



MUSEU D'HISTÒRIA DE BARCELONA (MUHBA)  
Plaça del Rei, s/n.  
08002 Barcelona  
Tel.: 93 256 21 00  
Fax: 93 315 09 57  
museuhistoria@bcn.cat  
www.museuhistoria.bcn.cat/quarhis

12  
quarhis



# QUADERNS D'ARQUEOLOGIA I HISTÒRIA DE LA CIUTAT DE BARCELONA

| BARKENO | BARCINO | BARCINONA |  
BARŠALŪNA | BARCELONA

**quarhis**

ÈPOCA II · ANY 2016 · N.12 · ISSN 1699-793X  
288 PÀGINES · BARCELONA



**Editor:**  
Museu d'Història de  
Barcelona (MUHBA)  
Institut de Cultura  
Ajuntament de Barcelona

**Director MUHBA:**  
Joan Roca i Albert

**Dirrecció Quarhis:**  
Julia Beltrán de Heredia

**Secretària de redacció:**  
Cèlia Torrent i Riba

**Consell de redacció:**  
Xavier Aquilué (MAC)  
Julia Beltrán de  
Heredia (MUHBA)  
Josep Guitart (UAB)  
Josep M. Gurt (UB)  
Albert López (DiBa)  
Magí Miré (GC)  
Carme Miró (ICUB)  
Miquel Molist (UAB)  
Isabel Rodà (UAB)

**Avaluadors externs:**  
Luis Caballero Zoreda  
Carmen Fernández Ochoa  
Sauro Gelichi  
Jean Guyon  
Simon Keay  
Bernat Marifí  
Lucy Vallauri  
Desiderio Vaquerizo  
Giuliano Volpe

**Altres avaluadors  
2012-2016:**  
Carmen Aranegui Gascó  
José Beltrán Fortes  
Gian Pietro Brogiolo ✓  
Francesc Burjachs  
Claudio Capelli  
Albert García Espuche  
Carmen Guiral Pelegrin  
Sonia Gutiérrez Lloret ✓

Alberto León Muñoz ✓  
Assumpció Malgosa  
i Morera  
Pedro Mateos Cruz ✓  
Josep Maria Nolla Brufau  
Lauro Olmo Enciso  
Josep Maria Palet Martínez  
Antonio Pizzo ✓  
Juan Antonio Quirós ✓  
Castillo  
Santiago Riera Mora  
Jacques Thiriot  
Josep Maria Vila  
Carabassa

**Control gràfic:**  
Emili Revilla

**Disseny gràfic:**  
PFP  
(Quim Pintó,  
Montse Fabregat)

**Realització:**  
Edicions Hipòtesi, SL

**Impressió:**  
Índice Arts Gràfiques, SL

**Imatges de la coberta:**  
Emili Revilla i Pep Parer-  
MUHBA

**ISSN**  
1699-793X

**Dipòsit legal**  
B-9715-2005

© dels textos els autors  
© de l'edició

**Museu d'Història  
de Barcelona**  
Institut de Cultura,  
Ajuntament de Barcelona  
Plaça del Rei, s/n  
08002 Barcelona  
Tel.: 93 256 21 00  
Fax: 93 315 09 57  
www.museuhistoria.bcn.  
cat/quarhis

QUADERNS D'ARQUEOLOGIA  
I HISTÒRIA DE LA CIUTAT DE  
BARCELONA

BARKENO | BARCINO | BARCINONA  
BARŠALŪNA | BARCELONA

**quarhis**

ÈPOCA II ANY 2016 · NÚM. 12 · ISSN 1699-793X  
288 PÀGINES · BARCELONA



**SUMARI**  
**SUMARIO**  
**SUMMARY**  
**SOMMAIRE**

---

<b>9-11</b>	<b>PRESENTACIÓ</b> JOAN ROCA I ALBERT
-------------	--

---

<b>12-13</b>	<b>EDITORIAL</b> JULIA BELTRÁN DE HEREDIA BERCERO
--------------	--

---

<b>16-38</b>	<b>CONSTRUINT A L'ANTIGUITAT TARDANA</b> TÈCNICAS CONSTRUCTIVAS EN LA <i>TARRACONENSIS</i> DURANTE LA ANTIGÜEDAD TARDÍA. PLANTEAMIENTOS Y ESTRATEGIAS DE INVESTIGACIÓN PARA UNA PROPUESTA DE SÍNTESIS JULIA BELTRÁN DE HEREDIA I JOSEP MARIA MACIAS
<b>40-57</b>	TÈCNICA ARQUITECTÒNICA TARDOANTIGA A LA CIUTAT DE <i>TARRACONA</i> : ESTAT DE LA QÜESTIÓ. JOSEP MARIA MACIAS
<b>58-77</b>	ARQUEOLOGÍA Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EN BARCELONA: NUEVOS DATOS PARA EL HORIZONTE TARDOANTIGUO JULIA BELTRÁN DE HEREDIA BERCERO
<b>78-92</b>	ELS EDIFICIS PORTUARIS TARDOANTICS DE L'ÀREA FLUVIAL DE TARRACO I LES SEVES TÈCNiques CONSTRUCTIVES MOISÉS DÍAZ GARCÍA I JOSEP FRANCESC ROIG PÉREZ
<b>94-105</b>	LA TÈCNICA CONSTRUCTIVA DE L'EDIFICI OCTOGONAL DE CAN FERRERONS (PREMIÀ DE MAR, BARCELONA) RAMON COLL MONTEAGUDO I MARTA PREVOSTI I MONCLÚS
<b>106-127</b>	LA BASÍLICA VISIGÒTICA DEL ANFITEATRO DE TARRAGONA: DEFINICIÓ, TÈCNICAS CONSTRUCTIVAS Y SIMBOLOGÍA DE UN TEMPLO MARTIRIAL ANDREU MUÑOZ MELGAR
<b>128-143</b>	TÈCNICA I ARQUITECTURA TARDOANTIGA DE CENTCELLES (TARRAGONA). OBSERVACIONS I PRIMERES REFLEXIONS I JOSEP M. PUCHE I JORDI LÓPEZ VILAR

---

<b>146-179</b>	<b>NOTES I ESTUDIS</b> LA TRANSFORMACIÓ DEL MEDI NATURAL EN EL PAISATGE AGRÍCOLA DURANT L'ÈPOCA ANTIGA. L'EXEMPLE DEL JACIMENT DE FONERIA (BARCELONA) ALESSANDRO RAVOTTO I FERRAN ANTOLÍN I ORIOL LÓPEZ BULTÓ I RAQUEL PIQUÉ I HUERTA
<b>171</b>	ANNEX I. Estudi dendroarqueològic del pou de Foneria A. RAVOTTO I J. S. MESTRES I TORRES I M. PUGÈS I DORCA I J. SEGURA DE YEBRA
<b>180-193</b>	UNA NECRÒPOLIS AL COSTAT DE LA VIA ROMANA DE LA PLAÇA DEL PEDRÓ (BARCELONA) ESTHER MEDINA
<b>194-209</b>	CERÀMICA DE REBUIG AL CARRER D'AVINYÓ. UN POSSIBLE NOU TALLER BARCELONÍ EN EL PRIMER QUART DEL SEGLE XIII JORDI SERRA MOLINOS
<b>210-223</b>	EL FENOMEN DELS CELLERS SUBTERRANIS D'ÈPOCA MODERNA A BARCELONA. EL CAS ÚNIC DE LA <i>FRESQUERA</i> DEL PONT DE SANT ADRIÀ A SANT ANDREU DE PALOMAR SERGIO ARROYO

