat), també per les característiques del suport, la seva estructura porosa i la força de cohesió del material.<sup>19</sup>

Els principals indicadors d'alteració relacionats amb la presència de sals solubles són les eflorescències superficials, l'alveolització, la disgregació del suport, la desplaçació i la descamació. La correcta identificació d'aquests indicadors d'alteració així com comprendre les seves causes i els mecanismes que els han originat, poden proporcionar informació valuosa a l'hora d'escometre una intervenció d'extracció de sals solubles i de plantejar una intervenció de conservació i restauració que estabilitzi les causes i mecanismes de degradació existents. Un dels motius per dur a terme una extracció de sals és el de la

consolidació del suport, ja que el fet de consolidar amb presència de sals solubles pot comprometre l'èxit de la intervenció.

### RESULTATS I DISCUSSIÓ

El nombre total d'articles consultats ha estat de 23 i els seleccionats finalment per la realització del treball, segons els criteris d'inclusió i exclusió, han estat 14. D'aquests 14 articles, 6 són en castellà i 8 en anglès.

Dels 6 articles en castellà, 2 corresponen a articles amb autoria de Gisbert Aguilar (juntament amb altres autors), qui ha estudiat en profunditat el tema de l'extracció de sals solubles, i a qui correspon la metodologia duta a terme per a l'extracció de sals solubles de les gàrgoles a la intervenció del 2008-2010.

A continuació, es presenten en diferents taules els resultats obtinguts de la recerca documental: en català,

<sup>19</sup> MAÑAS ALCAIDE, B.

*La técnica de desalación mediante empacos; estudio del comportamiento de diferentes materiales y técnicas de aplicación.* Tutor: Xavier Mas i Barberà. Treball final de màster. València: Universitat Politècnica de València, 2011-12, p. 14.

TAULA 2

AUTOR/ ANY	ESTUDI / METODOLOGIA	CONCLUSIONS / OBSERVACIONS
<b>MAÑAS ALCAIDE, B.</b> <b>2011/12</b>	TFM en conservació i restauració. Estudi de laboratori. <b>Mètode: aigua + material absorbent.</b> Suport: calcària. Apòsits: sepiolita, vidre granulat i fibres de cel·lulosa. Assecatge: 48 h. T: 22,4°C / HR: 52,9%.	Extracció de sals solubles amb millors resultats: sense prehumectació, sense interposar paper japonès, i quan les dimensions dels porus del suport són majors que els de l'apòsit.
<b>ZORNOZA-INDART, A.</b> <b>2012</b>	Article. <b>Estudi teòric.</b> Recull de principals mètodes d'extracció de sals solubles.	No existeix un mètode únic. S'han de conèixer totes les tècniques per valorar la més idònia en funció de cada cas.
<b>FEIJOO CONDE, J.</b> <b>2016</b>	Tesi. Estudi de laboratori/ Estudi in situ (tècnica electrocinètica). Suport: granit. <b>Anàlisi de diferents mètodes d'extracció de sals:</b> banys d'immersió, 5 apòsits (fibres de cel·lulosa, sepiolita, caolí), inhibidors i/o modificadors de la cristallització i tècniques electrocinètiques.	En total 26 assajos d'extracció de sals. Apòsits: la seva eficàcia depèn de la distribució dels porus i de la seva adequació a la distribució dels porus del granit. Mètodes electrocinètics: major extracció de sals i a més profunditat. No produeix cap alteració química o dany als materials. Totes les tècniques en major o menor mesura provoquen canvis de color.
<b>GALÁN CABALLERO, M.</b> <b>2018-2019</b>	Temari assignatura Grau en conservació i restauració. Estudi teòric. Mètodes: immersió i aigua + material absorbent.	Atapulgita: poder d'absorció d'aigua, major que la sepiolita. Polpa de paper: poder d'extracció de sals solubles, menor que les argiles, encara que no introdueix tanta aigua a dins la pedra.

[TAULA 2] Resultats de la recerca documental en castellà, extracció de sals solubles 2010-2020.

per autor (Gisbert Aguilar, J.); en anglès, els mètodes d'extracció i els tipus d'estudi; en castellà, els mètodes d'extracció i els tipus d'estudi i, finalment, els principals temes tractats pels diferents autors amb relació al procés d'extracció de sals solubles.

TAULA 2 TAULA 3 TAULA 4 TAULA 5

A part, cal esmentar els resultats de la recerca per autor de Gisbert Aguilar, a on els articles tracten sobre la metodologia d'extracció de sals mitjançant aigua i material absorbent, en aquest cas, fibres de cel·lulosa. Ambdues publicacions són estudis realitzats in situ.

