

Tractament de conservació-restauració d'una pinta de banya del segle XVIII amarada d'aigua.

El present article és un extracte del Treball Final del Títol Superior en Conservació i Restauració de Béns Culturals dels estudis de conservació-restauració a l'ESCRBCC. Recull l'experiència de conservació-restauració d'una pinta de banya del segle XVIII recuperada del derelict de la *Jeanne-Élisabeth* al golf de Lleó i tractada als laboratoris d'ARC-Nucléart a Grenoble. La intervenció va presentar diversos reptes, el més important, una descamació i deformació severa que l'objecte va patir durant el procés d'assecatge controlat.

Preservation-Restoration Treatment of a Waterlogged XVIII Century Horn Comb.

This paper is an extract from the Final Project in Preservation and Restoration of Cultural Heritage for the preservation-restoration course at the ESCRBCC. It discusses the experience of preserving-restoring a XVIII century horn comb recovered from the wreck of the Jeanne-Élisabeth in the Gulf of Lyon and treated in the ARC-Nucléart laboratories in Grenoble. The restoration presented several challenges, the most critical being the severe flaking and warping suffered during the controlled drying process.

Irene García Alonso.

Titulada Superior en Conservació i Restauració de Béns Culturals en l'especialitat de Béns Arqueològics per l'ESCRBCC. Treballadora autònoma.
Post Graduate Degree in Conservation and Restoration of Cultural Heritage specialising in Archaeological Artefacts from the ESCRBCC. Freelancer.
irenegarcia14@gmail.com

Paraules clau: Pinta, banya, queratina, material orgànic amarat, subaquàtic, ARC-Nucléart, derelict de la *Jeanne-Élisabeth*.

Keywords: Comb, horn, keratin, waterlogged organic material, underwater, ARC-Nucléart, wreck of the Jeanne-Élisabeth.

Data de recepció: 5-IV-2021 > **Data d'acceptació:** 8-IV-2021 / **Date received:** 5-IV-2021 > **Date accepted:** 8-IV-2021



INTRODUCCIÓ

Entre gener i març de l'any 2016, en el context d'unes pràctiques acadèmiques al laboratori de conservació-restauració d'ARC-Nucléart a Grenoble, vaig tenir l'oportunitat de tractar diversos materials de naturalesa orgànica procedents del derelict de la *Jeanne-Élisabeth*, un vaixell de comerç amb bandera sueca que va naufragar davant les costes de Villeneuve-lès-Maguelone (França) l'any 1755.

ARC-Nucléart és un laboratori especialitzat en la conservació i la restauració d'objectes patrimonials constituïts de materials orgànics –en particular fusta, cuir i fibres– o porosos. És un dels centres europeus de referència per al tractament d'objectes arqueològics en fusta de grans dimensions.

L'objecte que s'havia d'intervenir en aquest cas era una petita pinta de banya de bòvid amarada d'aigua. Durant tot el procés de conservació-restauració va presentar diversos reptes, el més important, una descamació i deformació severa que va patir durant el procés d'assecatge controlat.

L'equip que va intervenir directament sobre l'objecte estava format per Henri Bernard-Maugiron, conservador-restaurador com a cap del projecte; Stéphane Garrivier i Floriane Hélias, conservadors-restauradors encarregats de la recepció, neteja i dessalatge de l'objecte; Irene García,

conservadora-restauradora encarregada de l'estabilització, restauració i condicionament; Thomas Guiblain, tècnic encarregat de les anàlisis fisicoquímiques, i Christophe Terpent per a la fotografia, encara que tots els treballadors de la institució es van implicar d'alguna manera o altra en el procés.

Durant la intervenció de la peça, vam prendre consciència de l'escassa bibliografia, informació i experiències de les quals disposàvem sobre aquest material, tan comú i d'ús popular durant tota la història de la humanitat, abans de l'extensió de l'ús del plàstic al segle XX.

Comparant amb altres materials més habituals en contextos arqueològics, sobre els que existeixen múltiples publicacions que expliquen diferents problemàtiques, en aquest cas no vam ser capaços de trobar cap publicació ni referència d'un cas similar. Així i tot, vam poder compilar força informació sobre la banya en diferents tractats específics, així com en obres més generalistes de conservació-restauració.

L'objectiu d'aquest article és, doncs, presentar les característiques del material i deixar testimoni de la intervenció d'aquest objecte singular per tal de difondre la informació, amb l'esperança que pugui ser d'utilitat en el futur.

EL MATERIAL: LA BANYA

En aquest apartat ens centrarem en la banya de bòvid¹ que és el material constituït de la pinta intervinguda. Aquest és un material que es conserva molt excepcionalment en excavacions arqueològiques humides, així com els cabells humans, la llana, les plomes i, en general, els compostos de queratina.

1. Definició i procedència

La banya és una protuberància frontal que posseeixen molts rumugants (bòvids, cèrvids, antilocàprids i giràfids). En general, creixen en parelles i són emprades com a òrgans d'atac. Cal distingir diversos tipus de banyes. **1**

Les banyes dels bòvids són formacions epidèrmiques de fibres còrnies de queratina, sostingudes per una apòfisi de l'os frontal. No es ramifiquen, creixen d'acord amb el creixement total de l'animal així que, si són arrencades, no tornen a créixer. Una altra característica que les distingeix és que són buides.

Les banyes dels cèrvids són formacions totalment òssies, derivades de l'os frontal. Quasi sempre són ramificades i cauen anualment. Contràriament a les banyes de bòvids, les de cèrvids són massisses i sense estoig corni.

Les banyes dels antilocàprids són com les dels bòvids, però anualment renoven la beina o estoig. En els giràfids són protuberàncies òssies curtes persistents, revestides de pell i de pèl. Per extensió, també se'n diu banya a la protuberància nasal o frontal d'alguns animals com el rinoceront; aquesta és una formació epidèrmica de fibres còrnies soldades amb queratina, però a l'interior no tenen un nucli ossi esponjós.² Per la seva estructura, sovint se les compara amb un pèl.

Les banyes dels bòvids poden assumir una remarcable varietat de formes i colors en funció de les espècies animals, del gènere, del seu estadi de desenvolupament i de la manera com són utilitzades. El color de la banya depèn de la melanina i pot anar des del blanc o verd fins al marró vermellós o el negre. La banya és translúcida al moment en què és tallada i es torna més opaca amb el temps.³

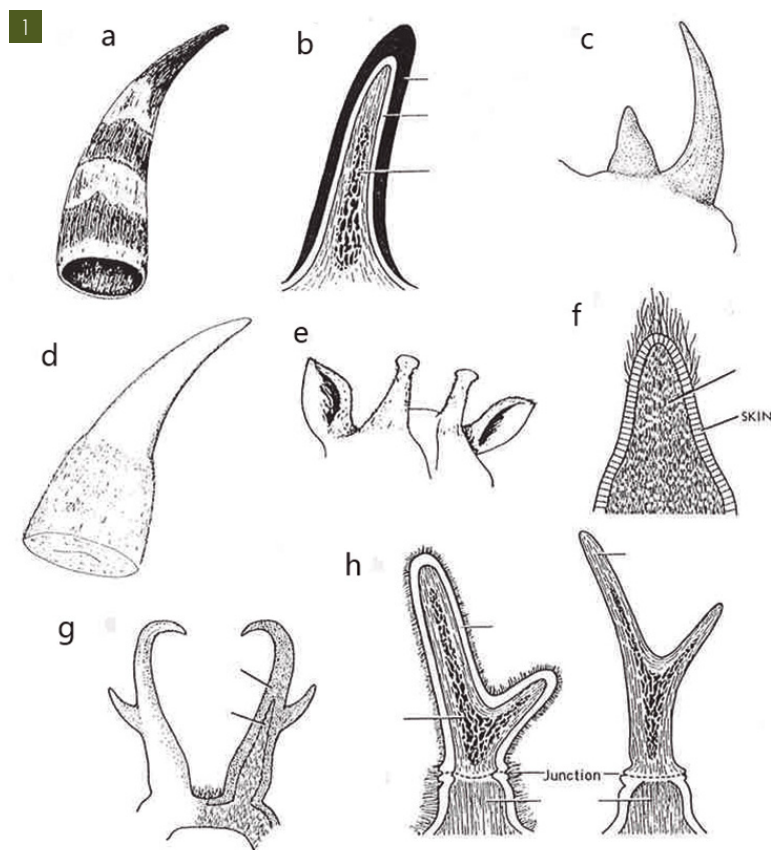
2. Composició

La banya de bòvid és un estoig corni de queratina que recobreix un nucli ossi esponjós. **2** Altres materials compostos de queratina són les urpes, les ungles, les peülles, les plomes, els pèls, els cabells, la llana, les barbes de balena o la closca de tortuga.

¹ És interessant observar que en altres llengües existeix una diferència terminològica entre la banya dels bòvids i la dels cèrvids, en anglès *horn* i *antler*, en francès *corne* i *bois de cervidé* i en castellà *cuerno* i *asta*.