---

<b>226-228</b>	<b>NOTICIARI</b> PROJECTE PREHISTÒRIA AL PLA DE BARCELONA
<b>229-231</b>	PICTOR: LA DECORACIÓ PARIETAL EN EL CUADRANTE NE DE HISPANIA: PINTURAS Y ESTUCOS (SIGLO II A. C.-SIGLO VI D. C.)
<b>232-233</b>	TÈCNiques CONSTRUCTIVES I ARQUITECTURA DEL PODER AL NORD-EST DE LA TARRACONENSE. METODOLOGIA DE REPRESENTACIÓ I PARÀMETRES ANALÍTICS PER A LA COMPRESIÓ DELS PROCESSOS EVOLUTIVS ENTRE L'ALT IMPERI I L'ANTIGUITAT TARDANA. FINALITZACIÓ DEL PROJECTE.
<b>234-235</b>	ARCHAEOLOGICAL AUTOMATIC INTERPRETATION AND DOCUMENTATION OF CERAMICS — ARCHAIDE (693548)
<b>236-237</b>	BARCELONA A L'ANTIGUITAT TARDANA. <i>EL CRISTIANISME, EL VISIGOTS I LA CIUTAT</i> . L'OBERTURA AL PÚBLIC DE L'AULA EPISCOPAL I EL BAPTISTERI DEL MUSEU D'HISTÒRIA

---

<b>239-241</b>	<b>BIBLIOGRAFIA PUBLICADA SOBRE ARQUEOLOGIA DE BARCELONA</b>
----------------	--

---

<b>243-246</b>	<b>TEXTOS EN CATALÀ. SÍNTESI</b>
----------------	----------------------------------

---

<b>247-255</b>	<b>TEXTOS EN CASTELLANO. SÍNTESIS</b>
----------------	---------------------------------------

---

<b>257-268</b>	<b>ENGLISH TEXT. SUMMARY</b>
----------------	------------------------------

---

<b>269-280</b>	<b>TEXTES EN FRANÇAIS. RÉSUMÉ</b>
----------------	-----------------------------------

---

<b>283-287</b>	<b>NORMES DE PRESENTACIÓ D'ORIGINALS A QUARHIS</b>
----------------	--



**NOTES I ESTUDIS**

La dendrocronologia es basa en el fet que el creixement dels arbres està determinat, en gran part, per les variables ambientals. En una zona amb condicions climàtiques similars, individus que segueixen els mateixos processos físics i biològics (en general, pertanyents a la mateixa espècie) tendeixen a mostrar el mateix patró de creixement, que es pot reconèixer en la seqüència dels anells anuals. Els patrons de creixement de diferents arbres es poden sincronitzar, solapant els períodes comuns de la vida de cada planta, per tal d'obtenir *corbes dendrocronològiques* que es desenvolupen al llarg dels segles (Fritts, 1976; Baillie, 1982; Schweingruber, 1996; Gutiérrez 2008)<sup>1</sup>.

Les corbes obtingudes, si són estadísticament consistents, es poden utilitzar amb múltiples objectius, com els estudis ambientals, la reconstrucció climàtica o la datació d'artefactes de fusta. En l'àmbit arqueològic la dendrocronologia, també, pot proporcionar indicis sobre l'àrea de captació de la matèria primera, sobre si els objectes manufacturats procedeixen d'un únic arbre o de diferents individus, així com sobre algunes característiques dels troncs d'origen.

Per una sèrie de raons, entre les quals hi ha la predisposició del territori a la conservació de restes llenyoses, els estudis dendroarqueològics no són particularment abundants a la península, encara que n'hi hagi exemples destacats. Tanmateix, tal com ha demostrat un recent recull dels estudis d'aquest tipus –al qual es remet per a un estat de la qüestió més detallat–, aquesta disciplina presenta notables potencialitats en l'àmbit peninsular (Domínguez *et alii*, 2015). Entre els territoris on la dendroarqueologia va rebre un impuls més consistent, per exemple, mereix un esment el País Basc (Susperregi, 2007). A Catalunya, on l'aplicació de la dendroarqueologia podria treure profit, en certa mesura, d'una ben establerta tradició d'estu-

dis dendroecològics, aquests tipus d'anàlitzes són encara molt puntuals<sup>2</sup> (Gassman, 2000; Soberón *et alii*, 2012). Al jaciment Foneria, el fet que el folre interior del pou estigués format per 13 peces de fusta (fig. 1), pertanyents a l'espècie *Pinus sylvestris/nigra* i, en un únic cas (Fon 9) a *Abies alba*, ha permès, per primera vegada, dur a terme un estudi dendrocronològic sobre material d'època romana (Ravotto, 2014; Piqué, Ravotto, López, en premsa)<sup>3</sup>.

L'acoblament dels elements del folre del pou es va assegurar amb claus (Fon 4, 5, 10, 12) i mitjançant dos tipus de juntes, anomenats “mitjamossa” (Fon 3, 4, 6, 8, 9) i “d'espiga i encaix” (Fon 4, 6 i 7)<sup>4</sup>.

La presència d'un forat d'encaix inutilitzat (a Fon 6), així com el recurs a petits elements que serveixen per a homologar el gruix entre peces, que, tot i desenvolupant la mateixa funció estructural, presenten diferències en la forma i les dimensions, indiquen que part de la fusta procedia d'una estructura reutilitzada.

## 1. Metodologia

### 1.1 EXHUMACIÓ I CONSERVACIÓ DE LA FUSTA

A diferència de les recerques dendrocronològiques més generals, l'estudi de les mostres arqueològiques requereix uns passos suplementaris, a causa, sobretot, de la conservació precària d'aquest tipus de material. Les fustes arqueològiques, en àmbit català, es solen conservar per haver estat enterrades en un medi saturat<sup>5</sup>.

Encara que puguin haver sofert diferents graus de degradació, l'aigua que ha penetrat dins la seva estructura en preserva, aparentment, la forma. Una vegada extreta del sediment, però, es tracta d'un material extremament delicat i propens a la deformació, la magnitud de la qual

\*Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Ciències de l'Antiguitat i de l'Edat Mitjana. alessandravotto@gmail.com

\*\* Universitat de Barcelona. Laboratori de Datació per Radiocarboni. js.mestres@ub.edu

\*\*\*Servei d'Arqueologia de Barcelona-ICUB. mpuges@bcn.cat

\*\*\*\*Biòleg. Greenaltech S.L. jsdyebra@gmail.com

1. La sincronització s'obté gràcies a avaluacions visuals i estadístiques (*crossdating*) i, normalment, va precedida d'una homologació estadística (estandardització o *detrending*). Aquesta última minimitza alguns efectes indesitjats de variables més específiques, que podrien haver influït en el desenvolupament del volum de l'arbre (lesions, competència pels nutrients i la llum, les variacions de creixement segons l'edat, etc.).