TAULA 6

L'extracció de sals solubles per aplicació de material absorbent amb aigua desionitzada és el mètode sobre el qual es troba més documentació escrita, tant en castellà com en anglès. Cal destacar que segueix sent el mètode d'extracció de sals solubles en profunditat més utilitzat en

béns immobles pels conservadors-restauradors de béns culturals.

Amb relació al tipus d'estudi, és interessant ressaltar com la majoria d'articles, tant en castellà com en anglès, són estudis de laboratori, on les condicions i els paràmetres creats de forma artificial<sup>20</sup> poden ser una guia a extrapolar in situ; no obstant això, no deixa de ser una aproximació de la problemàtica real, ja que les condicions ambientals i totes les variables que poden influir en una obra disten de poder ser "representades" en un estudi de laboratori.

Referent a la recerca bibliogràfica en anglès, crida l'atenció la quantitat d'articles en relació amb el total, que tracten el tema de l'extracció de sals solubles mitjançant mètodes electroquímics (electrocinètica i electroforesi). A Espanya, Feijoo Conde a la seva tesi, realitza una comparativa entre diferents mètodes d'extracció de sals en granits, essent el mètode electrocinètic el que produeix

<sup>20</sup> La majoria de les publicacions anomenen les condicions ambientals, temperatura i HR constants, amb les quals s'ha realitzat l'estudi.

<sup>21</sup> M. Blanco Domínguez, O. Buj Fandos, J. Gisbert Aguilar, P. López Julián, B. Franco López, I. Mateos Royo i P. Navarro Echeverría.

TAULA 3

AUTOR/ ANY	ESTUDI / METODOLOGIA	CONCLUSIONS / OBSERVACIONS
<b>EQUIP ARBOTANTE/ GEOTRANSFER,<sup>21</sup> COLUCCI, F.</b>  <b>2010</b>	Article. Estudi in situ. <b>Cartografia de sals:</b> creació d'una xarxa de punts i mesura de conductivitat en cadascun d'ells.	Oblees d'Arbocel® i hidroxipropilcel·lulosa: en funció del suport. Arbocel®: per a substrats irregulars i baix valor artístic. Hidroxipropilcel·lulosa: per a pintura mural o substrats delicats. Intercalar un paper japonès segons les característiques del suport. El substrat ha d'estar sec i un excés d'aigua en l'oblea és perjudicial (genera halo salí perimetral). Temps d'aplicació: "primer reflux" entre 6 i 15 minuts (segons T/ HR i insolació). Aplicació manual: factor erràtic. Assecatge: la sal emigra dels materials macroporosos (primers a assecar) als microporosos (darrers en assecar). Cartografia de sals: distribució i composició de les sals en paraments petris. Posició dels fronts humits i origen de la humitat.
<b>LÓPEZ JULIÁN, P. L. [et al.].</b>  <b>2018</b>	Article. Estudi in situ. <b>Caracterització de sals provinents de les dejeccions dels coloms</b> a l'església de El Salvador (Úbeda, Jaén). Mapes de sals, extracció de sals mitjançant apòsits Arbocel® BC1000 durant 8 minuts, mostreig d'aigües.	Les acumulacions salines afecten zones molt més àmplies que les zones visualment identificables. Una font important de sals: del rentatge d'acumulacions de dejeccions d'aus. Establiment d'una metodologia: mapes de conductivitat + extracció de sals mitjançant apòsits en els punts màxims + mostreig d'aigües, dona una més completa aproximació per identificar la procedència de les sals i les zones d'acumulació i per establir recomanacions i un pla de manteniment adequat.

[TAULA 3] Resultats de la recerca documental per autor. GISBERT AGUILAR, J., extracció de sals solubles 2010-2020.