² *Gran Enciclopèdia Catalana*. Barcelona: Edicions 62, 1969. Vol. 3, p. 151-152 i 783; Vol. 5, p. 46.

³ FLORIAN, M.-L. *Protein Facts. Fibrous Proteins in Cultural Artifacts and Natural History Artifacts*. London: Archetype Publications, 2007, p. 5.



[1] Tipus de banyes: (a, b) vaca; (c, d) rinoceront; (e, f) girafa; (g) antílop; (h) cèrvid (il·lustració extreta de FLORIAN, M.-L. *Protein Facts. Fibrous Proteins in Cultural Artifacts and Natural History Artifacts*. London: Archetype Publications, 2007, p. 28).

2

[2] Banyes de bòvids:
 (1) nucli ossi esponjós
 (2) estoig corni de queratina (Il·lustració extreta de CASTELLÓ, J. R. *Bovids of the World: Antelopes, Gazelles, Cattle, Goats, Sheep, and Relatives*. Princeton (USA): Princeton University Press, 2016, p. 10).



Per tal de conèixer el material de la banya i comprendre els mecanismes de degradació, cal explicar la composició i estructura de la proteïna queratina. Com totes les proteïnes, és conformada per la unió d'aminoàcids que formen cadenes de polipèptids. En el cas de la queratina de les banyes, la cadena té una forma d'hèlix per acció de ponts d'hidrogen entre els aminoàcids que la conformen. Aquesta estructura confereix la duresa característica de la proteïna.

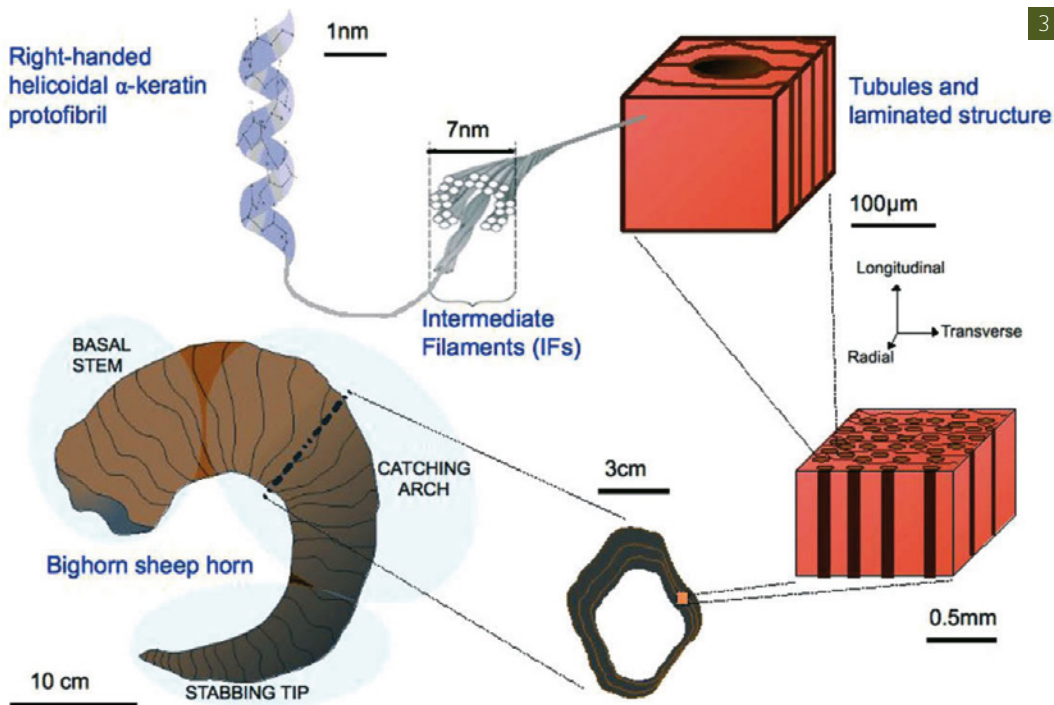
Aquestes cadenes en hèlix es van agrupant entre si, unides per enllaços creuats de disulfur, en estructures cada cop més complexes, arribant a formar una estructura lamel·lar. 3

Les lamel·les s'alineen de manera longitudinal respecte de l'axis de la banya. Entre les lamel·les, i de manera paral·lela, s'inclouen túbuls el·líptics que confereixen un grau de porositat a l'estructura. 4 4

És interessant conèixer que els ponts disulfur que donen cohesió a l'estructura són els responsables de les propietats termoplàstiques de la banya. En immersió en aigua calenta els enllaços disulfur de la queratina es trenquen i permeten la mal·leabilitat del material; en assecat-se i refredar-se es tornen a establir en una nova posició, donant rigidesa a l'estructura. 5

⁴ WANG, B.; "Keratin: Structure, mechanical properties, occurrence in biological organisms, and efforts at bioinspiration". *Progress in Materials Science*. Vol. 76 (2016), p. 229-318. Disponible en línia a: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0079642515000596>> [Consulta: 8 maig 2020].

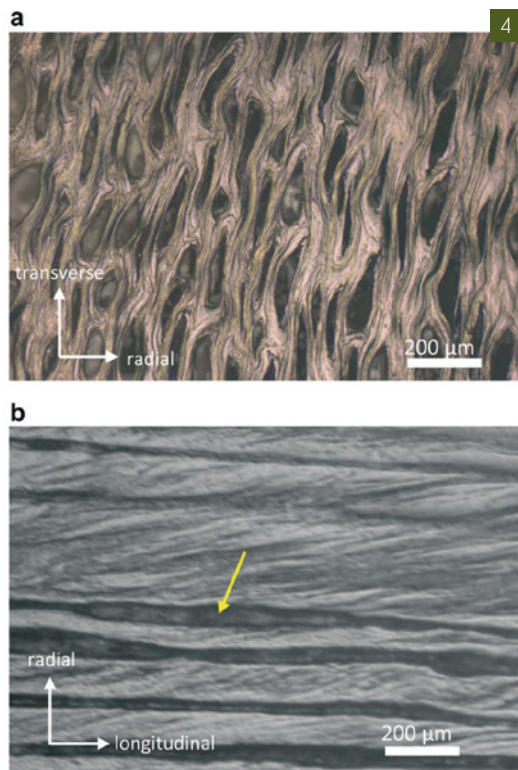
⁵ CRONYN J.M. *The elements of archaeological conservation*. London: Routledge, 1990, p. 282.



3

[3] Estructura jeràrquica de la composició de la banya (Il·lustració extreta de TOMBOLATO, L. [et al.] "Microstructure, elastic properties and deformation mechanisms of horn keratin". *Acta Biomaterialia*. Vol. 6 (2010), p. 324. Disponible en línia a: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19577667/>> [Consulta: 8 maig 2020].

[4] Vista al microscopi dels túbuls de la banya: **(a)** secció transversal **(b)** secció longitudinal (Il·lustració extreta de TOMBOLATO, L. [et al.] "Microstructure...", p. 323).



Una de les característiques de les banyes és la seva extrema resistència als impactes, ja que són sovint sotmeses a forts cops durant la vida de l'animal. Recordem que les banyes dels bòvids són persistents, si es trenquen durant una lluita entre animals, no tornaran a créixer. S'ha demostrat que les banyes posseeixen una energia d'absorció molt elevada; aquest rendiment mecànic s'ha d'atribuir a l'estructura de la queratina que s'ha descrit anteriorment.⁶

També s'ha vist que el factor d'hidratació és essencial per a les propietats de tensió. S'ha demostrat que la queratina de la banya presenta el punt de treball de fractura més elevat amb un 8% de contingut d'aigua. Això pot explicar per què els bòvids mullen les banyes amb fang o plantes: per evitar la deshidratació i assegurar propietats mecàniques òptimes en situacions d'atac i de defensa.⁷

3. Transformació i usos

La banya pot ser utilitzada sencera, mantenint la seva forma cònica corbada, o bé sotmetent-la a un procés de transformació del qual resulta una placa. En el primer cas trobaríem banyes utilitzades com a recipients —les banyes per beure, per a pólvora— o els corns, instruments de vent. La banya cònica també es pot seccionar per obtenir anells i, a partir d'aquí, objectes de forma anular com poden ser braçalets.

En el segon cas, en el procés descrit per MacGregor⁸ la transformació de la banya en un material tou i mal·leable és relativament senzilla mitjançant escalfor, tot i que el

procés consta de diversos passos. Per començar, cal deixar la banya en remull durant diverses setmanes perquè la beina queratinosa se separi del nucli ossi. A continuació, l'estoig queratinós es bull i s'extreu amb pinces sobre el foc per deixar evaporar l'excés d'aigua; la banya queda així preparada per poder ser oberta.

El procés s'ha de realitzar de manera ràpida i eficaç, mantenint la temperatura apropiada perquè el material no se socarri ni torni a la forma original.

La placa de banya es pressiona entre plaques de ferro calentes i engreixades fins que s'asseca i es refreda, mantenint així la seva nova forma. A continuació, es procedeix a allisar la superfície i retallar la placa fins que estigui a punt per fabricar objectes.