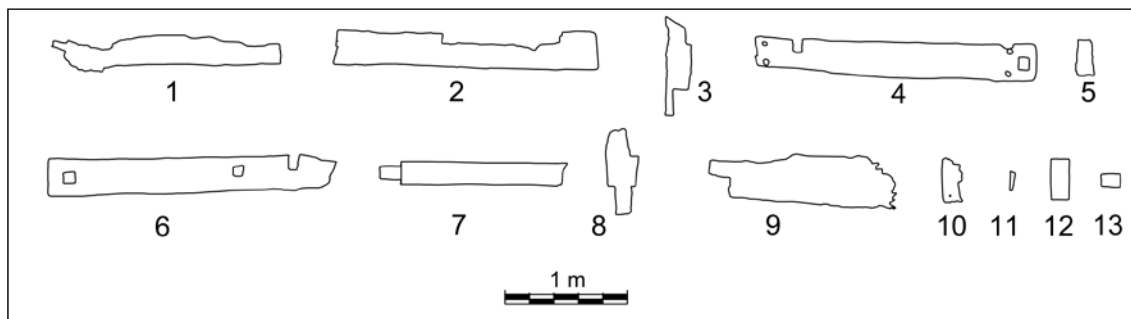
2. El ben estructurat mecanisme de l'arqueologia preventiva a Catalunya constituiria un entorn favorable per a l'aplicació de la dendroarqueologia, de la qual trauria indubtables avantatges. Exceptuant el cas de fusta molt antiga, com la tractada aquí, la inclusió de la dendrocronologia com a tècnica complementària als estudis més tradicionals pot portar a resultats positius amb una relativa economia d'esforç, com en l'estudi dut a terme a la placeta del Pi (Ravotto, 2012, *Memòria de la intervenció arqueològica a la placeta del Pi*, 2. Barcelona. Codi MUHBA: 060/09. Memòria científica inèdita). La datació de les bigues de pi d'un edifici del segle XIX, proposada com a hipòtesi en la memòria científica, s'ha vist confirmada, recentment, per la disponibilitat d'una corba de referència procedent de la regió pirinenca, més adient que les utilitzades en aquella ocasió.

3. El projecte ha estat parcialment finançat pel Servei d'Arqueologia i Paleontologia de la Generalitat de Catalunya, en el marc del conveni amb la Universitat de Barcelona per a dur a terme datacions per radiocarboni, i pel Servei d'Arqueologia de Barcelona, en el marc del *Pla Barcino*.

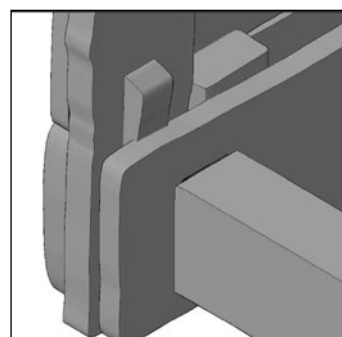
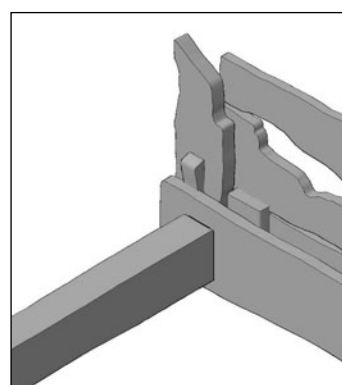
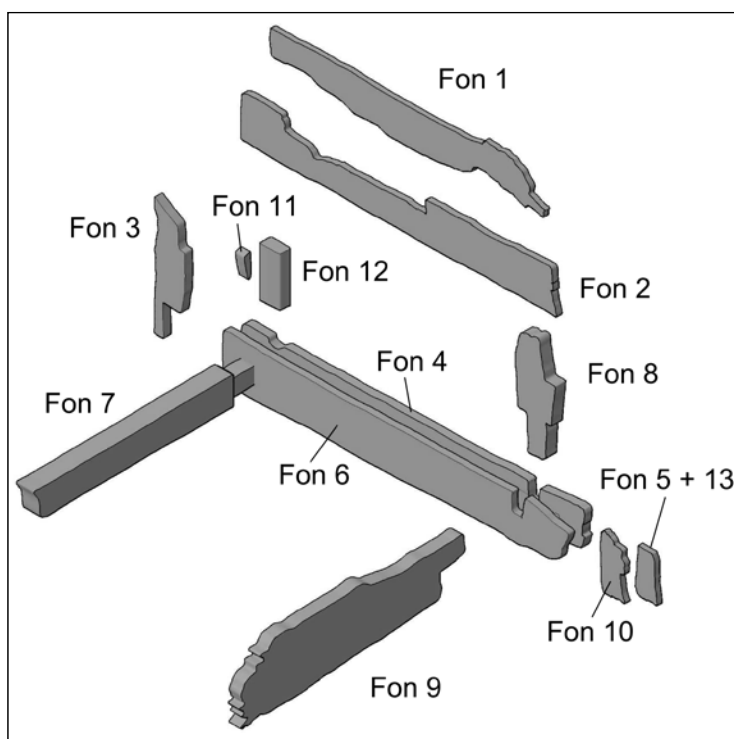
4. O. López i Bultó, R. Piqué i Huerta. 2010, *Estudi de les fustes estructurals del pou del carrer de la Foneria (Barcelona)*, Servei d'Anàlisis Arqueològiques, Universitat Autònoma de Barcelona, desembre de 2010.

5. Les fustes carbonitzades, que també es documenten, representen un àmbit a part, per al qual no serveixen les línies metodològiques esbossades en aquesta ocasió.





**Figura 1**  
Elements de fusta del pou i llur disposició en l'estructura del folre.  
[Autor: Alessandro Ravotto]



**Taula 1**

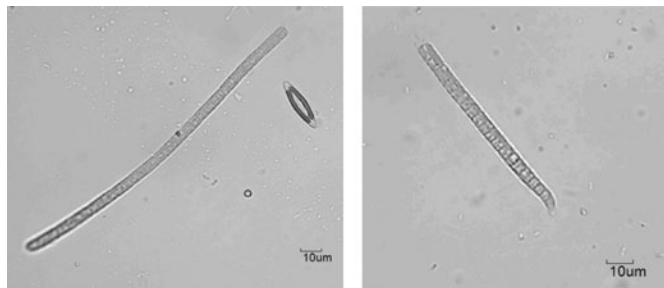
Tronc	Elements del pou	Anells amidats	Distància estimada des de l'anell interior conservat fins a la medul·la	Estimació del nombre d'anells no conservats en direcció del centre del tronc	Mín. Diàm.	Albeca estimada (cm)	Albeca estimada (anells)	Notes
A	Fon 2	130	2,5 cm	5/6	36 cm	6,5 cm	80	
B	Fon 3, Fon 8	88	menys que 1 cm	aprox. 2	32 cm	8 cm	60	Creixement radial asimètric
C	Fon 4, 5, 6, 10, i probablement Fon 11	101	2-3 cm	3/4	36 cm	7 cm	52-56	
D	Fon 7	117	8 cm	no determinable	40 cm	5 cm	70	
E	Fon 1	67	4 cm	no determinable	no determinable	no conservada	no conservada	
F	Fon 9	72	3-4 cm	no determinable	42	5 cm	21	

depèn tant del nivell d'afectació de bacteris i fongs de l'estructura cel·lular de la fusta (Blanchette, 2000) com de la manera en què aquesta va ser tallada per al seu ús<sup>6</sup>.