TAULA 4

AUTOR/ ANY	ESTUDI / METODOLOGIA	CONCLUSIONS / OBSERVACIONS
<b>SAWDY, A.</b> <i>[et al.]</i> <b>2011</b>	Article. Estudi de laboratori sobre la <b>possibilitat d'optimitzar l'extracció de sals amb apòsits</b> . Estudi de dos apòsits: sorra i caolí. Sobre dos substrats de diferent porositat. Temps d'assecatge: 48 h aprox. T 20°C / HR 50%.	En relació amb les propietats del substrat es pot optimitzar l'extracció de sals relacionada amb l'apòsit. L'eficiència de l'extracció de sals depèn del fet que l'apòsit tingui porus més fins que els del substrat. Falten estudis que analitzin i avaluin el resultat a llarg termini de la distribució final de sals que queda dins del substrat després del tractament, ja que és impredecible.
<b>VERGÈS-BELMIN, V.; HERITAGE, A.; BOURGÈS, A.</b> <b>2011</b>	Article. Estudi de laboratori sobre la <b>viabilitat de l'ús d'apòsits de cel·lulosa (Arbocel®) per a l'extracció de sals</b> . Exposa avantatges i inconvenients. Estudi a partir d'apòsits Arbocel® + aigua desionitzada. Sobre 15 tipus de roca diferents. Temps d'assecatge: entre 4 i 24 h. T 20°C / HR 50%.	Major extracció de sals amb un apòsit més prim: subministra menys aigua dins l'objecte (redistribució de sals) i té menys probabilitats de desprendre's del substrat. La capacitat de sorció dels apòsits no està determinada per la seva longitud de fibra, sinó, per la naturalesa del substrat. Els apòsits de fibra curta (al contrari que els de fibra llarga), són més fàcils de dispersar i requereixen menys aigua per ser viables. Les mescles de diferents longituds de fibra en un mateix apòsit no ofereix cap avantatge. Arbocel® (porositat mitjana de 10 µm) funciona millor en substrats de porus mig gruixut (15 µm i +), mentre que en substrats fins (10 µm o -) l'extracció de sals no seria tan eficient.
<b>KASHIF, K.</b> <b>2012</b>	Tesi. Estudi de laboratori. <b>Dessalinització electrocinètica de materials de construcció porosos</b> . Estudi a partir d'un suport: maó de fang cuit i a una sal; NaCl, clorur de sodi.	Estudi molt limitat, ja que només es fa a partir d'un material i una sal: "En conclusió, els nostres resultats indiquen que el mètode electrocinètic és ineficaç per a l'assecatge i té greus limitacions per a la dessalinització de materials de construcció com el maó d'argila cuit".
<b>DE CLERCQ, H.</b> <i>[et al.]</i> <b>2016</b>	Article. Estudi de laboratori i in situ del <b>mètode d'electroforesi</b> per extracció de sals. Laboratori: suport: pedra calcària, maó, i maó combinat amb morter. Mostres contaminades amb NaCl. Elèctrodes: entre 7 i 19 dies, entre 10 i 30 v. In situ: veure GODTS, S.; DE CLERCQ H.; HAYEN, R.	Electroforesi, mètode potencial per a l'extracció de sals. Profunditat d'extracció: entre 30 i 40 cm. Prehumectació del suport: afavoreix la migració de les sals cap a l'interior. Guix exclòs de l'estudi. Diferents variables no estudiades, no representació de la realitat (formació d'àcid clorhídric i àcid sulfúric durant el procés, per això ús de mescla de calcita i cel·lulosa reciclada).
<b>GODTS, S.; DE CLERCQ, H.; DEBAILLEUX, L.</b> <b>2016</b>	Article. Estudi de laboratori. <b>Mètode d'extracció de sals mitjançant aplicació d'apòsits</b> . Suport: 6 mostres de maó, immersió en NaCl. Apòsit: fibres de cel·lulosa (Arbocel® BWW40), caolí i sorra calibrada. Gruix apòsit 1,5 cm. Assecatge: dies. T: 20°C / HR: 50%.	L'extracció de sals duta a terme per un apòsit té una eficiència bastant baixa en termes de reducció de contingut. Els resultats de laboratori indiquen que com més aigua, més extracció de sal. En canvi, a la pràctica, la prehumectació i l'aplicació de cataplasma també poden conduir a una redistribució de sals a dins del material en profunditat i a zones menys contaminades per sals. El temps d'assecatge de l'apòsit i del substrat influirà en el seu rendiment (un assecatge lent del substrat pareix afavorir l'extracció de sals). Una conductivitat decreixent en un apòsit pot ser un indicador que les sals s'estan redistribuint pel substrat (no té per què ser necessàriament que el contingut de sals decreixi).