Les principals tipologies d'objectes que trobem realitzades a partir de plaques són: caixes, cofres, pintes, estotjos, botons, perles, culleres i aplics per a cascos, arcs, ballestes, empunyadures d'espasa i mànecs. Les làmines translúcides s'utilitzen per a finestres de llanterna.

El profit d'aquest material versàtil va tenir la seva esplendor durant el segle XIX, quan es va emprar per a objectes tan variats com mànecs d'ombrells, broquets de cigar o tapes d'interruptors elèctrics, fets a partir de petits fragments o pols de banya modelats sobre matrius sota calor i pressió.⁹

Segons MacGregor, els mètodes descrits van ser utilitzats de manera habitual durant els últims tres segles, però tenen orígens molt més antics que es remunten a l'època romana. L'ús del material, però, està documentat des de temps prehistòrics. Tot i que d'aquestes cronologies no es conserven testimonis directes, l'ús i la transformació de les banyes s'ha evidenciat indirectament a través de l'estudi de les traces sobre els nuclis ossis que s'han preservat.

4. Agents i formes d'alteració

L'aigua calenta, utilitzada profitosament en el procés de manufactura per estovar i treballar la banya, també pot tenir conseqüències negatives per a la conservació del material. En efecte, l'escalfor i la humitat són capaces de tornar a deformar l'objecte de banya manufacturat si entren en contacte amb ell, sobretot si aquest és sotmès a pressions.

Quant a l'efecte de l'aigua, la hidròlisi de la queratina és generalment lenta, llevat en condicions d'elevat pH, quan els ponts disulfur es trenquen. El resultat és un afebliment i fragilitat del material, primer de la matriu i després dels filaments de queratina. En un ambient subterrani, la banya es torna opaca i comença a laminar-se a mesura que la matriu s'hidrolitza; l'estructura filamentosa es fa evident. La descomposició continua fins que la banya es converteix en una polpa fibrosa. En eixugar-se, la polpa esdevé pols.

⁶ TOMBOLATO, L. [et al.] "Microstructure, elastic properties and deformation mechanisms of horn keratin". *Acta Biomaterialia*. Vol. 6 (2010), p. 319-330. Disponible en línia a: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19577667/>> [Consulta: 8 maig 2020].

⁷ WANG, B. [et al.] "Keratin: Structure...", p. 266.

⁸ MACGREGOR, A. *Bone, Antler, Ivory & Horn. The Technology of Skeletal Materials Since the Roman Period*. London-New York: Routledge, 2015, p. 66-67.

⁹ *Ibid.*

En situacions de molt baixa higrometria, el material pot perdre l'aigua associada als filaments de queratina, provocant contraccions i deformacions. Les banyes completes es poden esquarterar longitudinalment des de la base cap a la punta, es poden exfoliar i les capes sovint es poden corbar.¹⁰

Pel que fa a les formes d'alteració física, donat que la banya és un material porós, es pot tacar en contacte amb metalls corroïts emprats en objectes compostos, com sovint és el cas del coure o del ferro. La coloració involuntària també pot produir-se a conseqüència del contacte amb materials acolorits, com la pólvora o les begudes, en el cas de banyes utilitzades com a recipients.

La banya de bòvid, contràriament a la de cèrvid, a l'os i l'ivori, pot ser atacada per larves d'insectes coleòpters, del gènere *Anthrenus*, i lepidòpters, com els corcs de la roba o arnes. Les larves poden causar pèrdues, formant perforacions en el material.

En el registre de les alteracions que tenen com a efecte un canvi del color, hem de citar l'esgrogueïment de la banya. Per aquest motiu, cal vigilar de no deixar la banya al sol o sota una il·luminació artificial inadequada.¹¹

Segons l'ICC (*Institut Canadien de Conservation*) les condicions ambientals idònies per a la conservació preventiva dels objectes constituïts de banya de bòvid estarien compreses dintre dels següents paràmetres:

- 45-55 % d'humitat relativa.
- No excedir els 25 °C de temperatura.
- Evitar l'exposició continuada a fonts lumíniques, amb un màxim de 150 lux.

5. Identificació

Des d'un punt de vista macroscòpic, la banya de bòvid presenta una estructura de fines línies paral·leles, com una mena de filaments durs semblants a paquets de cabells endurets. En general, té una superfície externa llisa i brillant mentre que la de l'interior és més rugosa i opaca.¹²

A banda de l'anàlisi organolèptica, sovint suficient per identificar la banya, també existeixen diverses tècniques d'anàlisis fisicoquímiques que es poden aplicar en la identificació de materials proteics. Aquestes són l'anàlisi d'ADN, l'espectrometria d'infrarojos o l'espectrometria de masses.

Així i tot, s'ha de tenir en compte que l'anàlisi pot ser dificultada per factors relacionats amb les característiques pròpies dels materials arqueològics. Ens referim a perturbacions provocades per l'ambient d'enterrament, com poden ser alteracions químiques, alteracions físiques o contaminació de l'ambient d'enterrament, que poden influir en la conformació dels espectres.¹³

EL CAS: INTERVENCIÓ SOBRE UNA PINTA DE BANYA DEL SEGLE XVIII AMARADA D'AIGUA

1. Descripció de l'objecte

Es tracta d'una pintura fabricada d'una sola placa de banya de bòvid, amb un perfil corbat d'un sol front de pues. Consta de trenta-tres pues, amb una separació entre elles superior al gruix de la pua mateixa. Les dues pues dels extrems són més gruixudes per tal de donar resistència mecànica a l'estri. La llargada de les pues representa dos terços de l'amplada total de la pintura, la qual mesura 108 mm de llarg, 50 mm d'ample i 9 mm de gruix. Al seu ingrés al laboratori, l'objecte presentava una coloració marró i negra, dibuixant aigües, i un aspecte totalment opac.⁵

La tipologia de la pintura correspon als anomenats *peigne à chignon*. Es tracta d'una pintura que no té la funció de desenredar ni netejar el cabell, sinó de subjectar-lo en un monyo a la part baixa del clatell. Si ens fixem en la seva morfologia, el seu perfil és corbat per tal d'adaptar-se a la curvatura del cap. La separació entre pues és considerable: més ampla entre les puntes i més estreta entre les arrels de les pues; podem deduir que amb la funció d'agrupar manyocs de cabell relativament gruixuts que puguin sostenir la tensió del pentinat.

2. Estat de conservació

Al moment de l'ingrés al laboratori, la pintura es conservava completament amarada d'aigua dolça. El seu pes en aquest estat era de 22,2 grams.



[5] Imatge inicial de l'objecte després de la neteja (Fotografies: Christophe Terpent / ARC-Nucléart).

¹⁰ CRONYN J.M. *The elements of...*, p. 283-284.

¹¹ STONE, T. "Entretien des objets en ivoire, en os, en corne et en bois de cervidé". *Notes de l'Institut Canadien de Conservation*, núm. 6/1 (1983), p. 1-4. Disponible en línia a: <<https://www.canada.ca/content/dam/cci-icc/documents/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/6-1-fra.pdf>> [Consulta: 8 maig 2020].

¹² MACGREGOR, A. *Bone, Antler...* p. 9-21.

¹³ Vegeu les pàgines 405 a 411 de: O'CONNOR, S.; SOLAZZO, C.; COLLINS, M. "Advances in identifying archaeological traces of horn and other keratinous hard tissues". *Journal of the American Institute for Conservation*. Vol. 60 (2015), núm. 6, p. 393-417. Disponible en línia a: <<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1179/2047058414Y.0000000134>> [Consulta: 8 maig 2020].

¹⁴ GÓMEZ, M.L. *La restauración: examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Madrid: Cátedra, 1998, p. 195-258.

S'observava la presència d'una lleugera laminació del suport, una fissura al mànec i petits desprendiments superficials en forma de làmines. Algunes pues es trobaven fracturades i laminades. Es conservaven set fragments de pua despresos del cos de la pinta. **6**

El material es presentava bastant dur, tot i que tenia certa plasticitat. El sondatge amb una agulla revelava que aquesta quasi no penetrava dins el material.

També s'identificava la presència de llims en superfície. Es presentaven com un material plàstic relativament impermeable, molt adherit a la superfície de l'objecte i dipositat entre les pues. Aquests llims presentaven certa compactació, però eren solubles en aigua en aplicar fricció amb un pinzell. Entre les pues, adherits als llims, es conservaven cabells molt fins i trencadissos.

3. Anàlisis

Al primer moment van sorgir dubtes sobre la identificació del material. En efecte, d'una banda es tracta d'un material inusual en un context arqueològic; d'altra banda, l'estat de degradació avançat podia confondre sobre la seva naturalesa. Es va contemplar la possibilitat que fos d'algun tipus de fusta exòtica, tanmateix semblava clar que era un material orgànic.

El material es va identificar mitjançant una anàlisi per espectrografia d'infrarojos per transformada de Fourier (FTIR) als laboratoris d'ARC-Nucléart.