En primer lloc, doncs, és d'una importància cabdal que les restes llenyoses rebin un tractament adequat directament al jaciment, mantenint-les constantment humides i a recer de la llum solar fins al moment de llur exhumació per a ser traslladades al magatzem. La humitat es pot mantenir amb l'aspersió freqüent d'aigua o mitjançant un altre agent humectant. A Foneria s'ha fet servir el poliacrilat de sodi, un hidrogel inert amb una elevada capacitat d'absorció i retenció d'aigua (García Mulero, 2010; Pugès *et alii*, 2015a, b, c). Sigui quin sigui l'agent emprat, no ha de contaminar les restes de cara a eventuais anàlisis fisicoquímiques posteriors. Una vegada en el magatzem, la conservació en aigua, sobretot si s'hi dilueix un mínim percentatge de desinfectant, pot preservar les peces per un temps relativament llarg.

## 1.2 MONITORATGE DE LES VARIABLES IMPLICADES EN LA DEGRADACIÓ DE LA FUSTA

Això no obstant, a banda del fet que l'amidament dels anells sobre fusta saturada és més difícil, la seva manipulació durant el temps necessari per a dur a terme les anàlisis dendrocronològiques –que s'han de poder repetir per controls de qualitat– aconsella sotmetre les mostres (no les peces senceres) a un tractament estabilitzant. Així doncs, mentre les peces senceres es conservaven en una instal·lació provisional a l'Arxiu Arqueològic del Servei d'Arqueologia, les primeres operacions van anar dirigides a avaluar el grau de conservació de l'estructura de la fusta. En primer lloc, en una sèrie de petits fragments s'ha calculat el contingut d'aigua en relació amb la fusta seca (*U max figure*): segons els elements que formaven el pou, el contingut d'aigua variava entre el 247% i el 620% amb un valor mitjà del 418%, fet que indica un grau de degradació entre discret i alt (Brunning, Watson, 2010: 28). Posteriorment, per tal de relacionar aquests percentatges, que només tenen un valor indicatiu, amb dades analítiques,



**Figura 2**  
Filaments d'*Oscillatoria* i *Navicula*.  
[Autor: Jordi Segura]

al Laboratori de Datació per Radiocarboni de la Universitat de Barcelona es va determinar la proporció de cel·lulosa recuperable per a la datació en un fragment d'una de les peces pitjor conservades (*U max figure*: 612%). La cel·lulosa representava un 8,2%, quan el contingut original hauria d'haver estat entre el 40 i el 50% (Blanchette, 2000: 190).<sup>7</sup>

Encara que ja s'havien obtingut les dades necessàries per a enfocar la prossecució dels treballs, es va monitorar una sèrie de variables implicades, o potencialment implicades, en la degradació de la fusta arqueològica, amb una intenció experimental i per tal de disposar d'un registre de referència de cara a eventuais estudis similars.

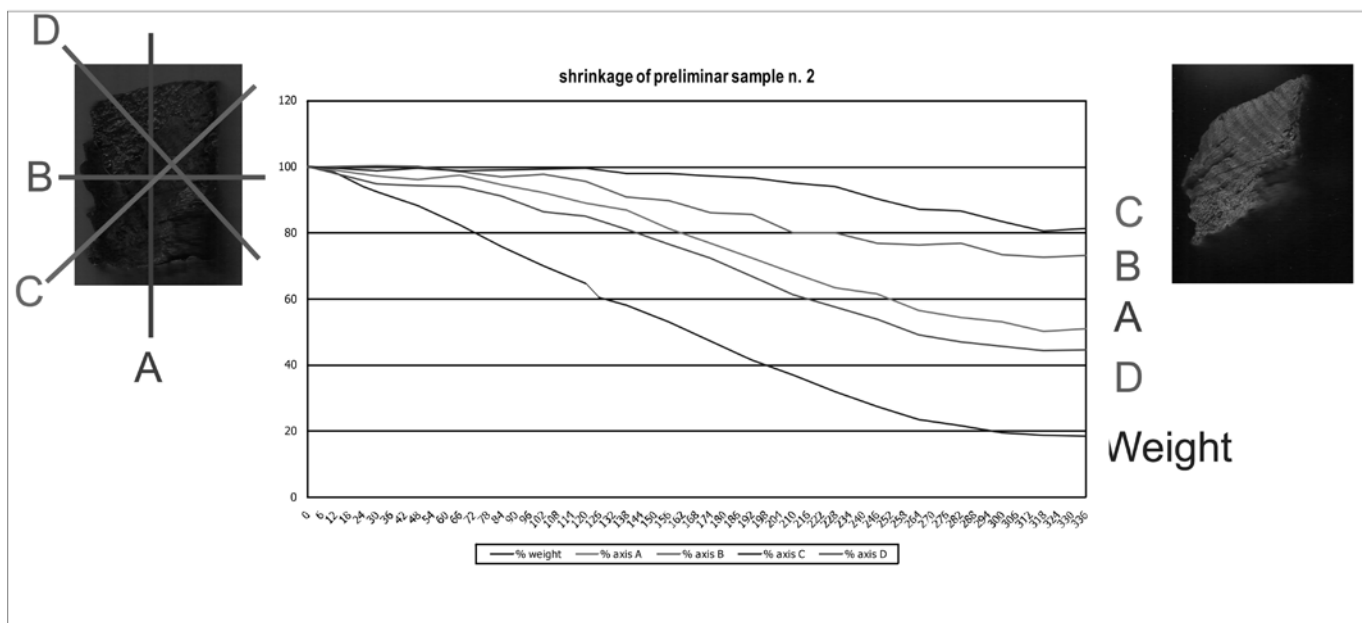
D'una banda, s'ha volgut comprovar si la formació d'algues –un fenomen natural en el cas d'una permanència perllongada en aigua– podia tenir algun efecte degradant sobre l'estructura de les mostres. Alguns fragments es van deixar en un entorn de cultiu favorable, exposats a la llum per un període de 120 dies i procurant no dissoldre desinfectant en l'aigua.

L'anàlisi microscòpica<sup>8</sup> ha permès identificar les algues adherides a la fusta, entre les quals destaquen espècies dels gèneres *Oscillatoria* i *Navicula* (fig. 2), i una altra es-

6. En el procés de deformació hi està implicada una propietat física anomenada "tensió superficial", que representa el grau de cohesió de les molècules del líquid, per efecte de la qual, evaporant-se, l'aigua exerceix una força sobre les molècules de la fusta que pot trencar les parets cel·lulars ja degradades, segons un procés conegut com a "col·lapse capil·lar per tensió".