<p><b>GODTS, S.; DE CLERCQ, H.; HAYEN, R.</b></p> <p><b>2016</b></p>	<p>Article. Estudi realitzat in situ. <b>Comparativa de dos mètodes d'extracció de sals: apòsits i electroforesi.</b> Suport: maó i morter. Apòsit: fibres de cel·lulosa reciclada, caolí i sorra. Prehumentació. Gruix 1 cm. Assecatge: sis dies. Electroforesi: material tampó, tauler de fusta, 20 v durant 14 dies.</p>	<p>Cataplasmes: més extracció de sal en els primers 2 cm. Com més profunditat menys extracció. Si s'utilitza molta aigua en la prehumentació, s'afavoreix la migració de sals en profunditat. Electroforesi: més eficiència en extracció de sals en profunditat. Menys eficiència amb prehumentació. Requereix més investigació. Mètode d'extracció de sals avui dia no segur (durant el procés es formen àcid clorhídric i àcid sulfúric).</p>
<p><b>WEDEKIND, W. [et al.]</b></p> <p><b>2016</b></p>	<p>Article. Estudi in situ, cas pràctic. <b>Tècnica d'extracció de sals per aspersió (sprinkling method)</b> i reintegració matèrica posterior. Suport: pedra sorrenca. Ruixat d'aigua durant 10 minuts. Es recull l'aigua no absorbida i es mesura la conductivitat elèctrica. 5 cicles durant tres mesos.</p>	<p>Les mostres per perforació mostren una disminució significativa de la càrrega de sal després del tractament. Mètode controlable amb la mesura de conductivitat elèctrica. La consolidació no va ser necessària perquè tot el material inestable va ser eliminat durant el procés. Després de l'extracció de sal, reintegració matèrica. Mètode que produeix una reducció de costos d'un 30%.</p>
<p><b>WEDEKIND, W.; FISCHER, H.</b></p> <p><b>2017</b></p>	<p>Article. Estudi realitzat in situ. S'estudien <b>dos mètodes d'extracció de sals</b> i s'analitzen els resultats a mitjà termini: apòsits i mètode d'aspersió (<i>sprinkling method</i>). Apòsits: cel·lulosa i sorra rentada. Aplicació fins assecatge. 17 cicles. Aspersió: es ruixa aigua a través de filtres petits fins saturació del suport.</p>	<p>Deu anys després: a les zones a on es va realitzar l'extracció de sals mitjançant apòsits, els morters de reintegració mostren signes de degradació. A les zones a on es va dur a terme el mètode d'aspersió, els morters de reintegració mostren un millor estat de conservació. Mètode més eficient, econòmic i ràpid. Efectes secundaris del mètode d'aspersió: migració de sals de zones no tractades a zones tractades (encara que, amb els apòsits s'han observat els mateixos efectes secundaris).</p>

[TAULA 4] Resultats de la recerca documental en anglès, extracció de sals solubles 2010- 2020.

TAULA 5

MÈTODE	Aigua + material absorbent	2 publicacions <sup>22</sup> (50%)
	Diferents mètodes <sup>23</sup>	2 publicacions (50%)
TIPUS D'ESTUDI	Teòric o de laboratori	3 publicacions (75%)
	Laboratori/ In situ	1 publicació (25%)

<sup>22</sup> Una de les publicacions tracta el mètode d'aigua i material absorbent juntament amb el mètode d'immersió.

<sup>23</sup> Apòsits, banys d'immersió, inhibidors de la cristallització i tècniques electroquímiques.

[TAULA 5] Els mètodes d'extracció de sals solubles i el tipus d'estudi en castellà.

TAULA 6

MÈTODE	Aigua + material absorbent	3 publicacions (37,5%)
	Mètodes electroquímics	2 publicacions (25%)
	Anàlisi de dos mètodes: <sup>24</sup> - Apòsits i electroforesi - Apòsits i mètode d'aspersió	1 publicació (12,5%) 1 publicació (12,5%)
	Mètode d'aspersió	1 publicació (12,5%)
TIPUS D'ESTUDI	Laboratori	4 publicacions (50%)
	Laboratori/ In situ	1 publicació (12,5%)
	In situ	3 publicacions (37,5%)

[TAULA 6] Els mètodes d'extracció de sals solubles i els tipus d'estudi en anglès.

una major extracció de sals,<sup>25</sup> sense produir alteracions químiques o danys als materials, enfront de l'extracció per apòsits, on influeixen variables com la porositat, tant de l'apòsit com del suport.<sup>26</sup>

Si ens basem en el que exposen els documents de referència a Espanya sobre criteris d'intervenció en materials petris i concretament sobre el tractament de sals solubles, veiem com es recomanen diferents mètodes: aspirat i raspallat superficial, bioneteges i materials absorbents amb aigua desionitzada.<sup>27</sup> Els mètodes electroquímics com a tals, no s'anomenen, encara que es desaconsella la utilització de formulacions que puguin generar problemes al suport de pedra en modificar el seu sistema porós, i l'evolució dels quals a llarg termini són incerts. Es desaconsella expressament l'ús d'inhibidors de cristallització, ja que són procediments que solen facilitar la formació de productes secundaris que poden esdevenir nocius per a la conservació de la pedra.<sup>28</sup> Cal remarcar que l'esperit del *Proyecto Coremans* es basa en l'estabilització de riscos, la mínima intervenció i el manteniment, criteris ja de per si oposats a la mateixa metodologia dels mètodes electroquímics.

<sup>33</sup> FEIJOO CONDE, J. *op. cit.*, p. 152.

<sup>34</sup> MAÑAS ALCAIDE, B. *op. cit.*, p. 70.

