

Ager Mutabilis. L'exploració del territori en època romana

Marc Bouzas, Josep Burch, Pere Castanyer, Joan Frigola, Joaquim Tremoleda (cur.)



**STUDIES ON THE
RURAL WORLD IN
THE ROMAN PERIOD**

13



Ager Mutabilis. L'exploració del territori en època romana

Marc Bouzas, Josep Burch, Pere Castanyer, Joan Frigola,
Joaquim Tremoleda (cur.)

CIP 902(467.13) CON

Congrés Internacional Ager Mutabilis L'explotació del territori en època romana (2023 : Calonge, Catalunya ; Sant Antoni, Catalunya)

Ager Mutabilis. L'explotació del territori en època romana / Marc Bouzas, Josep Burch, Pere Castanyer, Joan Frigola, Joaquim Tremoleda (cur.). – Girona : Documenta Universitaria : Oficina Edicions UdG, 2024.

– 1 recurs en línia (xxx pàgines). – (Studies on the rural world in the Roman period ; 13) (Fundus)

Comunicacions del Congrés Internacional Ager Mutabilis L'explotació del territori durant l'època romana celebrades a Castell de Calonge, Calonge i Sant Antoni els dies 18 i 19 de maig de 2023

ISBN 978-84-9984-685-9 (Documenta Universitaria). ISBN 978-84-8458-701-9 (Oficina Edicions UdG)

I. Bouzas Sabater, Marc, 1992- , editor literari II. Burch, Josep, editor literari III. Castanyer i Masoliver, Pere, 1961- , editor literari IV. Frigola, Joan, editor literari V. Tremoleda i Trilla, Joaquim, 1962- , editor literari 1. Explotacions agrícoles – Catalunya – Girona (Província) – S. III aC-V dC – Congressos 2. Explotació forestal – Catalunya – Girona (Província) – S. III aC-V dC – Congressos 3. Recursos naturals – Gestió – Catalunya – Girona (Província) – S. III aC-V dC – Congressos 4. Catalunya – Història – 218 aC-415 dC, Període romà – Congressos 5. Girona (Catalunya : Província) – Arqueologia – Congressos 6. Llibres electrònics

CIP 902(467.13) CON

Ager Mutabilis. L'explotació del territori en època romana Studies on the rural world in the Roman period - 13

© Editorial material and organization:

Museu Arqueològic de Banyoles–Ajuntament de Banyoles, Universitat de Girona, Grup de Recerca Arqueològica del Pla de l'Estany

© Contens and figures: the authors

© Book cover photo: Francesc Riart. Reconstrucció del *fundus* de vil·la romana de Viauba.

Contact:

Laboratori d'Arqueologia, Història Antiga i Prehistòria.

Institut de Recerca Històrica.

Universitat de Girona

Plaça Ferrater Mora, 1

17071 Girona

Tel. 972 41 89 45

Museu Arqueològic Comarcal de Banyoles

Plaça de la Font, 1

17820 Banyoles

Tel. 972 57 23 61

ISBN: 978-84-9984-685-9

DOI: 10.33115/b/9788499846859

Girona, 2024

Diacronía de los territorios y paisajes de Emporion/Emporiae y Gerunda durante la antigüedad. PID2023-148337NA-I00, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.



The texts and images contained in this publication are subject –except where indicated to the contrary– to an Attribution-NonCommercial-NoDerivs license (BY-NC-ND) v.4.0. Creative Commons License. You may copy, publicly distribute and transfer them as long as the author and source are credited, neither the work itself nor derived works may be used for commercial gain. The full terms of the license can be viewed at <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>

Edited by:



Universitat de Girona
Institut de Recerca Històrica



Documenta
Universitaria

In collaboration with:



Índex

Pròleg.....	6
La construcció dels camps en un sistema centuriat. L'aplicació de la geoarqueologia a la centuriació d'Ilici (Elx, Alacant)	8
Oriol Olesti, Josu Nabarte, Eneko Iriarte, Belén Carrillo	
Morfologia, ocupació i explotació agrària a l'ager baetulonensis (Badalona).....	29
Clara Forn, Iñaki Moreno	
L'ús dels recursos forestals durant l'època romana i tardoantiga al nord-est de Catalunya	49
Raquel Piqué, Eva Maria López Castillo	
Pràctiques forestals i d'arboricultura als jaciments de Iesso (Guissona, Lleida) i Vilauba (Camós, Girona)	68
Eva Maria López Castillo, Raquel Piqué Huerta, Oriol López-Bultó, Anna Berrocal Barberà, Pere Castanyer Masoliver, Joaquim Pera Isern, Esther Rodrigo Requena	
Pautas de selección y explotación de los recursos forestales en un contexto suburbano en época romana. El caso de Pla de l'Horta (Sarrià de Ter, Girona)	106
Ana Costa Solé, David Vivó Codina	
L'explotació dels boscos pirinencs en època romana. Dades paleoambientals i històriques	115
Ermengol Gassiot, Oriol Olesti, Albert Pèlachs	

La ramaderia durant l'època romana al nord-est peninsular: alguns exemples i reflexions	138
Lidia Colominas	
Pràctiques ramaderes i explotació animal al centre de producció tardoromà de la vil·la de la Gran Via - Can Ferrerons. L'edifici octagonal	161
Roger Alcàntara Fors, Alba Ruiz Cros, Amaia Aguirre Uribesalgo, Alejandro Sierra, Thiago Fossile, Marta Prevosti Monclús, Ramon Coll Monteagudo, Maria Saña	
Estudi arqueozoològic de les restes de fauna de l'abocador del segle III de Mas Gusó (Bellcaire d'Empordà).....	197
Clàudia Tura-Poch, Neus Coromina, Josep Casas	
Adquisició i consum de recursos marins a la vil·la de la Gran Via - Can Ferrerons. Evidències arqueològiques i arqueozoològiques	212
Ramon Coll Monteagudo, Roger Alcàntara Fors, Alba Ruiz Cros, Amaia Aguirre Uribesalgo, Thiago Fossile, Maria Saña, Ester Verdún, Marta Prevosti Monclús	
L'aprofitament dels efectius marítims en el context periurbà de Barcelona. Les evidències d'ostres durant l'època romana i l'antiguitat tardana	230
Marina Fernández-Liarte, Jordi Nadal-Lorenzo	
La pesca de la tonyina (<i>Thunnus thynnus</i>) al litoral català a l'antiguitat: el cas de la vil·la romana del Pla de Palol (Platja d'Aro, Baix Empordà)	243
Arnau Brosa i Planella, Isaac Rufi, Neus Coromina, Arturo Morales Muñoz, Josep Burch	
L'estudi de morters antics en arqueologia. Perspectives d'investigació a les comarques de Girona	257
Gabriel López-Badell	
<i>Romani cum commercio salis mutant Bergistanorum agrum</i>	271
Josep Farguell, Josep Sánchez	
El paisaje productivo del <i>Ager Tarraconensis</i> durante la Antigüedad Tardía: nuevos datos acerca de la cal y las caleras, el caso de Vilardida (Alt Camp, Tarragona).....	287
José María Carrasco López, Adrià Cubo Córdoba, Jordi Morera Camprubí	
A la recerca de l'autarquia. L'aprofitament integral del medi a través del registre arqueològic. L'exemple del nord-est.....	299
Josep Maria Nolla	