7. Es tractava d'una mostra preliminar, amb poc material, que va servir per una estimació de la quantitat de fusta necessària per a les datacions amb un bon marge de seguretat. Possiblement, l'exigüitat de la mostra va magnificar les possibles pèrdues estimades, atès que, a l'hora de dur a terme les datacions, el percentatge de cel·lulosa va ser molt superior, entre el 32,2% i 57,7%.

8. Les mostres es van obtenir per raspament amb bisturí de la capa superficial de fusta, i es van observar en una solució d'aigua estèril.



pècie no identificada, pertanyent a la subdivisió *Chlorophyta*. L'observació del tall transversal de la fusta va mostrar que les algues no havien penetrat a l'interior, la qual cosa permet excloure, per tant, que aquest tipus d'organismes puguin alterar-ne l'estructura. Els resultats, de totes maneres, són vàlids només pel que fa a la durada del període de cultiu observat en aquesta ocasió.

D'altra banda, es van enregistrar els efectes del decaïment de l'estructura de la fusta, a conseqüència de l'evaporació de l'aigua, a una temperatura de 25 °C i una humitat ambiental del 65%. La contracció menor, mesurada al llarg de quatre eixos sobre el pla transversal d'un parell de fragments, es produeix al llarg de la direcció radial, i la major, al llarg de la seva perpendicular (fig. 3). Aquesta deformació, en part deguda al procés normal de contracció de la fusta en assecar-se, es veu accentuada per efecte del col·lapse cel·lular. A més, no és homogènia, i, per tant, en el cas que les restes arqueològiques no s'estabilitzin, pot representar el principal problema a l'hora de dur a terme l'estudi dendrocronològic.

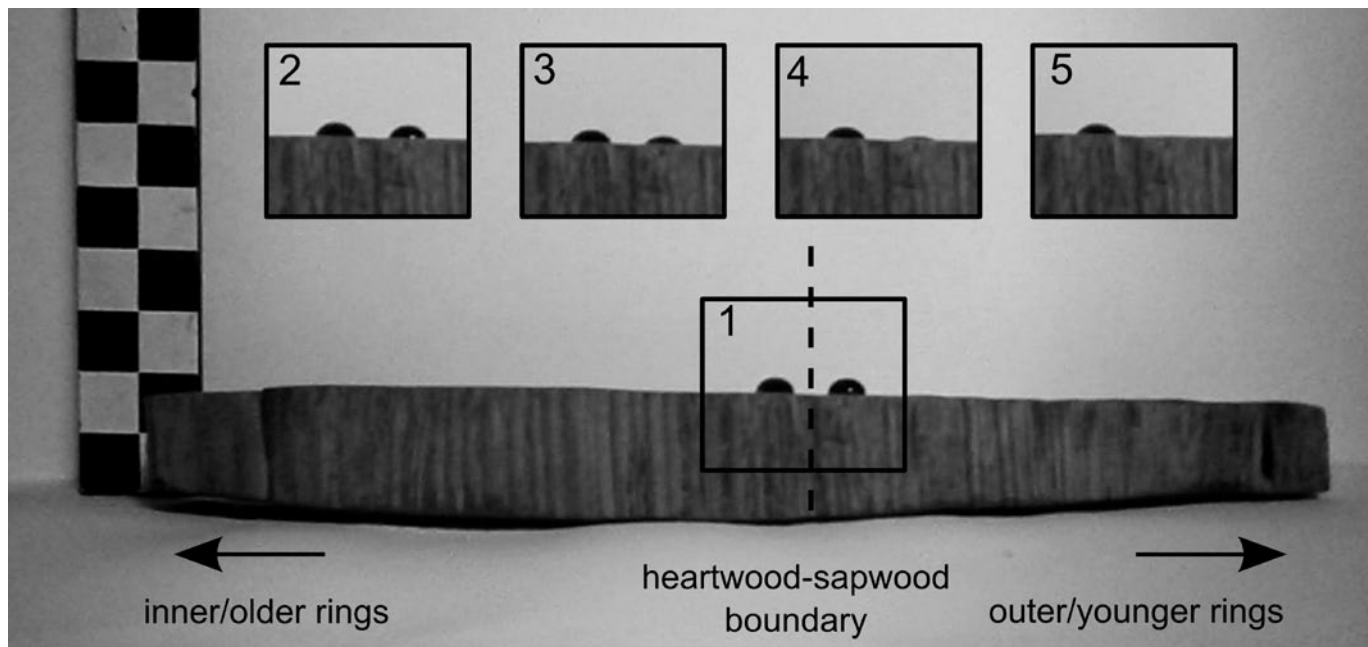
### 1.3 ESTABILITZACIÓ DE LES MOSTRES

En sotmetre les mostres al tractament conservatiu, s'ha descartat el recurs a la impregnació amb PEG, el més difós per a l'estabilització i consolidació de restes arqueològiques. Des del punt de vista dendrocronològic, dificulta la detecció clara dels anells i impossibilita la datació amb C14 (Unger, Schniewind, Unger, 2001: 420-422).

**Figura 3**

Percentatges, al llarg del temps (en hores), de la contracció d'un fragment de fusta saturada d'aigua quan s'asseca de forma natural. [Autor: Alessandro Ravotto]

En el cas de Foneria, una vegada extretes almenys dues mostres –corresponents a sengles llesques transversals, d'un gruix d'entre 2 i 4 cm– de cada element de fusta, llur deshidratació es va aconseguir mitjançant una sèrie de banys en solvents higroscòpics (Unger, Schniewind, Unger, 2001: 399; s'han utilitzat etanol o acetona, sense diferències apreciables en els resultats finals), caracteritzats per una tensió superficial de 22,27 i 23,7 dyn/cm respectivament, inferior a la tensió de l'aigua (75,64 dyn/cm). D'aquesta manera, una vegada que van reemplaçar l'aigua, llur evaporació no ha comportat el col·lapse cel·lular de les mostres. Atesa la dimensió reduïda d'aquestes últimes, i en vista dels objectius del projecte, no s'ha cregut necessari recórrer a un tractament de consolidació amb resina, que hauria pogut comprometre una eventual anàlisi químicofísica posterior. Amb el mètode emprat, de totes maneres, la contracció de la fusta va ser reduïda al mínim i les mostres han pogut ser manipulades i mesurades més vegades al llarg de quatre anys sense alteracions apreciables.



**Figura 4**

Determinació de l'albeca en una mostra de Foneria (Fon 2) mitjançant penetració d'una solució alcohòlica amb safranina. Entre el primer i l'últim quadre van transcórrer 98 segons.

[Autor: Alessandro Ravotto]

#### 1.4 AMIDAMENTS

Els anells s'han mesurat sobre imatges escanejades amb alta resolució, amb un programa informàtic expressament enfocat a la dendrocronologia (CooRecorder, CybisElektronik& Data AB). La sincronització s'ha assolit per avaluació estadística i visual (amb el programa CDendro, CybisElektronik&Data AB) i s'ha sotmès al control de qualitat del programa COFECHA (Holmes, 1983). Amb el mateix programari utilitzat per als amidaments, s'ha fet una aproximació a la distància i el nombre d'anells entre l'anell interior conservat i la medul·la, i, en funció de la curvatura dels anells conservats, s'ha reconstruït la posició de la mostra respecte al tronc d'origen.