<sup>35</sup> Vegeu GODTS, S.; DE CLERCQ, H.; DEBAILLEAUX, L. "Salt extraction by poulticing unravelled". A: *Science and art: a future for stone. Proceedings of the 13th International Congress on the deterioration and conservation of Stone. (Paisley 6, 7, 8, 9 and 10 September 2016)*. Paisley: University of the West of Scotland, 2016, p. 341 i GODTS, S.; DE CLERCQ, H.; HAYEN, R. "Poulticing vs electrophoresis desalination of Historic Masonry, The case of the mill at Hoksem". A: *International RILEM Conference on Materials, Systems and Structures in Civil Engineering. Conference segment on Historical Masonry. (Lyngby 22, 23 and 24 August 2016)*. Lyngby: Technical University of Denmark, 2016, p. 152.

<sup>36</sup> MAÑAS ALCAIDE, B. *op. cit.*, p. 70.

<sup>37</sup> BLANCO DOMÍNGUEZ, M. [et al.]. *op. cit.*, p. 162.

Pel que fa al mètode d'extracció de sals solubles mitjançant aigua i material absorbent, tant en la documentació en castellà com en anglès, trobem diferents materials que conformarien aquests apòsits: fibres de cel·lulosa, sepiolita, vidre granulada, caolí, sorra rentada, atapulgita i bentonita (aquestes dues argiles només anomenades teòricament).<sup>29</sup>

En el cas de l'equip Arbotante:<sup>30</sup> fibres de cel·lulosa pels apòsits i/o també hidroxipropilcel·lulosa per les oblees de les cartografies de sals.<sup>31</sup>

A més a més, i a trets generals, s'han agrupat els principals temes tractats pels diferents autors del mètode d'extracció de sals solubles mitjançant apòsits, tant en castellà com en anglès.

Tots els autors que tracten el tema de la porositat,<sup>32</sup> tant de l'apòsit com del suport, coincideixen en el fet que es produeix una major eficiència en l'extracció de sals solubles, amb l'aplicació d'uns apòsits amb una porositat més fina que la del suport. A més, Feijoo Conde<sup>33</sup> esmenta que, en cas d'aplicar apòsits amb una porositat superior a la del substrat petri, es produirà un retorn de les sals prèviament extretes des de l'apòsit fins al suport.

Pel que fa a la prehumectació del suport (prèvia a l'aplicació de l'apòsit), segons les conclusions obtingudes per Mañas Alcaide,<sup>34</sup> sempre es produeix una major extracció de sals sense prehumectar prèviament. Segons Godts<sup>35</sup> la prehumectació, i sobretot si s'utilitza molta aigua, pot afavorir a una redistribució de sals en profunditat.

El fet d'interposar un paper japonès entre el suport i l'apòsit és esmentat per autors espanyols: Mañas Alcaide<sup>36</sup> arriba a la conclusió que sempre es donen uns millors resultats d'extracció de sals solubles sense interposar un paper japonès; en canvi, l'equip Arbotante<sup>37</sup> planteja la possibilitat d'interposar-lo en funció de les característiques del substrat.

<sup>24</sup> Comparativa in situ.

<sup>25</sup> FEIJOO CONDE, J. *Definición de los protocolos más eficaces para la desalación en granitos ornamentales*. Directores: Teresa Rivas Brea i Javier Taboada Castro. Tesi doctoral inèdita. Vigo: Universidade de Vigo, 2016, p. 262. Disponible el resum en línia a: <<https://www.educacion.gob.es/teseos/imprimirFichaConsulta.do?idFicha=417568>> [Consulta: 1 març 2020].

<sup>26</sup> *Ibid.*, p. 273.

<sup>27</sup> LABORDE, A. (coord.). *op. cit.*, p. 89.

<sup>28</sup> *Ibid.*

<sup>29</sup> GALÁN CABALLERO, M. "Tema 5. Metodología de conservación y restauración de la escultura en piedra". A: Apunts inèdits de l'assignatura *Metodología de Conservación y Restauración de Escultura I (materiales pétreos)*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Bellas Artes, 2018, p. 7.

<sup>30</sup> Resultats de la recerca per autor: GIBBERT AGUILAR, J.

<sup>31</sup> BLANCO DOMÍNGUEZ, M. [et al.]. "Estudio y cartografía de sales en paramentos pétreos: Innovaciones tecnológicas con este propósito". *La ciencia y el arte* (2010), núm. 2, p. 162-170.

<sup>32</sup> Vegeu MAÑAS ALCAIDE, B. *op. cit.*, p. 69, VERGÈS-BELMIN, V.; HERITAGE, A.; BOURGÈS, A. "Powdered cellulose poultices in stone and wall painting conservation. Myths and realities". *Studies in conservation*. Vol. 56 (2011), p. 292 i SAWDAY, A. "Optimizing the extraction of soluble salts from porous materials by poultices". *Studies in conservation*. Vol. 55 (2010), p. 35.