Pròleg

L'objectiu principal d'aquest llibre és donar a conèixer diversos estudis centrats en l'explotació territorial i l'evolució del paisatge durant l'època romana. De fet, hom podria considerar que ja l'any 2009 es dedicà, aparentment, el quart volum de la col·lecció monogràfica *Studies on the Rural World in the Roman Period* a aquesta qüestió. Es podria justificar la repetició de la temàtica argumentant que durant els gairebé quinze anys que han transcorregut entre aquella publicació i la que ara es presenta, s'ha incrementat notablement l'atenció de la comunitat investigadora sobre l'explotació territorial durant el període romà. Els grups de recerca que se centraven en aquest àmbit de la investigació ho han continuat desenvolupant, però al mateix temps n'han anat sorgint d'altres que n'han augmentat l'interès i resultats. No obstant això, caldria també admetre que aquest increment no és fruit de la casualitat. Possiblement, la preocupació de les societats actuals sobre l'impacte de les seves activitats en el territori no ha fet sinó buscar-ne referents en el passat. L'any 2009 el títol específic d'aquella publicació fou *El territori i els seus recursos* i l'actual *L'explotació del territori en època romana*. Les diferències en el títol no responen exclusivament a una qüestió lingüística sinó que són un clar símptoma dels canvis conceptuals produïts en aquests darrers anys en l'àmbit de l'arqueologia del món rural d'època romana. Ja no es tracta d'estudiar què ofería el territori a les comunitats humanes que hi vivien sinó quins foren els impactes de la seva activitat i com aquest fet anà modelant i transformant el paisatge com a mostra d'aquest territori canviant. Aquest canvi en la perspectiva d'anàlisi ha estat possible també perquè l'atenció de l'arqueologia romana del món rural ha obert notablement el focus de la seva investigació. Aquesta ha passat de centrar-se fonamentalment o exclusivament en l'evolució arquitectònica de les vil·les i altres establiments rurals i la seva determinació cronoestratigràfica a considerar també el territori, vinculat al poblament humà, com objecte en si mateix d'investigació. I és des d'aquest enfocament que han proliferat estudis i anàlisis que si bé ja existien abans, ara s'han incrementat i estès notablement. Aquest fenomen ha provocat al seu torn una interacció entre diferents especialitats que ha portat a la

constitució d'amplis equips inter i multidisciplinars. L'increment de la identificació taxonòmica d'espècies vegetals i faunístiques i les seves característiques, aprofitaments i evolucions particulars —a cada vil·la o establiment rural estudiat— n'és una bona mostra. I és des d'aquesta base que s'han pogut efectuar estudis arqueològics no sobre les espècies en qüestió sinó sobre l'explotació forestal, l'agricultura, la ramaderia, la caça, la pesca... Tot plegat desenvolupat en un marc epistemològic que considera que la interacció entre els diferents agents involucrats inflú en la conformació d'un sistema determinat d'explotació rural, en aquest cas, el d'època romana. No és, tanmateix, el que s'ha proposat un sistema adaptatiu al medi i extrasomàtic a les mateixes comunitats humanes. Tot el contrari, els estudis publicats mostren que uns i altres, i cadascun amb els seus diversos components, actuaren com factors de retroalimentació en la conformació d'aquest model.

L'equip editor desitja que la publicació d'aquest volum contribueixi a incrementar el coneixement i el debat sobre l'explotació territorial en el món rural d'època romana. Els reptes encara són majúsculs i la feina per fer, considerable. I és en aquest sentit que volem expressar l'agraïment als autors i autores que han contribuït a la conformació d'aquest nou volum, el tretzè, de la col·lecció monogràfica *Studies on the Rural World in the Roman Period*.

L'estudi de morters antics en arqueologia. Perspectives d'investigació a les comarques de Girona

Gabriel López-Badell¹

¹ Doctorand UAB.

Resum

La introducció de noves tècniques i de materials de construcció, sobretot per part dels grecs i romans, va transformar l'arquitectura de les societats autòctones que habitaven en les comarques gironines. Una de les aportacions d'aquestes cultures va ser la utilització dels morters de calç per a la construcció. A les comarques de Girona, no solament el context històric, és d'especial interès per a la investigació de morters antics, sinó que també, per a la gran varietat de recursos geològics que podrien haver estat explotats per a fer els morters. Dins del marc de desenvolupament d'una tesi doctoral es pretén aportar nous coneixements sobre quins eren els criteris en la selecció dels materials per a fer els morters, en funció de l'època històrica, la funció arquitectònica del morter i dels recursos geològics que tenien a la seva disposició.