L'espectrometria d'infrarojos serveix per evidenciar els diferents tipus d'enllaços químics existents en un compost. Per aconseguir-ho, s'analitza l'energia que aquests absorbeixen en vibrar en ser exposats a una freqüència

d'ona infraroja. Cada enllaç químic té una forma particular de vibrar i absorbir l'energia que el fa identificable. El resultat que s'obté és un espectre en el qual apareixen diferents bandes d'absorció a diferents longituds d'ona. A continuació, l'espectre es compara amb una base de dades per tal d'identificar el material de la mostra.¹⁴ Dit d'una altra manera, l'espectre seria com una empremta digital del material.

En el cas present, es va extreure una petita mostra amb bisturí sota lupa binocular, que es va introduir a l'espectròmetre.

L'espectre resultant va indicar la presència de diversos compostos químics, revelats per les bandes d'absorció dels diferents enllaços entre elements: **7**

- Aminoàcids: bandes d'absorció C=O sobre 1.650 cm^{-1} i N=H sobre 3.050 cm^{-1} .
- Colesterol: banda d'absorció O-H sobre 3.270 cm^{-1} i C=C sobre 1.540 cm^{-1} .
- Fosfolípids: doble pic sobre 1.240 cm^{-1} que correspon a l'absorció de l'enllaç P=O.
- Hidrocarburs saturats: vibració de deformació C-H sobre 1.450 cm^{-1} .

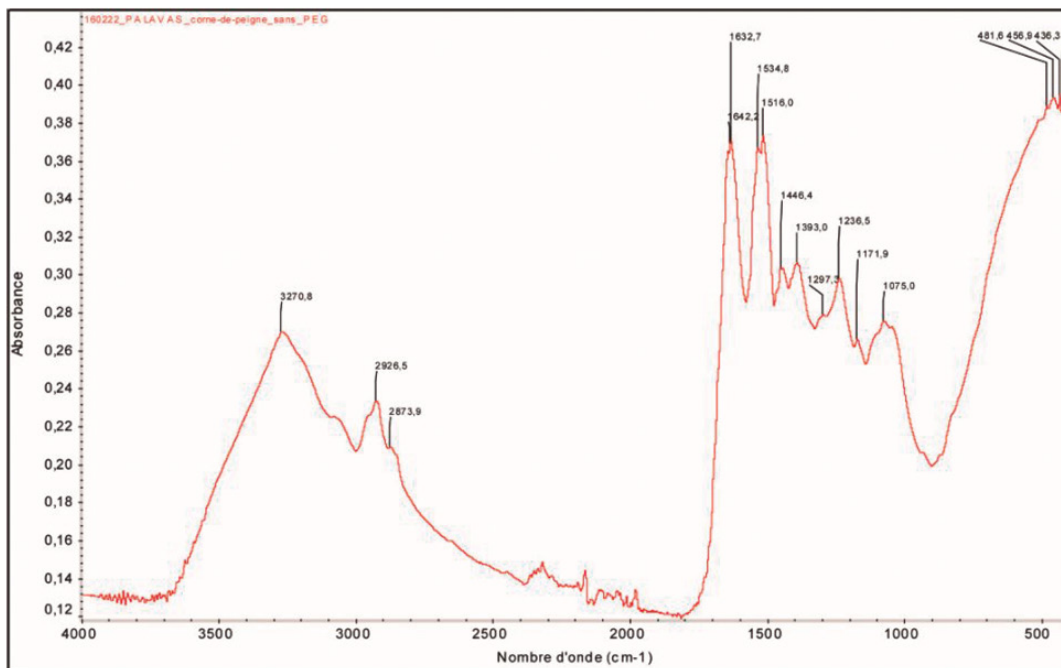
Aquest espectre coincideix amb el característic de la banya. **8** Tanmateix, a causa de la degradació química del material, amb aquesta tècnica no és possible determinar l'espècie de l'animal. L'observació macroscòpica del material, la comparació amb altres pintes de banya de bòvid i la tècnica de fabricació –anàloga a procediments contemporanis– semblen indicar que la pinta estaria feta de banya de la família dels bòvids i de la subfamília dels bovins.

4. Proposta de conservació-restauració

Quant al procés d'estabilització de l'objecte, es va proposar



[6] Fotografia inicial després de la neteja, amb tots els elements despresos (Fotografia: Christophe Terpent / ARC-Nucléart).



7

Spectre IRTF de l'objet PAL 0005

[7] Espectre FTIR de la mostra analitzada de la pintura (Gràfic: Thomas Guiblain / ARC-Nucléart).

[8] Espectres FTIR de referència de banya de diferents espècies animals: **(a)** rinoceront, **(b)** vaca, **(c)** iac, **(d)** ovella (Gràfic extret de SHENGQING, L.; ENDONGB, Z.; LIJUN, L. "Identification of Rhinoceros Horn and its Substitutes". *Advanced Materials Research*. Vol. 177 (2011), p. 638. Disponible en línia a: <http://www.rhinosourcecenter.com/pdf_files/129/1296167880.pdf> [Consulta: 8 maig 2020]).

un assecatge controlat per eliminar l'aigua excendent a l'estructura, descartant així els habituals processos de liofilització o substitució de l'aigua per solvents. Aquesta proposta es va justificar atès el bon estat de conservació de la peça i atesa la manca d'experiència prèvia en el tractament de la banya.

L'assecatge controlat és un tractament gradual, de llarga durada, en el qual l'objecte és observat periòdicament. Es va valorar que aquestes característiques del tractament oferien un risc inferior al procés de liofilització o de substitució de l'aigua per solvents.

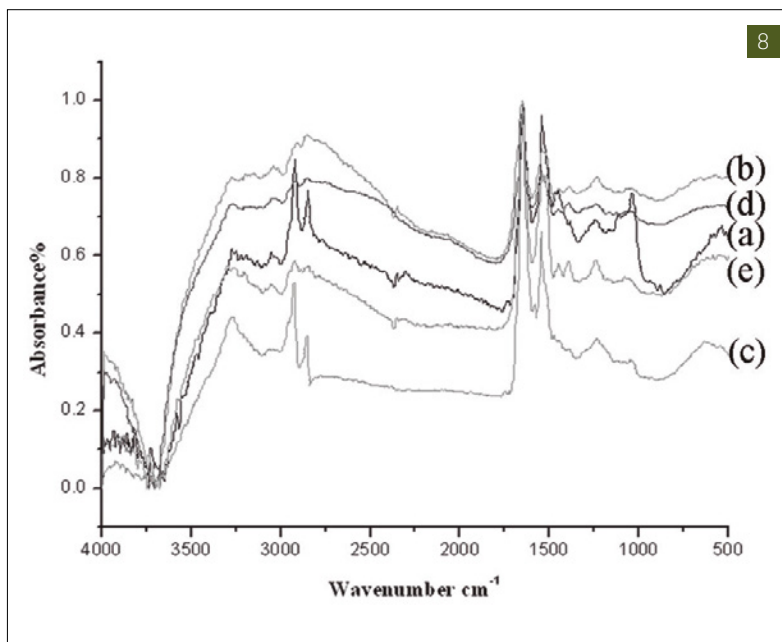
A més de les precaucions per a l'estabilització de l'objecte, es va considerar adient reforçar el material i aportar consistència a l'estructura degradada mitjançant la consolidació amb un polímer hidrosoluble per immersió. Aquesta operació és prèvia a l'assecatge controlat.

Veurem més endavant com, durant el procés d'assecatge, l'objecte va reaccionar desfavorablement, la qual cosa va suposar haver de replantejar la proposta inicial.

5. Accions de conservació

5.1. Neteja i dessalatge

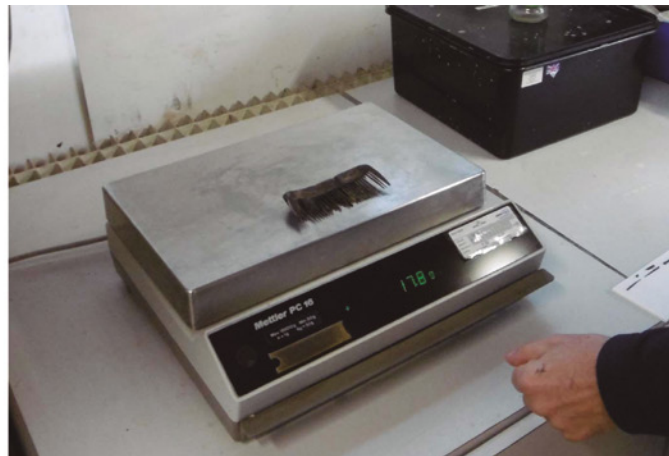
L'eliminació dels llims dipositats sobre la superfície de la pintura es va realitzar amb l'aplicació d'aigua corrent, amb una lleugera pressió i pinzells suaus. Per retirar els dipòsits llimosos entre les pues, es va fer servir un palet de fusta, procurant no fer pressió sobre la superfície per no deixar traces sobre l'objecte.