APÒSITS	Porositat/ longitud de fibra/ gruix/ quantitat d'aigua/ contracció/ temps d'aplicació/ difusió-advecció.
PEDRA	Paper japonès intercalat entre apòsit i substrat/ porositat/ prehumectació/ profunditat de penetració de l'aigua de l'apòsit/ distribució de la humitat durant l'assecatge/ profunditat d'extracció de sals/ distribució en profunditat de les sals/ canvis de color.

[TAULA 7] Principals temes tractats pels diferents autors amb relació a l'extracció de sals solubles.

En relació amb la longitud de fibra dels apòsits de fibra de cel·lulosa (Arbocel®), en els resultats de la revisió bibliogràfica duta a terme, només un autor proposa aquest tema,<sup>38</sup> conclouent que la capacitat de sorció dels apòsits no està determinada per la seva longitud de fibra, sinó per la naturalesa del substrat, encara que els apòsits de fibra curta<sup>39</sup> són més fàcils de dispersar i requereixen menys aigua per ser viables que els de fibra llarga.<sup>40</sup>

El gruix dels apòsits així com la seva contracció són termes interrelacionats, arribant a la conclusió que es produeix una major extracció de sals amb un apòsit més prim, ja que com més aigua en l'apòsit, major serà la contracció, per tant, els apòsits més primers s'encongeixen menys i subministren menys aigua a dins del substrat, reduint la possibilitat de redistribuir les sals; així mateix, també tenen menys possibilitats de desprendre's del suport.<sup>41</sup> Segons Feijoo Conde,<sup>42</sup> en afegir fibres de cel·lulosa als apòsits, es produeix un augment de la porositat, podent permetre una millor cohesió i una adhesió al suport durant més temps; al contrari, els apòsits que mostren una major contracció són els que no contenen cel·lulosa en la seva composició.

Només l'equip Arbotante<sup>43</sup> introdueix un factor en relació amb l'aplicació mateixa de l'apòsit al substrat, que seria el fet de col·locar el cataplasma de forma manual, donant lloc a una distribució desigual del producte, ateses les diferents pressions exercides amb els dits de la mà.

Respecte a l'efectivitat de l'extracció de sals solubles en profunditat, només un autor<sup>44</sup> ha estudiat aquest tema, el qual arriba a la conclusió que es produeix una major extracció en els primers 2 cm de gruix del substrat. A mesura que augmenta la profunditat, menys efectiva és l'extracció de sals solubles.

Un altre punt important a tractar seria el temps d'aplicació de l'apòsit sobre el suport. En tots els articles i publicacions en anglès on s'especifica aquesta dada, crida l'atenció com el mínim se situa en 4 h<sup>45</sup> i el màxim en sis dies.<sup>46</sup> Ni tan sols Mañas Alcaide<sup>47</sup> fa referència als estudis de l'equip Arbotante, deixant els apòsits 48 h en contacte amb el suport. Només l'equip Arbotante fa referència al "primer reflux" deixant els apòsits en contacte amb el substrat entre 6 i 15 minuts,<sup>48</sup> així mateix, en un altre article l'autoria del qual correspon a Gisbert Aguilar juntament

amb altres autors, es deixen els apòsits en contacte amb el suport petri 8 minuts.<sup>49</sup> Per altra banda, Feijoo Conde<sup>50</sup> recomana no deixar assecat els apòsits i realitzar mesures de conductivitat fins a establir en quin punt el cataplasma arriba a una conductivitat màxima.

Segons Feijoo Conde, totes les tècniques d'extracció de sals analitzades en la seva tesi produeixen més o menys canvis de color.<sup>51</sup>

Sobre la tècnica d'extracció de sals per aspersió (*sprinkling method*), es tracta d'una tècnica relativament recent, de la qual s'han localitzat dues publicacions<sup>52</sup> de fa pocs anys. La tècnica va ser desenvolupada pels autors de la publicació a Petra (Jordània), sobre la base d'imitar el procés natural de l'aigua de pluja, ruixant les parets del bé immoble amb aigua i recollint l'aigua no absorbida per la pedra.<sup>53</sup> Ambdós articles són interessants, perquè realitzen l'extracció de sals amb la finalitat de poder realitzar una reintegració matèrica amb èxit. De tota la recerca documental realitzada, aquests són els únics articles amb aquest tipus de casuística, l'extracció de sals per garantir l'eficiència i durabilitat d'un procés posterior. Similar al meu supòsit, l'extracció de sals per realitzar una consolidació del suport.