Aquest article està estructurat en tres parts. Primer es fa un breu repàs per alguns dels conceptes en la investigació de morters antics, per a continuació, relacionar-ho amb alguns casos d'estudi fets en aquest territori. Per concloure, s'exposen les principals línies d'investigació de la tesi doctoral i la metodologia que es pretén utilitzar, per assolir aquests objectius.

Paraules clau

morter antic, pedra calcària, calç, àrids, dipòsits de piroclastos volcànics, època romana

Abstract

The introduction of new techniques and construction materials, especially by the Greeks and Romans, transformed the architecture of the indigenous societies that inhabited the Girona regions. One of the contributions of these cultures was the use of lime mortars for construction. In the regions of Girona, not only the historical context is of special interest for the research of ancient mortars, but also for the wide variety of geological resources that could have been exploited to make the mortars.

Within the framework of the development of a doctoral thesis, it is intended to provide new knowledge on what were the criteria in the selection of materials to make mortars, depending on the historical period, the architectural function of the mortar, and the geological resources available to them.

This article is structured in three parts. First, a brief review of some of the concepts in the research of ancient mortars is made, to then relate it to some case studies made in this territory. Finally, the main research lines of the doctoral thesis and the methodology that is intended to be used to achieve these objectives are presented.

Keywords

ancient mortar, limestone, lime, aggregates, volcanic pyroclast deposits, roman period

1. Conceptes sobre els morters antics

Els morters antics són una mescla de materials compostos pel conglomerant, agregats, aigua i, de vegades, se'ls afegeixen additius orgànics o putzolanes (Miriello, 2018, p. 1).

El conglomerant és aquell material que proporciona qualitats adhesives i cohesives a una mescla de partícules sòlides. En aquest cas, solament tractarem sobre els conglomerants de calç, obtinguts de la calcinació de roques sedimentàries (com ara les calcàries, calcàries magres, dolomites o travertins), o de les roques metamòrfiques (com ara el marbre) (Pecchioni et al., 2008, p. 27). Depenent de les impureses argiloses, i de la temperatura de la calcinació, de la roca calcària, la calç que s'aconsegueix, pot ser aèria o hidràulica natural (Davey, 1971, p. 97-98).

Els agregats són aquelles partícules granulars, com ara roques fragmentades intencionadament, o àrids seleccionats que provenen de cursos fluvials, d'una pedrera, del litoral o de la mateixa excavació feta a l'obra. Els agregats també poden ser d'origen artificial, com ara els fragments de ceràmica, maó, teula o altres argamasses reutilitzades que provenen d'edificis preexistents (Ingham, 2011, p. 144).

Les putzolanes són components que confereixen propietats hidràuliques als morters, i solen ser materials que han estat sotmesos a altes temperatures i que contenen uns alts percentatges de silicats i aluminats termoactivats. Podem diferenciar entre les putzolanes d'origen natural, com ara per exemple, la putzolana volcànica, que és un tipus de piroclast volcànic (que segons la seva mida són coneguts com a bombes, lapil·lis, escòries o cendres), o també poden ser de putzolanes artificials, com ara la pols de teula, fragments ceràmics o residus metal·lúrgics (Oleson i Jackson, 2014, p. 35-38). En alguns dels morters antics pot ser habitual combinar aquest dos tipus de putzolanes per a fer morters hidràulics (Miriello et al., 2010, p. 2207-2223).

Aquest fenomen que trobem en els morters hidràulics antics, es produeix a causa dels compostos de silicats i aluminats que estan presents en les putzolanes afegides durant la mescla del morter. Quan s'està elaborant l'argamassa del morter aquests components reaccionen amb el calci hidratat i comencen a formar un compost d'estructura cristal·lina estable, coneguda com a silicat de calci hidratat, que sovint s'abreua amb les sigles C-S-H (Diekamp et al., 2010, p. 111-118). També cal tenir present, que la calcinació de calcàries magres, amb impureses argiloses, poden donar propietats hidràuliques als morters, sovint en el passat de manera inesperada. En aquest cas, hem de diferenciar entre els morters de calç hidratada natural i els morters de calç aèria amb putzolanes (Cowper, 2015, p. 1 i 9-12).