La detecció de l'albeca conservada, important a l'hora d'estimar la datació relativa de la tala, però dificultada, en el cas de la fusta arqueològica de Foneria, pel seu estat de conservació i pel tractament d'estabilització (Ravotto, 2014; Piqué, Ravotto, López, en premsa), s'ha estimat mitjançant l'observació de la penetració d'una solució alcohòlica amb safranina a la secció transversal de les mostres (Bamber, 1987: 6, fig. 4).

## 2. Resultats

### 2.1 CARACTERÍSTIQUES

#### DE LA FUSTA

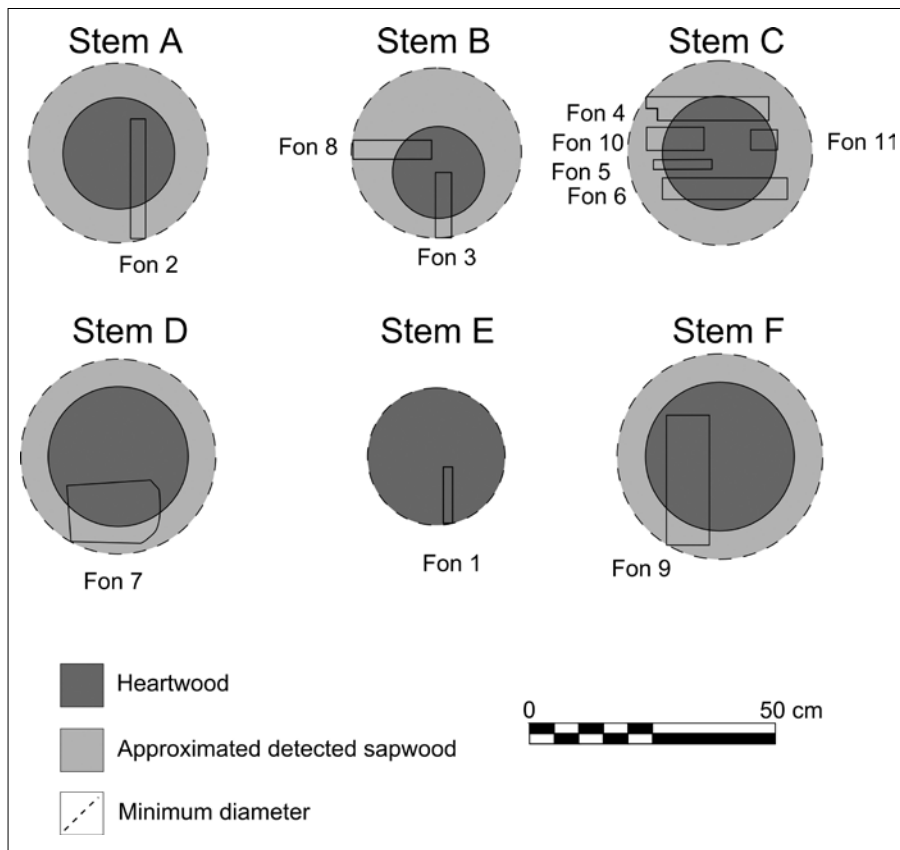
L'anàlisi dendrocronològica de les tretze peces que formaven el pou ha demostrat, d'acord amb l'avaluació visu-

al i estadística, que aquestes es van obtenir d'almenys sis arbres diferents.

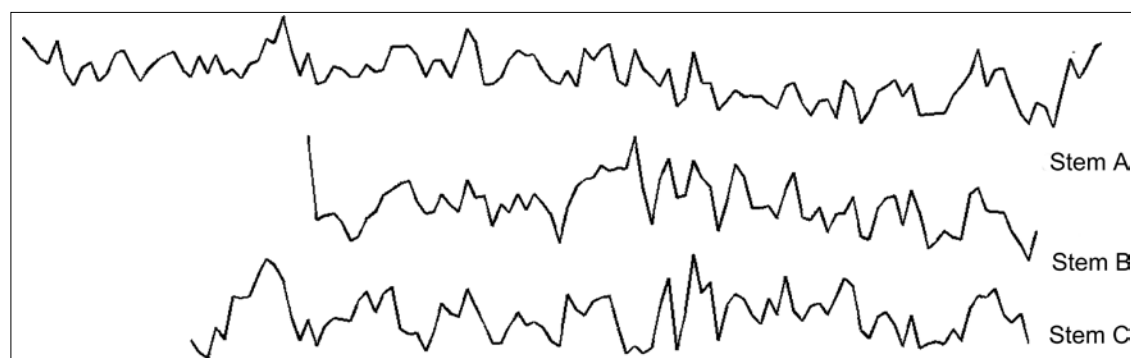
A la taula 1 es presenta un resum de les característiques de cada tronc en funció dels amidaments efectuats, així com d'una sèrie d'estimacions que en deriven. La possibilitat de dur a terme les estimacions i llur fiabilitat depèn del nombre de taulons que es poden adscriure a cada tronc i de les característiques de cada mostra analitzada. En aquest sentit, s'han de considerar més fiables les reconstruccions dels troncs A, B i C.

A la figura 5 es presenta una reconstrucció esquemàtica dels troncs dels quals es van obtenir les peces, i la disposició d'aquestes. Els taulons pertanyents als troncs A, C i D van ser serrats aprofitant la secció radial sencera del tronc, mentre que les peces Fon 1, 3 i 8 sembla que van ser elaborades a partir de quarts de tronc.

No es va documentar cap tauló obtingut exclusivament de l'albeca, que presenta una menor densitat respecte al duramen i, per tant, menor resistència a les demandes estructurals. Tal com resulta de la reconstrucció del



**Figura 5**  
Disposició dels elements de fusta respecte als troncs dels quals es van obtenir. Les dimensions es refereixen a les mostres assecades.  
[Autor: Alessandro Ravotto]



**Figura 6**  
Sincronització visual de les corbes dels tres troncs, estandaritzades ajustant-les-hi una corba exponencial negativa.  
[Autor: Alessandro Ravotto]

tronc C, és possible que les parts més externes del tronc s'hagin eliminat abans de procedir al serrat dels taulons, segons un procediment habitual, encara avui, en l'obtenció de fusta estructural.