#### COMPARATIVA AMB EL MÈTODE D'EXTRACCIÓ DE SALS SOLUBLES UTILITZAT A LES GÀRGOLLES

Segons els resultats de la recerca documental, només Gisbert Aguilar estableix una metodologia d'actuació extrapolable a qualsevol bé immoble, que versa en la importància dels estudis previs i el coneixement en profunditat de l'obra. En el cas de les gàrgoles, s'hauria d'haver iniciat la intervenció mitjançant la realització d'una cartografia de sals, així com una anàlisi de les sals presents.<sup>54</sup> Amb la cartografia s'haurien identificat els màxims salins i l'extracció de sals s'hauria realitzat de forma controlada i amb coneixement de causa. L'extracció de sals es duria a terme a totes les gàrgoles,

<sup>36</sup> MAÑAS ALCAIDE, B. *op. cit.*, p. 70.

<sup>37</sup> BLANCO DOMÍNGUEZ, M. [et al.]. *op. cit.*, p. 162.

<sup>38</sup> VERGÈS-BELMIN, V.; HERITAGE, A.; BOURGÈS, A. *op. cit.*, p. 293.

<sup>39</sup> Arbocel® BW40: longitud mitjana de les fibres: 200 µm.

<sup>40</sup> Arbocel® BC1000: longitud mitjana de les fibres: 700 µm.

<sup>41</sup> VERGÈS-BELMIN, V.; HERITAGE, A.; BOURGÈS, A. *op. cit.*, p. 293.

<sup>42</sup> FEIJOO CONDE, J. *op. cit.*, p. 138.

<sup>43</sup> BLANCO DOMÍNGUEZ, M. [et al.]. *op. cit.*, p. 164.

<sup>44</sup> GODTS, S.; DE CLERCQ, H.; HAYEN, R. *op. cit.*, p. 152.

<sup>45</sup> VERGÈS-BELMIN, V.; HERITAGE, A.; BOURGÈS, A. *op. cit.*, p. 286.

<sup>46</sup> GODTS, S.; DE CLERCQ, H.; HAYEN, R. *op. cit.*, p. 147.

<sup>47</sup> MAÑAS ALCAIDE, B. *op. cit.*, p. 5.

<sup>48</sup> Segons substrat i condicions ambientals. BLANCO DOMÍNGUEZ, M. [et al.]. *op. cit.*, p. 163.

<sup>49</sup> LÓPEZ JULIÁN, P.L. [et al.]. *op. cit.*, p. 29.

<sup>50</sup> FEIJOO CONDE, J. *op. cit.*, p. 266.

<sup>51</sup> *Ibid.*, p. 274.

<sup>52</sup> Vegeu WEDEKIND, W.; FISCHER, H. "Evaluation of desalination and restoration methods applied in Petra (Jordan)". A: *Fourth International Conference on Salt Weathering of Buildings and Stone Sculptures (Postdam 20, 21 and 22 September 2017)*. Postdam: University of Applied Sciences Postdam, 2017, p. 191-199 i WEDEKIND, W. [et al.]. "Innovative treatments and materials for the conservation of the strongly salt-contaminated Michaelis church in Zeitz, Germany". A: *Science and art: a future for stone. Proceedings of the 13th International Congress on the deterioration and conservation of Stone*. (Paisley 6, 7, 8, 9 and 10 September 2016). Paisley: University of the West of Scotland, 2016, p. 981-990.

<sup>53</sup> WEDEKIND, W.; FISCHER, H. *op. cit.*, p. 196.

<sup>54</sup> Segons normativa: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, AENOR. *Conservación del patrimonio cultural. Extracción y determinación de sales en la piedra natural y materiales afines utilizados en el patrimonio cultural: UNE-EN 16455*. Madrid: AENOR, 2016, p. 8.

i no només ajustada a les zones pendents de realitzar la consolidació, ja que es podria donar una migració de sals de les zones no tractades a les tractades.

Partint dels resultats d'aquest treball es duria a terme una anàlisi de caracterització del material petri, per identificar les característiques del sistema porós del substrat i, així, poder determinar les característiques de porositat de l'apòsit. Finalment, l'extracció de sals solubles es duria a terme fins a una estabilització dels valors, tal com es va fer en la primera fase de la intervenció.

#### Intervenció a les gàrgoles (2008- 2010)

- No es va tenir en compte la porositat de l'apòsit amb relació a la porositat de la pedra.
- Es va dur a terme una prehumectació, per adherir el paper japonès que es va interposar entre el substrat i l'apòsit, donat el deficient estat de conservació del suport.
- Es van utilitzar fibres de cel·lulosa Arbocel® BC 200.<sup>55</sup>
- El gruix de l'apòsit i l'aplicació no es van tenir en compte.
- El temps d'aplicació va ser de 10-15 minuts.