2. Funcions arquitectòniques dels morters antics

En els jaciments arqueològics o monuments històrics trobem morters de construcció en els murs, en els elements de cobertura i en els paviments (Moropoulou et al., 2000, p. 45-46). Aquests morters podien ser utilitzats per a la unió d'elements constructius i d'assentament de les noves filades en la fàbrica dels elements arquitectònics. També aquest tipus de morter sovint és conegut com a morter de juntes. Per a fer el formigó, s'afegien agregats de mida grossa a la mescla del morter, com ara graves, restes de talla de picapedrer, enderroc, fragments ceràmics o calcàries parcialment calcinades procedents dels forns de calç. Aquest tipus de morters amb agregat de fracció grossa, eren fets servir per a reblir el nucli de les fàbriques dels murs, per a construir amb tota mena d'encofrats, fer fonaments i per a pavimentar superfícies (Adam, 1997, p. 79-82).

Pel que fa als revestiments, podem diferenciar entre l'arrebossat, l'enlluït, capes pictòriques, acabats ornamentals i impermeabilitzacions. Els arrebossats, o *enfoscado* en castellà, s'utilitzaven per a regularitzar les superfícies de parets i cobertures. També servien com a suport per als enlluïts, impermeabilitzacions i acabats pictòrics. El morter que anava destinat a regularitzar superfícies sol contenir una proporció de fracció més grossa d'agregat, que les capes d'enlluïts, i podia ser aplicat en una o més capes (Giuliani, 2018, p. 184-190). Altres usos dels morters antics, són els estucs amb relleus escultòrics o per a la fixació d'elements ornamentals (Garate, 2008, p. 99-140).

Per a la impermeabilització de superfícies s'utilitzaven components que confereixen propietats hidràuliques als morters. En el passat, les receptes que s'han fet servir per a fer morters d'impermeabilització, són variades. Per exemple, des de morters amb putzolana, com ara amb materials de procedència volcànica, fragments de ceràmica, pols de teula o ja en temps històrics més recents, amb la calç hidràulica natural o el ciment *Portland*. Pels morters antics, segons la funció arquitectònica que havia de complir aquest morter, podia variar la mida de l'agregat putzolànic, sovint destinant la fracció més grossa, per a fer l'obra amb formigó o per a les capes preparatòries en paviments. Mentre que la fracció més fina d'agregat putzolànic era utilitzat per a fer morters d'unió amb propietats hidràuliques i pels acabats impermeabilitzants (Snelling et al., 2012, p. 211-278).

Aquests treballs d'impermeabilització requerien una o més capes de materials, tant per a paviments, com per a les parets, i sovint aquestes superfícies eren allisades i polides amb abrasius, olis i resines per a treballadors que estaven especialitzats en aquest tipus d'obres (Moropoulou et al., 2005, p. 296).

3. Objectius en la investigació de morters antics

En la investigació de morters antics hem de considerar el morter com a una roca reconstituïda amb matriu carbonatada, que presenta un aspecte, textura i mineralogia molt semblant a les roques sedimentàries (Coutelas, 2003, p. 21). Per tant, per a estudiar els morters antics cal utilitzar tècniques analítiques habituals del camp de la geologia (Poole i Sims, 2016, p. 681-685). Amb la utilització d'aquestes eines per investigar morters antics, és possible obtenir informació per a resoldre problemes de l'arqueologia i del camp de la conservació/restauració (Ontiveros i Rodríguez, 2017, p. 89-90).

En el camp de l'arqueologia, generalment, el que desperta més interès en l'estudi de morters antics, és poder establir la procedència d'alguns dels components que formen part del morter, també per a identificar alguns aspectes tecnològics de la cadena operativa i per al reconeixement de fases constructives de jaciments arqueològics o monuments històrics (Hughes i Callebaut, 2002, p. 70-75).