8

Els cabells que es trobaven entre les pues es van retirar amb cura i es van guardar en una bossa de polietilè amb tanca de tipus zip per possibilitar futures anàlitzes.

Un cop realitzada la neteja, es va procedir a la documentació fotogràfica. A continuació, l'objecte es va emplaçar dins una bossa de malla de polietilè termo-segellada per permetre el trànsit de líquids i, alhora, mantenir tots els fragments junts durant el dessalatge de la peça, que es va perllongar dos mesos.



[9] Procés d'assecatge controlat (Fotografies: Irene García Alonso / ARC-Nucléart).

5.2. Estabilització

L'estabilització dels materials orgànics amarats d'aigua té com a objectiu assolir un equilibri estable en l'ambient atmosfèric i implica l'extracció de l'aigua continguda en excés dintre l'estructura. Aquest procés s'ha de realitzar de manera controlada; altrament, l'objecte s'assecaria ràpidament i es deformaria. La majoria dels casos requereixen una consolidació prèvia, excepte si l'estructura del material està poc degradada.

Per tal d'extreure l'aigua en excés, minimitzant les tensions, s'apliquen diversos mètodes, com poden ser l'assecatge controlat, la substitució de l'aigua en excés per solvents més volàtils i la liofilització. Aquests mètodes poden implicar diversos graus de consolidació prèvia del material.

L'assecatge controlat requereix col·locar l'objecte en una caixa o recipient hermètic per controlar la humitat relativa. En aquest ambient tancat, l'aire se satura ràpidament d'humitat i això atura el procés d'assecatge de l'objecte. El tractament d'assecatge consisteix a disminuir progressivament la humitat relativa de l'aire de la caixa gràcies a la seva obertura controlada. Idealment, el descens d'humitat relativa ha de ser de cinc punts percentuals, deixant temps entre cada obertura de la caixa perquè el material pugui aclimatar-se. També és possible rehumidificar l'ambient, aportant humitat quan el procés es desenvolupa massa ràpidament.¹⁵

L'assecatge controlat sense impregnació, o amb una impregnació lleugera, és un procés lent que requereix una supervisió durant les setmanes o mesos en què es desenvolupa. Per tant, suposa una atenció constant i una previsió de permanència del personal que du a terme el tractament, a més d'una comunicació eficaç entre l'equip, si són diverses les persones implicades en el seguiment.

L'assecatge controlat té generalment l'avantatge de no incorporar consolidants a l'estructura del material. Si és necessari, la consolidació se sol realitzar a concentracions força més baixes que en el cas de la liofilització o dels tractaments de consolidació fins a la saturació.¹⁶

Primera consolidació

En aquest cas, es va optar per una consolidació per immersió en una solució de polietilenglicol (PEG), concretament el producte PEG400 dissolt al 20% en aigua destil·lada. Es va proposar aquesta consolidació per reforçar l'estructura i evitar pèrdues de volum, deformacions i agreujament de la laminació. L'objecte es va immersir durant tres setmanes abans de procedir a l'assecatge controlat.

El PEG és un polímer hidrosoluble molt utilitzat per a la consolidació de material orgànic amarat. El PEG s'utilitza en diferents pesos moleculars; els més habituals són els que van de 400 a 4.000 g·mol⁻¹. El pes molecular del PEG determina la seva consistència a temperatura ambient, sent el de 400 líquid i el de 4.000 sòlid.¹⁷

L'elecció del PEG400 per a la consolidació de la pintura va venir marcada per diverses raons. La primera rau en les garanties dels resultats com a consolidant per a materials orgànics al llarg dels anys. Això es tradueix en una compatibilitat i estabilitat dels materials. La segona consisteix en la capacitat de penetració del PEG dins l'estructura, la qual assegura una consolidació en profunditat de l'objecte. La tercera és la qualitat de ser un producte hidrosoluble que, per tant, no requereix realitzar un canvi de solvent a l'objecte previ a la consolidació. La quarta rau en el fet que sigui fàcilment reversible a escala superficial, la qual cosa permet controlar l'acabat final en superfície.

Pel que fa a l'elecció del pes molecular del PEG, es va seleccionar el més baix perquè permet una millor impregnació del material en un ambient fred. L'objectiu era evitar escalfar el bany de PEG d'un material termoplàstic degradat, en aquest cas la banya amarada.

Primera fase de l'assecatge

Segons el procediment abans descrit, la pintura es va extreure del bany de PEG i es va col·locar en un recipient de plàstic de tanca hermètica. Al seu interior es van emplaçar un termohigròmetre i un paper impregnat d'aigua –evitant el contacte amb la peça– per mantenir la humitat relativa al voltant del 100%.

¹⁵ Vegeu les pàgines 266 a 261 de: DE LA BAUME, S. "Les matériaux organiques". A: BERDUQUO, M. *La conservation en archéologie*. París: Masson, 1990, p. 222-270.

¹⁶ *Ibid.*

¹⁷ MUÑOZ VIÑAS, S.; OSCA PONS, J.; GIRONÉS SARRIÓ, I. *Diccionario Técnico Akal de Materiales de Restauración*. Tres Cantos (Madrid): Ediciones Akal, 2014, p. 248-249.

La caixa va romandre en un laboratori climatitzat durant tot el tractament. Es va tenir cura d'evitar les oscil·lacions de temperatura de l'ambient, ja que treballant amb humitats relatives elevades, un descens d'uns graus de temperatura pot suposar la condensació de la humitat, tant sobre les parets del recipient com sobre la superfície de l'objecte.

Es va controlar l'evolució del pes de l'objecte i de la humitat relativa a la caixa cada dos o tres dies, aprofitant aquests moments per deixar la caixa oberta uns minuts i renovar l'aire. Això va tenir per efecte abaixar gradualment la humitat relativa dins la caixa. ⁹

Malgrat la consolidació prèvia, durant l'execució d'aquest procés l'estabilitat de la peça es va veure compromesa. En arribar a una taxa del 85% d'humitat relativa, després de tres setmanes, es va observar una deformació notable en la fissura del mànec i de les ptes. A més de la deformació, es va produir una separació de les capes del material que ja es presentava laminat. Les diferents capes presentaven ara una rigidesa que no permetia tornar el material a la seva forma inicial. ¹⁰

Com a primera mesura de reparació, es va tornar a elevar la humitat relativa al 100% dintre del contenidor mitjançant la introducció de papers mullats. Aquesta mesura va donar resultats molt positius, ja que va permetre aturar el progrés

de la deformació i recuperar part de la flexibilitat del material.

¹¹

Pocs dies després de la rehidratació de la pinta va aparèixer un vel blanquinós uniforme sobre la superfície. Vam pensar que podria tractar-se de PEG exsudat per l'objecte a causa de les variacions higromètriques o d'una floridura apareguda arran de l'augment d'humitat dintre del recipient.

Com a segona mesura de reparació es va procedir a l'eliminació del vel blanquinós, després d'observar que s'eliminava fàcilment mecànicament i la neteja no semblava afectar la superfície.

Al gràfic de control es pot observar que la rehumidificació de l'objecte es va reflectir no només en la seva flexibilitat, sinó també en un augment significatiu de pes. ¹² Un cop revertida aquesta situació, en la qual perillava la integritat de l'objecte, es va iniciar un procés d'investigació i experimentació per tal de solucionar el problema d'estabilitat que presentava la peça i aprofundir en un fenomen d'alteració, documentat a la bibliografia, però poc conegut.

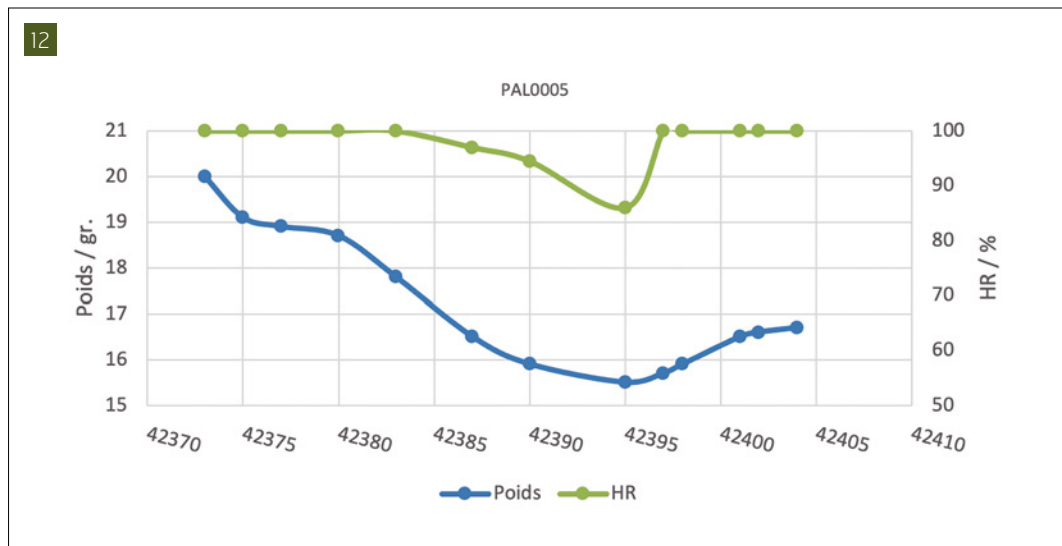
Recuperació de la forma

La rehidratació de l'objecte va permetre retrobar la plasticitat del material per remodelar i recuperar la forma de la pinta. Amb aquest propòsit, es va fabricar un instrument de



[10] Estat de la pinta en arribar al 85% d'humitat relativa.