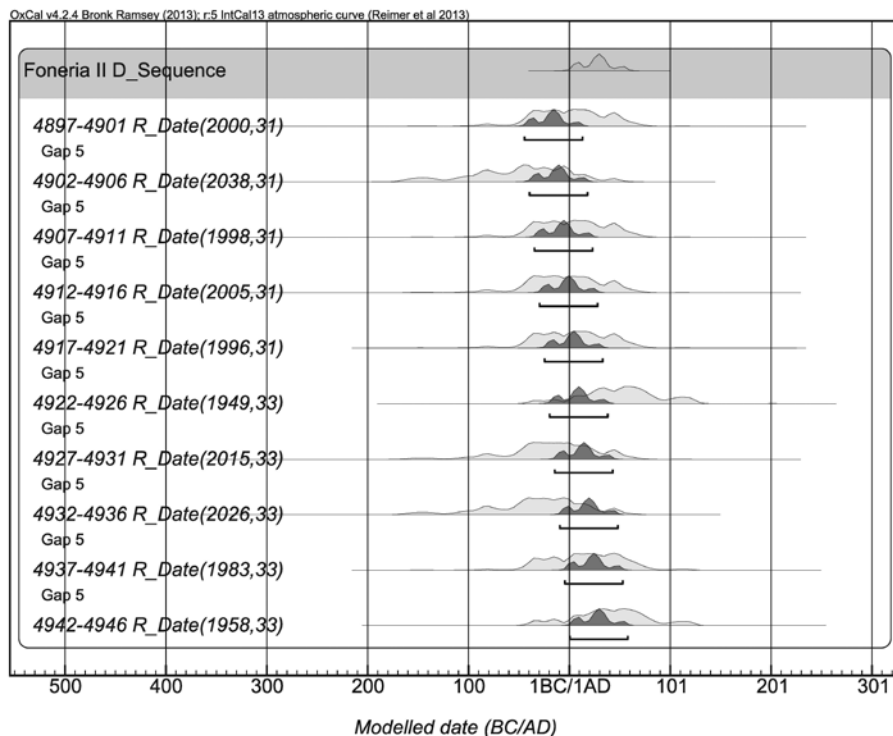
Pel que fa a les dimensions, s'evidencia la preferència, a l'hora d'escollir la matèria primera, de diàmetres al voltant de 40 cm.

## 2.2 LA CORBA DENDROCRONLÒGICA

Vuit sèries de pi, procedents de tres troncs, es van poder sincronitzar, formant una corba de 130 anys (COFEC-

HA *series intercorr.*: 0,62; *mean length series*: 73,3). El fet que presentin, sobretot dos d'aquests, un patró de creixement molt semblant (fig. 6), permet suposar que procedeixen de la mateixa àrea de captació.

Atès que entre les mostres sincronitzades hi ha la pertanyent al tauló amb un forat inutilitzat, i que dos elements presenten lleus traces de pintura blanca (que no s'ha detectat en cap de les peces que no es van poder sincronitzar), es dedueix que la corba dendrocronològica obtinguda no és relativa a l'època de construcció del pou (datada entre els segles II i III dC), sinó a la de l'estructura reutilit-



**Figura 7**

Les deu datacions radiocarbòniques de Foneria modelades amb el *wiggle matching*. Entre parèntesis, s'indiquen les dates radiocarbòniques amb la corresponent incertesa expressada com la desviació típica. [Autor: Alessandro Ravotto]

zada en el folre, esmentada al començament de l'article. L'ancoratge d'una corba local amb una cronologia absoluta s'obté, normalment, mitjançant la comparació amb corbes de referència que disposen de datacions absolutes. Atesa la manca, tant a Catalunya com a les regions limítrofes, de corbes dendrocronològiques de conifera d'època romana<sup>9</sup>, en aquest cas s'ha dut a terme un intent de datació mitjançant la tècnica coneguda com a *wiggle matching* (Bronk Ramsey *et alii*, 2001), l'aplicació de la qual, en l'àmbit peninsular, és fins ara molt puntual (Rodríguez Trobajo, 2006: 54-58; Rodríguez Trobajo, 2008: 46). Aquesta tècnica consisteix en l'obtenció d'una sèrie de datacions radiocarbòniques, espaiades al llarg d'un interval conegut i determinat pel recompte dels anells, per tal d'adaptar-les millor a la corba de calibratge. Deu grups adjacents de cinc anells cadascun, des de l'anell 54 (més jove) fins a l'anell 103 (més vell) dels 130 que formen la corba de

Foneria (numerats de 0 a 129)<sup>10</sup>, han estat datats al Laboratori de Datació per Radiocarboni de la UB per radiometria de centelleig líquid (identificacions d'UBAR-1283 a UBAR-1292). En un primer moment, per tal d'obtenir uns resultats preliminars (Piqué, Ravotto, López, en premsa), les datacions obtingudes s'han sotmès a la rutina de *wiggle matching* del programa OxCal (Bronk Ramsey, 2009), fent servir la corba de calibratge IntCal13 (Reimer *et alii*, 2013). La data de l'anell exterior de la corba pot ser aproximadament entre els anys 55 i 113 dC (corresponent, en relació amb la porció de corba de la qual s'han tret les mostres, a l'interval entre l'any 1 aC i el 59 dC; 95% de probabilitat; fig. 7). Per a aquest període de la corba de calibratge, aquesta aproximació representa un substancial increment de la precisió respecte a les datacions no modelades: per exemple, la data del bloc d'anells més recent, amb una datació no modelada, seria compresa en una forquilla cro-

9. La comparació de la corba de Foneria amb les corbes, procedents d'altres regions, elaborades per alguns dels principals laboratoris de dendrocronologia no ha donat, com es preveia, cap correlació significativa. Volem agrair, en aquest sentit, la disponibilitat de K. Nicolussi (AG Alpine Dendrochronologie), J. Susperregi (Fundación Arkeolan), T. Wazny (CMATE— Center for Mediterranean Archaeology and the Environment) i M. Domínguez Delmás (Universitat de Santiago de Compostel·la).

10. La metodologia emprada en l'obtenció de les mostres per bistrú—un procés llarg i delicat, atesa la gran quantitat de fusta necessària per a les datacions amb centelleig líquid—es va detallar a A. Ravotto. 2013. Informe de la preparació de mostres dendrocronològiques procedents del jaciment del carrer Foneria (Barcelona), per tal de dur a terme una datació radiomètrica amb el mètode anomenat *wiggle matching*. 18-07-2013. Servei d'Arqueologia de Barcelona. Informe inèdit.

nològica de 163 anys, mentre que la mateixa datació adaptada a la seqüència del *wiggle matching* ofereix una precisió de 58 anys, ambdós casos amb 95% de probabilitat.

En un nivell d'anàlisi<sup>11</sup> ulterior, s'ha de remarcar que la corba formada per les datacions radiocarbòniques de Foneria troba particular correspondència, dins d'aquest interval cronològic, amb dos trams de la corba de calibratge. Depenent del tram que es consideri, l'anell més recent de la corba dendrocronològica es dataria l'any 61 dC o l'any 111 dC (corresponent, en relació amb la porció de corba de la qual s'han tret les mostres, als anys 7 dC i 57 dC; 95% de probabilitat). La conformació de la corba de calibratge en aquest període no permet decantar-se, després d'una avaluació estadística, cap a una de les dues possibilitats. Hi ha, a més, un altre factor d'incertesa, que malauradament no es pot quantificar en la regió cronològica d'interès, derivat del fet que les dues corbes radiocarbòniques, la de Foneria i la de calibratge, atribueixen la data d'un bloc de cinc anells a l'anell central. En la individualització dels dos trams de la corba de calibratge que presenten més correspondència amb la de Foneria, s'assumeix que els anells centrals de les mostres són homòlegs als anells centrals dels blocs de cinc anys que constitueixen la corba de calibratge quan, en realitat, és possible que no ho siguin. Les dues propostes de datació, encara que impliquin una petita variació, facilitaran, a mesura que avancin els estudis dendroarqueològics, l'ajust de la corba de Foneria a una cronologia absoluta mitjançant la comparació dendrocronològica.