Un altre de les línies d'investigació més interessants pels arqueòlegs és poder datar elements arquitectònics antics, sovint fets amb morter i formigó (Folk i Valastro, 1976, p. 203-208). Aquests materials carbonatats sovint poden contenir components que són susceptibles de ser datats amb C14, com ara carbons, fragments de fusta o fibres vegetals (Alejandre, 2018, p. 136).

Els carbons vegetals poden ser utilitzats de manera intencionada per a dotar als morters de certa retenció a la humitat, i per a millorar l'adherència en l'aplicació dels enlluïts impermeabilitzants (Hajdas et al., 2020, p. 591-600). Un exemple proper el tenim en els carbons recuperats dels arrebossats previs a les capes d'impermeabilització dels

túnels soterranis del convent de Sant Agustí de Castelló d'Empúries (Alt Empordà), que els treballs arqueològics han identificat amb unes cisternes romanes i que, gràcies a la datació radiocarbònica dels carbons, s'han pogut precisar la seva cronologia entorn del segle II aC.² La troballa és la primera evidència del passat romà de la població, tal com expressen els investigadors del projecte de recerca.²

Els carbons també hi poden ser presents en els morters, de manera no intencionada, ja que poden quedar adherits amb les calcàries parcialment calcinades, o bé, amb la pols de calç viva, un cop són retirats dels forns (Heienemeier et al., 1997, p. 487-489).

També cal mencionar l'existència d'altres tècniques de datació, que poden anar, des de la datació amb C14 de la matriu carbonatada o dels nòduls de calç (Pesce i Ball, 2012, p. 21-38), fins a la datació de l'última exposició al sol dels agregats cristal·lins del morter, amb la tècnica de la Luminescència Òptica Estimulada OSL-SG (Urbanová et al., 2018, p. 307-323).

4. Perspectives d'investigació a les comarques de Girona

En les comarques de Girona, l'estudi de morters antics, principalment pot tenir interès pel seu context històric i geològic. La utilització dels recursos naturals de l'entorn per a construir va condicionar l'arquitectura de les societats iberes. La influència de fenicis, grecs i després la dels romans, van aportar, nous coneixements en materials i tècniques constructives (Burch et al., 2010, p. 89-108), entre elles la utilització de la calç. Aquests coneixements van perdurar durant l'edat mitjana, però amb algunes diferències i innovacions, tant en els materials com la seva aplicació en obra, respecte en època romana (Alejandro, 2000, p. 235-250).

La configuració actual del relleu d'aquesta zona ha estat condicionada per a nombrosos fenòmens geològics. Entre l'alta muntanya dels Pirineus i les planes empordaneses localitzades arran de mar es troben presents una gran varietat de materials litològics que han estat utilitzats com a materials de construcció en el passat.

Per a l'estudi de morters antics aquesta àrea geogràfica té un especial interès pels diferents tipus de roques amb un alt contingut de carbonat de calci, que podrien haver estat explotades per a fer la calç (fig. 1). També pot ser interessant, investigar sobre els àrids utilitzats com agregats en els morters, amb la intenció de conèixer quins eren els criteris en la selecció dels àrids en el moment de fer l'obra.

2 Informació proporcionada per l'equip investigador que hi treballa (Anna Maria Puig Griessenberger), Generalitat de Catalunya. (3 de febrer del 2024). Noves restes arqueològiques certifiquen l'origen de Castelló d'Empúries en època romana [Nota de premsa]. <https://govern.cat/salaprensa/notes-premsa/486462/noves-restes-arqueologiques-certifiquen-lorigen-castello-dempuries-epoca-romana>



Figura 1. Situació dels principals afloraments de roca, òptimes per a fer la calç, o el guix. També cal considerar que hi pot haver una recollida en cursos fluvials. [Composició feta amb dades del ICGC].