#### Intervenció segons els resultats d'aquest treball

- S'hauria de tenir en compte tant la porositat de la pedra com la de l'apòsit, i aquest hauria de tenir una porositat més fina que la del suport.
- Avui dia es tornaria a prehumectar mínimament el suport per a l'adhesió del paper japonès, donat que el seu deficient estat de conservació ho requeriria (encara que en principi, l'extracció de sals no seria tan eficient).
- S'utilitzarien apòsits amb fibra de cel·lulosa Arbocel® BWW 40.<sup>56</sup>
- El gruix de l'apòsit hauria de ser mínim i la seva aplicació s'hauria de realitzar amb cura i de forma homogènia, exercint la mateixa pressió amb els dits de la mà.
- En la mesura que es pugui, es podrien realitzar mesuraments amb conductímetre per establir en quin punt l'apòsit arriba a una conductivitat màxima,<sup>57</sup> si no, s'establiria un rang de temps entre 6 i 15 minuts.

#### CONCLUSIONS

- Aquest estudi, desenvolupat a partir dels resultats d'una recerca documental, basada en recursos electrònics i acotada del 2010 al 2020, no deixa de ser una visió puntual i parcial sobre un dels processos més destructius en patrimoni històric com són les sals solubles.
- Moltes publicacions són estudis de laboratori, estudis limitats que tenen poca relació amb la problemàtica real a l'hora d'encarar una extracció de sals solubles a un bé immoble, a on els factors relacionats amb els agents ambientals s'han de tenir en compte.
- La majoria d'estudis de laboratori donen informació respecte als paràmetres ambientals amb els quals s'han creat (T i HR), al contrari que els estudis realitzats in situ, a on d'igual forma s'hauria de proporcionar la informació corresponent als paràmetres ambientals de la zona i obra en concret.

- Molts autors tracten temes puntuals relacionats amb les sals solubles, però no assoleixen una metodologia d'actuació que doni unes pautes i importància als estudis previs i al coneixement de l'obra; només Gisbert Aguilar, aporta una metodologia que té en compte aquests factors i que és extrapolable a qualsevol obra.

- Referent als temes tractats en l'apartat de resultats i discussió del TF a partir del qual s'ha fet aquest article: l'apòsit ha de tenir una porositat més fina que la del suport, millor realitzar l'extracció de sals sense prehumectació, sense interposar un paper japonès, amb uns apòsits primers i col·locats amb la mateixa pressió als dits. El temps de contacte de l'apòsit amb el suport s'ha d'establir a partir del primer reflux.

- El mètode material absorbent i aigua: com a guia per als conservadors-restauradors que han d'assolir una extracció de sals mitjançant aquesta tècnica, seria de gran utilitat realitzar un mostrari amb la porositat de diferents apòsits amb diferents materials.

- Els mètodes electroquímics (electrocinètics i electroforesi): les publicacions incloses en aquest estudi s'haurien de posar en context amb els criteris de restauració de materials petris dels països d'origen. En qualsevol cas, la majoria són estudis molt recents i s'haurà de veure la seva evolució a mitjà i llarg termini.

- El mètode d'aspersió (*sprinkling method*): es tracta d'un mètode d'extracció de sals molt recent, en el qual no hi ha un control de l'aigua que s'introdueix al bé immoble, podent ser contraproduent i dur a una remoció de les sals més profundes.

- Donada la falta de publicacions existents sobre el tema, esdevindria interessant obrir una nova via d'investigació que uneixi i coordini el procés d'extracció de sals solubles juntament amb el de la consolidació del suport.

#### BIBLIOGRAFIA

DE CLERCQ, H. [et al.]. "Electrophoresis as a tool to remove salts from stone building materials- Results from lab experiments and an on-site application". A: *Science and art: a future for stone. Proceedings of the 13th International Congress on the deterioration and conservation of Stone. (Paisley 6, 7, 8, 9 and 10 September 2016)*. Paisley: University of the West of Scotland, 2016, p. 289-297.

KASHIF, K. *Electrokinetic desalination of porous building materials*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology, Department of Applied Physics, 2012.

ZORNOZA-INDART, A. "Daños por cristalización de sales". A: *Curso postgrado CSIC. La conservación de los geomateriales utilizados en el patrimonio. (Madrid, enero de 2012)*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2012, p. 97-105.

<sup>55</sup> Amb una longitud mitjana de les fibres de 300 µm.

<sup>56</sup> Longitud mitjana de les fibres de 200 µm.

<sup>57</sup> Per establir quan es dona el primer reflux: a partir del tipus d'apòsit, tipus de substrat i condicions ambientals (temperatura, humitat relativa i si li dona el sol directament). BLANCO DOMÍNGUEZ, M. [et al.]. *op. cit.*, p. 164.