[11] Estat de la pinta després de la rehidratació (Fotografies: Irene García Alonso / ARC-Nucléart).



[12] Gràfica d'evolució de la humitat relativa ambiental i el pes de l'objecte (Gràfic: Irene García Alonso / ARC-Nucléart).

contenció d'acer inoxidable compost per dues graelles amb escuma de polietilè cosida a la cara interior. D'aquesta manera, l'instrument es va poder adaptar a les petites irregularitats de la pinta. ¹³ Les dues graelles sostenien entre elles la peça mitjançant la pressió d'unes pinces. ¹⁴ Es va procurar que les plaques de contenció tinguessin la mateixa curvatura que la pinta abans de la deformació provocada durant el primer assecatge. Es van escollir planxes d'acer perforades per permetre l'accés de líquids, atès que es va considerar necessària una segona consolidació per immersió.

Segona consolidació

Es va considerar que, per reprendre el procés d'assecatge, calia tornar a consolidar l'objecte amb la intenció de reforçar-lo estructuralment i adherir les làmines descohesionades.

Es va buscar un producte en solució aquosa que tingués propietats mecàniques semblants a la banya –amb certa elasticitat i termoplàstic. Amb aquest propòsit es van realitzar proves amb dues resines acríliques i dues de viníliques en emulsió aquosa, que permetessin la impregnació de l'objecte. Entre els productes disponibles al magatzem d'ARC-Nucléart es van seleccionar els següents:

- Plextol® B500 al 30% en aigua.
- Acril® 33 al 30% en aigua.
- Mowilith® DMC2 al 20% en aigua.
- Evacon® R al 20% en aigua.

D'altra banda, es van plantejar tres tipus de proves: una mecànica d'adherència, una de solubilitat i una òptica de brillantor i transparència. ¹⁵

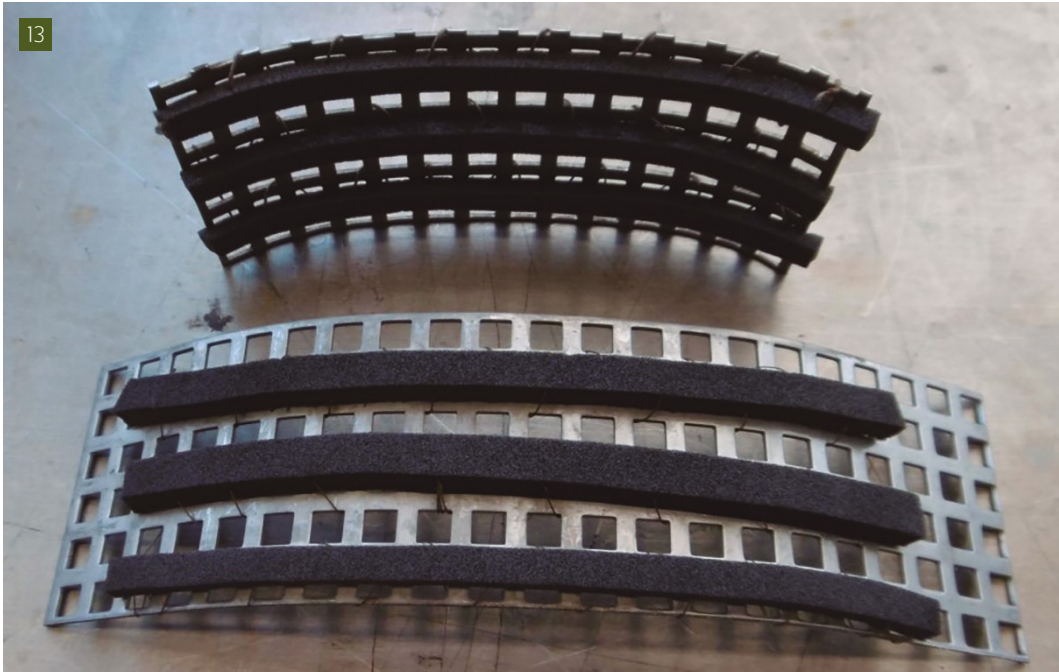
Les proves d'adherència es van fer per avaluar dos aspectes dels productes. El primer, la capacitat d'adhesió entre dos materials porosos –fusta i fusta– i entre un material porós i un de compacte i llis –fusta i planxa de polipropilè. El segon, l'eficàcia de l'adhesió amb o sense una impregnació prèvia amb PEG. El mètode d'avaluació de cadascun d'aquests aspectes va ser el següent:

1. Capacitat d'adhesió entre materials de porositat diferent:

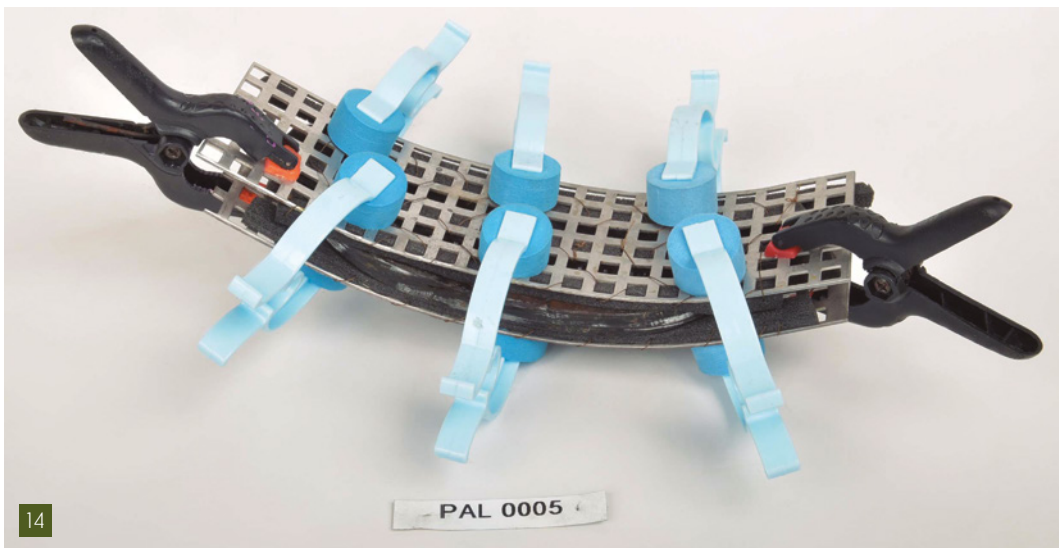
es van agafar bastonets de fusta plans i una planxa de polietilè; es van enganxar els palets per parells sobre la planxa, mitjançant l'aplicació de la resina per immersió de les fustes durant cinc minuts. La capacitat d'adhesió es va avaluar aplicant una força manual per desenganxar els dos objectes. Si els objectes es desenganxaven amb una lleugera pressió manual, l'apreciació era negativa, o sigui, que es considerava que el producte no havia adherit els dos objectes.

2. Eficàcia de l'adhesió amb i sense impregnació prèvia amb PEG:

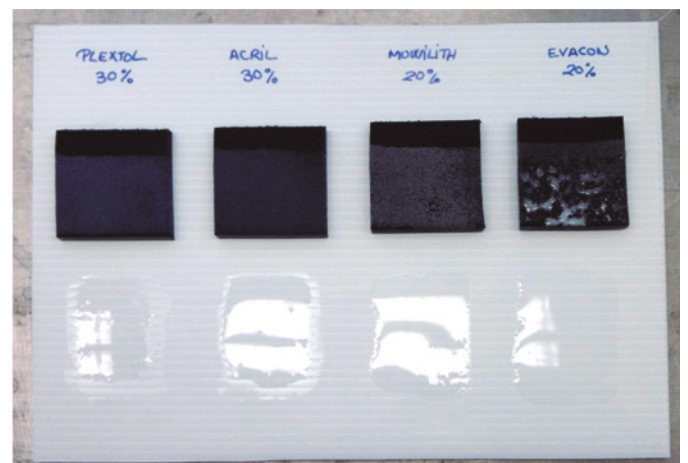
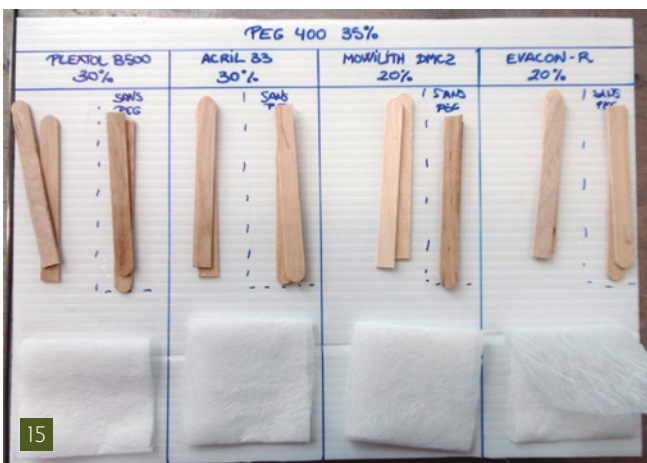
es va emprar polietilenglicol de pes molecular 400, el mateix producte que es va utilitzar per a la primera consolidació de la pinta. Per a aquesta experimentació es va emprar una dissolució de PEG 400 al 35% en aigua destil·lada, una concentració superior respecte a la impregnació realitzada a la pinta –20%– per intentar compensar que el temps d'immersió per a aquesta prova va ser significativament més curt. Els materials –bastonets de fusta– es van impregnar primer en aquesta dissolució durant cinc minuts i es van deixar assecat a l'aire. Després, es va seguir el mateix procediment descrit en el punt 1.