## BIBLIOGRAFIA

- BAILLIE, M. G. L. 1982. *Tree-Ring Dating and Archaeology*. Crom-Helm. Londres.
- BAMBER, R. K. 1987. *Sapwood and heart wood*. Forestry Commission of New South Wales. Wood Technology and Forest Research Division. Technical publication, no. 2.
- BLANCHETTE, R. A. 2000. "A review of microbial deterioration found in archaeological wood from different environments". *International Biodeterioration&Biodegradation*, 46. pp. 189-204.
- BRONK RAMSEY, C. 2009. "Bayesian analysis of radiocarbon dates". *Radiocarbon* 51(1). pp 337-360.
- BRONK RAMSEY, C. VAN DER PLICHT, J., WENINGER, B. 2001. "Wiggle matching radio carbon dates". *Radiocarbon* 43 (2A). pp. 381-389.
- BRUNNING, R., WATSON, I. 2010. *Waterlogged Wood. Guidelines on the recording, sampling, conservation and curation of waterlogged wood*. English Heritage.
- DOMÍNGUEZ-DELMÁS, M., ALEJANO-MONGE, R., VAN DALEN, S., RODRÍGUEZ-TROBAJO, E., GARCÍA-GONZÁLEZ, I., SUSPERREGI, J., WAZNY, T., JANSMA, E. 2015. "Tree-rings, forest history and cultural heritage: current state and future prospects of dendroarchaeology in the Iberian Peninsula". *Journal of Archaeological Science*, 57. pp. 180-196.
- FRITTS, H. C. 1976. *Tree rings and climate*. Academic Press. Londres/Nova York/San Francisco.
- GARCÍA MULERO, J. M. 2010. "Metro L9. Estació de Foneria". *Anuari d'Arqueologia i Patrimoni de Barcelona 2009*. pp. 198-199.
- GASSMAN, P. 2000. "L'estudi dendrocronològic dels pals". BOSCH, A., CHINCHILLA, J., TARRÚS, J. (coords.), *El poblat lacustre neolític de La Draga. Excavacions de 1990 a 1998*. Monografies del CASC, 2, pp. 90-98.
- GUTIERREZ, E. 2008. "La dendrocronología: métodos y aplicaciones". Nieto, X., Cau, M.A (eds.): *Arqueología Náutica Mediterránea*, Generalitat de Catalunya. pp. 303-315.
- HOLMES, R. L. 1983. "Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement". *Tree-Ring Bulletin*, 43. pp. 69-78.

11. J. S. Mestres i Torres. 2015. *Datació per radiocarboni de fusta dendrocronològica procedent del jaciment arqueològic anomenat carrer Foneria (Zona Franca, Barcelona)*. *Optimització de la precisió a través de l'ajustament de la cronologia flotant amb la corba de calibratge per a material d'origen terrestre ("wiggle matching")*. Universitat de Barcelona. Laboratori de Datació per Radiocarboni. Informe inèdit.

- PIQUÉ, R.; RAVOTTO, A.; LÓPEZ BULTÓ, O. 2016. "Roman wells of north-eastern Iberian Peninsula: Landscape and use of wooden resources". *Quaternary International*, 404/A. pp. 104-113.
- PUGÈS, M.; MOLINAS, M.; GARCIA, I.; PARRA, I.; IGLESIAS, D.; FERNÁNDEZ, L. 2015a. "Recuperació de restes arqueològiques de naturalesa orgànica: protocol d'actuació". *V Congrés d'Arqueologia medieval i moderna de Catalunya. Actes. Volum II.* pp 1279-1284.
- PUGÈS, M.; MOLINAS, M.; GARCIA, I.; FERNÁNDEZ, L.; PARRA, I. IGLESIAS, D. 2015b. "L'àcid poliacrílic en la conservació de restes arqueològiques". *V Congrés d'Arqueologia medieval i moderna de Catalunya. Actes, Volum II.* pp. 1285-1287.
- PUGÈS, M.; MOLINAS, M.; GARCIA, I.; PARRA, I. IGLESIAS, D.; FERNÁNDEZ, L. 2015c. "Diferents solucions per a la conservació de restes arqueològiques orgàniques. Idoneïtat i valoració". *V Congrés d'Arqueologia medieval i moderna de Catalunya. Actes, Volum II.* pp. 1289-1293.
- RAVOTTO, A., 2014. "Startingpoints for dendroarchaeology in Catalonia". *TRACE - Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology*, Volume 12. Scientific Technical Report 14/05, GFZ German Research Centre for Geosciences. pp. 23-31.
- REIMER, P. J., BARD, E., BAYLISS, A., BECK, J. W., BLACKWELL, P. G., BRONKRAMSEY, C., GROOTES, P. M., GUILDERTON, T. P., HAFLIDASON, H., HAJDAS, I., HATTŽ, C., HEATON, T. J., HOFFMANN, D. L., HOGG, A. G., HUGHEN, K. A., KAISER, K. F., KROMER, B., MANNING, S. W., NIU, M., REIMER, R. W., RICHARDS, D. A., SCOTT, E. M., SOUTHON, J. R., STAFF, R. A., TURNEY, C. S. M., & VAN DER PLICHT, J. 2013. "IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years cal BP". *Radiocarbon*, 55 (4). pp. 1869-1887.
- RODRÍGUEZ TROBAJO, E., 2006. Material y cronología de las *rotas* del Museo de Huelva. MANZANO BELTRÁN, P. E., OJEDA CALVO, R. (eds.) *La rueda elevadora de agua de las minas romanas de Riotinto: memoria de intervención.* Cuadernos PH, 18. pp. 41-61.
- RODRÍGUEZ TROBAJO, E., 2008. "Procedencia y uso de madera de pino silvestre y pino laricio en edificios históricos de Castilla y Andalucía". *Arqueol. Arqut.* 5. pp. 33-53.
- SCHWEINGRUBER, F.H. 1990. *Anatomie Europäischer Holzer.- Anatomy of European Woods.* Paul Haupt, Bernund Stuttgart.
- SOBERÓN, M., PUJOL, M., LLERGO, Y., RIERA, S., JULIÁ, R., DOMÍNGUEZ, M. 2012. "El Barceloneta I. Una embarcación medieval a tingladillo en Barcelona". *Itsas Memoria. Revista de Estudios Marítimos del País Vasco*, 7. pp. 411-422.
- SUSPERREGI, J., 2007. "Oak dendrochronology at the Basque Country". HANECA K, VERHEYDEN A, BEEKMANN H, GÄRTNER H, HELLE G, SCHLESER G (eds.), *TRACE - Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, Vol. 5: Proceedings of the Dendrosymposium 2006, April 20th - 22nd 2006, Tervuren, Belgium.* Schriften Des Forschungszentrumsjülich, Reiheumwelt Vol. 74. pp. 35-42.
- UNGER, A., SCHNIEWIND, A. P., UNGER, W. 2001. Conservation of wood artifacts. A Handbook. Springer.