[13] Instrument de contenció per a la recuperació de la forma (Fotografia: Irene García Alonso / ARC-Nucléart).



[14] Objecte sota contenció (Fotografia: Christophe Terpent / ARC-Nucléart).



[15] Proves d'adherència i aspecte superficial (Fotografies: Irene García Alonso / ARC-Nucléart).

Els resultats de les proves són els següents:

PROVES D'ADHERÈNCIA								
	IMPREGNACIÓ PRÈVIA PEG® 400 35%				SENSE IMPREGNACIÓ			
	Plextol® B500 30%	Acril® 33 30%	Mowilith® DMC2 20%	Evacon® R 20%	Plextol® B500 30%	Acril® 33 30%	Mowilith® DMC2 20%	Evacon® R 20%
Adherència fusta-fusta	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí
Adherència fusta-polipropilè	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Les proves de solubilitat es van realitzar per avaluar la possibilitat de retirar l'excés de consolidant que quedés en superfície o entre les ptes. Es van testar tres dissolvents polars per dissoldre les quatre resines sintètiques ja descrites: aigua, acetona i etanol.

El mètode d'avaluació va ser el següent: es van fabricar mostres aplicant els productes a pinzell sobre una planxa de polipropilè i deixant endurir les quatre resines testades. A continuació, es va aplicar el dissolvent amb un hisop i es va avaluar la solubilitat de la resina en funció de si es retirava o no. Es va considerar que el producte era soluble quan es retirava amb facilitat, parcialment soluble quan s'estovava en contacte amb el solvent, però s'havia d'exercir una lleugera abrasió mecànica per retirar-lo, i insoluble quan no es retirava en cap dels dos supòsits anteriors.

A continuació presentem els resultats de l'experiment:

PROVES DE SOLUBILITAT				
	Plextol® B500 30%	Acril® 33 30%	Mowilith® DMC2 20%	Evacon® R 20%
Aigua	Insoluble	Insoluble	Parcialment soluble	Soluble
Etanol	Soluble	Soluble	Soluble	Parcialment soluble
Acetona	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble

Les proves de brillantor i transparència es van realitzar per avaluar l'aspecte final de cada resina sobre la superfície de la banya. Es van fer proves d'aplicació de les quatre resines sintètiques ja descrites sobre dos materials amb porositat diferent: una planxa d'escuma de polietilè extrudit de color negre (Plastazote®) –amb superfície porosa i llisa– i una làmina de polipropilè de color blanc –amb superfície compacta i llisa.

El mètode d'avaluació va ser el següent: es van retallar mostres de Plastazote® de 4 x 4 cm que es van situar sobre una planxa de polipropilè. A continuació, es va aplicar una capa generosa de resina a pinzell. Es va considerar que el producte era brillant, setinat o opac amb una valoració visual. La transparència es va avaluar de la mateixa manera.

A continuació es presenten els resultats de l'experiment:

PROVES D'ACABAT EN SUPERFÍCIE				
	Plextol® B500 30%	Acril® 33 30%	Mowilith® DMC2 20%	Evacon® R 20%
Sobre Plastazote® (polietilè)	Transparent Setinat	Transparent Setinat	Transparent Mat	Transparent Mat amb aurèoles brillants
Sobre planxa de polipropilè	Transparent Brillant	Transparent Brillant	Transparent Brillant	Transparent Brillant

Quant a les proves d'adhesió, es va comprovar que les resines viníliques demostraven més poder d'adhesió que les acríliques. Pel que fa a la reversibilitat, també eren les viníliques les solubles en més quantitat de solvents. Respecte als valors en superfície, totes les mostres presentaven una molt bona transparència, però es va valorar positivament el Mowilith® DMC2, que era l'únic que oferia un acabat mat sobre material porós.

Finalment es va seleccionar l'adhesiu Mowilith® DMC2, ja que es va considerar que presentava la millor adherència, reversibilitat i un acabat en superfície acceptable per a un objecte arqueològic en banya.

Abans d'immergir l'objecte sencer, es va realitzar una prova d'impregnació i d'assecatge d'una de les pues despreses de la pinta. Els resultats van ser satisfactoris, malgrat que la pua no fos representativa de la mida ni de les tensions presents a la pinta. La pua ja no va presentar laminació i l'aspecte era semblant a l'estat previ a la impregnació, pel que fa a color i brillantor. ^[16]

A continuació, es va procedir a la impregnació de la pinta, dins l'instrument de contenció, en un bany de Mowilith® DMC2 al 20% en aigua destil·lada durant 72 hores. Va ser necessari realitzar aquesta impregnació amb l'ajuda de l'agitador magnètic per evitar que el producte es concentrés al fons del recipient. ^[17]

Segona fase de l'assecatge

Un cop finalitzada la impregnació, es va retirar l'excés de resina en la superfície obrint la premsa de contenció, assecatge l'objecte i situant-lo un altre cop sota pressió.

Per realitzar aquest segon assecatge, es va plantejar la possibilitat d'accelerar el procés amb l'aportació d'aire tebi d'un assecador. ^[18] Aquesta idea va sorgir de la valoració del tipus de deformació que havia patit l'objecte en el primer

intent d'assecatge, en el que no s'havien observat pèrdua de volum o contracció del material, sinó una deformació i descohesió laminar observables a nivell macroscòpic. Es va valorar que afavorir l'evaporació de l'aigua de manera ràpida, i amb un control visual continu durant el procés, podria resultar avantatjós. Després de consultar amb l'equip, es va decidir iniciar el procés, aplicant aire tebi a intervals curts de temps, uns cinc segons. Aquest procés es va perllongar durant unes hores, en les quals l'objecte, sota contenció, es pesà regularment per controlar l'eliminació de l'excés d'aigua, fins que el pes es va estabilitzar. Els resultats van ser molt satisfactoris, ja que la pinta va conservar la seva forma inicial, no es va deformar ni laminar.

En finalitzar el procés d'estabilització, l'objecte pesava 14 grams. Això representa una pèrdua d'aproximadament el 37% respecte del seu pes inicial.

6. Accions de restauració

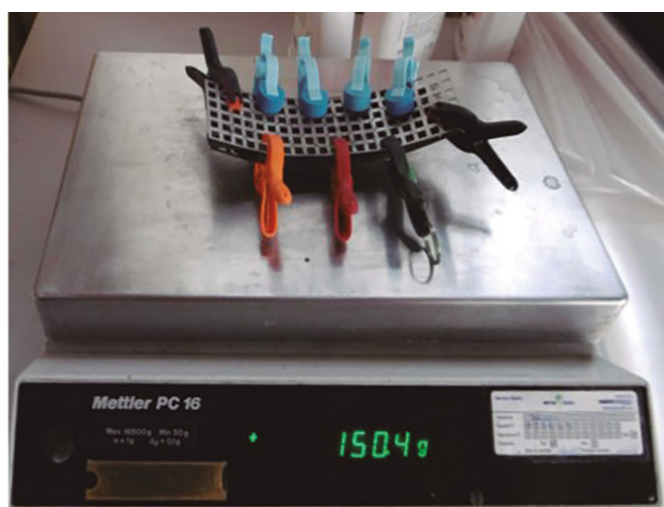
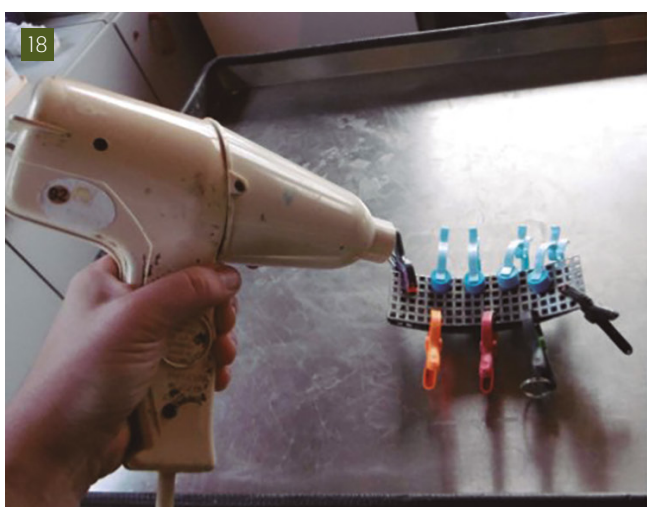
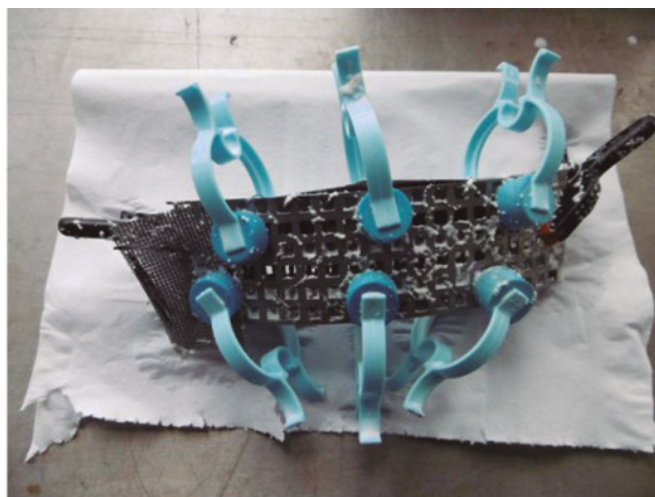
Un cop estabilitzat l'objecte, es va procedir a la seva restauració, amb la intenció de posar en valor la pinta i restituir-li el més possible el seu aspecte original. Es va adoptar un criteri estrictament arqueològic. ^[19] Amb això s'entén que no es va reintegrar cap element faltant i la intervenció es va limitar a les següents accions:

- Eliminació dels residus de consolidant en superfície que aportaven una certa lluïssor. Es va utilitzar una barreja d'alcohol etílic i acetona al 50% i es va actuar localment amb hisop.

- Correcció de petites deformacions degudes a la laminació, que havien quedat desplaçades durant la recuperació de la forma. Es va utilitzar una barreja d'alcohol etílic i acetona al 50% per tal d'estovar localment el consolidant. Es van col·locar palets de fusta i escuma de poliètilè entre les pues per corregir les deformacions durant l'assecatge del consolidant estovat.



[16] Prova d'assecatge amb consolidació prèvia d'una pua (Fotografia: Irene García Alonso / ARC-Nucléart).



[17] Procés d'impregnació en resina vinílica.

[18] Procés d'assecatge accelerat. Aplicació d'aire i pesatge (Fotografies: Irene García Alonso / ARC-Nucléart).



[19] Pinta de banya en finalitzar el tractament de conservació-restauració (Fotografies: Christophe Terpent / ARC-Nucléart).

- Adhesió dels fragments amb Mowilith® DMC2 al 35% en aigua destil·lada.

CONCLUSIONS

En el present text s'han exposat els resultats de la intervenció de conservació-restauració de la pinta de banya procedent del derelict de la *Jeanne-Élisabeth*.

S'ha presentat una visió global del material, la banya de bòvid, estudiant la seva procedència, constitució química i estructural, els usos per als quals està documentada, les seves formes d'alteració i les característiques que poden servir per identificar-lo. Així, hem vist que la banya es troba rarament en contextos arqueològics, a causa de l'alteració de la queratina en contacte amb l'aigua i la calor.

Respecte a la intervenció de conservació-restauració, la fase més interessant, i alhora més problemàtica, va ser l'estabilització de l'objecte. Aquesta es va realitzar mitjançant un assecatge controlat amb consolidació prèvia per immersió en PEG400. Durant el procés d'assecatge es van observar deformacions i una laminació severa que van obligar a rehidratar la peça. El tractament va ser redirigit aplicant un segon consolidant i realitzant un assecatge sota contenció.

El resultat final va ser satisfactori, ja que la peça va adquirir estabilitat en l'ambient sec, mantenint les seves dimensions, la seva forma i amb un aspecte de superfície, pensem, semblant a l'original.

El coneixement i l'estudi d'aquests materials poc freqüents resulta una tasca imprescindible a l'hora d'identificar-los i d'entendre els processos de degradació als quals han estat sotmesos. També són essencials per preveure les possibles reaccions de l'objecte durant els tractaments de conservació-restauració que siguin proposats.

A l'hora d'establir un tractament, hem comprovat la importància de prioritzar els que són reversibles o permeten una rectificació. En el cas de l'assecatge controlat, un tractament progressiu i lent va fer possible detectar a temps la necessitat de canviar els paràmetres del procés. Això no hauria estat possible, per exemple, amb tractaments més ràpids com la liofilització. Cal destacar també la importància d'estudiar i testar els materials de conservació i els processos abans d'emprendre tractaments experimentals. En el cas present, les proves que es van realitzar sobre materials sintètics i sobre una mostra del mateix objecte van ser decisives per preveure els resultats.

En aquest sentit, queden obertes línies de treball. Una d'elles seria l'experimentació de mètodes d'estabilització de teixits queratinosos i amarats d'aigua; en particular, seria interessant conèixer les reaccions d'aquests materials a la liofilització o l'assecatge per canvi de solvents. També seria interessant obrir una via d'estudi sobre la identificació dels processos i graus de degradació de la banya amb diferents tècniques analítiques.

AGRAÏMENTS

Moltes gràcies a la Sílvia Franch, directora del meu treball final, qui em va encoratjar tant. A tot l'equip d'ARC-Nucléart i especialment a l'Henri Bernard-Maugiron, el meu tutor, a qui guardo un gran afecte. Al grup WOAM (*Wet Organic Archaeological Materials*) de l'ICOM, amb qui vam compartir les nostres inquietuds. A les meves companyes conservadores-restauradores que m'inspiren tant cada dia, especialment a la Kusi Colonna-Preti, per compartir la seva amistat i el seu excel·lent esperit científic, i a la Júlia Chinchilla, mestra imprescindible, que em va introduir a l'apassionant món dels materials orgànics amarats.

BIBLIOGRAFIA

BERNARD-MAUGIRON, H. [et al.] "La Jeanne-Élisabeth livre ses secrets: deux restaurations d'objets personnels issus d'une épave suédoise (XVIIIe siècle)" *Patrimoines du Sud*, núm. 6 (2017), p. 118-131. Disponible en línea a: <<http://journals.openedition.org/pds/2181>> [Consulta: 8 maig 2020].

CHAIX, L. "La corne, du néolithique à l'âge du bronze". A: BEAL, J.C.; GOYON, J.-C. *Des ivoires et des cornes dans les mondes anciens (Orient - Occident)*. París: De Boccard, 2000, p. 29-31. Disponible en línea a: <<https://archive-ouverte.unige.ch/unige:106519>> [Consulta: 8 maig 2020].

JAOUENM. [et al.] "L'épave de la Jeanne-Élisabeth, 1755-2008-2016 bilan de huit campagnes de fouille". *Archaeonautica*, núm. 19 (2017), p. 41-86. Disponible en línea a: <<https://journals.openedition.org/archaeonautica/457>> [Consulta: 8 maig 2020].

KRAUSZ, S. "L'exploitation artisanale de la corne de bovidés à l'époque gauloise : le témoignage des chevilles osseuses de corne de Levroux (Indre)". *Revue archéologique du Centre de la France*. Vol. 31 (1992), p. 41-55. Disponible en línea a: <<https://doi.org/10.3406/racf.1992.2666>> [Consulta: 8 maig 2020].

KUNTZ, L.; ARGANT, T.; BELLON, C. "Un atelier de cornetier du premier âge du Fer à Lyon". A: BEAL, J.C.; GOYON, J.-C. *Des ivoires et des cornes dans les mondes anciens (Orient - Occident)*. París: De Boccard, 2000, p. 67-74. Disponible en línea a: <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02090526/>> [Consulta: 8 maig 2020].

MINNESOTA HISTORICAL SOCIETY. *Quills, Horn, Hair, Feathers, Claws, and Baleen Found in Such Items as Clothing Ornaments, Jewellery, and Containers* [En línea]. <http://www.mnhs.org/preserve/conservation/connectingmn/docs_pdfs/repurposedbook-quills_000.pdf> [Consulta: 8 maig 2020].

PARIS C.; LECOMTE, S.; COUPRY, C. "ATR-FTIR spectroscopy as a way to identify natural protein-based materials, tortoiseshell and horn, from their protein-based imitation, galalith". *Spectrochimica Acta (Part A)*. Vol. 62 (2005), p. 532-538. Disponible en línea a: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16257757/>> [Consulta: 8 maig 2020].

SHENGQING, L.; ENDONGB, Z.; LIJUN, L. "Identification of Rhinoceros Horn and its Substitutes". *Advanced Materials Research*. Vol. 177 (2011), p. 636-639. Disponible en línea a: <http://www.rhinosourcecenter.com/pdf_files/129/1296167880.pdf> [Consulta: 8 maig 2020].