Per tant, caracteritzant la geologia dels afloraments rocosos i dels dipòsits d'àrids pròxims a un jaciment arqueològic, és possible determinar el lloc de procedència d'alguns dels materials utilitzats per a fer el morter, aportant nova informació, sobre aspectes econòmics i tècnics de la construcció, en el passat. (Miriello et al., 2013, p. 1101-1121).

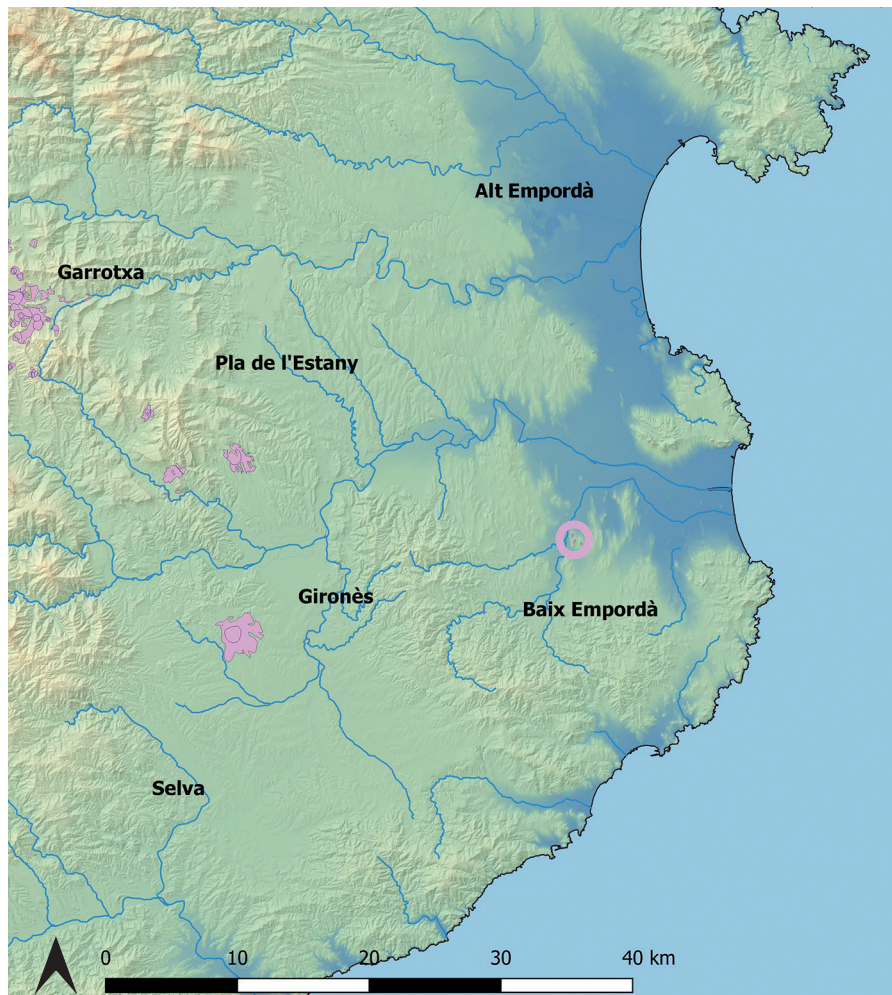
No obstant, una de les qüestions que els estudis de morters antics han investigat de manera més intensiva, és la utilització de piroclastos volcànics per a fer morters (Columbu et al., 2017, p. 523-524). En la regió de Nàpols, a Pozzuoli, existeixen dipòsits de piroclastos en forma de pedra tosca, d'escòries i cendres, que els romans varen explotar extensament per a fer morters hidràulics. Quan aquests agregats volcànics, eren incorporats en una mescla de morter, els alts continguts de silicats i aluminats reaccionaven amb la calç, proporcionant capacitats hidràuliques als morters de calçs. No obstant això, no tots els dipòsits de piroclastos, tenen la composició química i mineralògica adequada per utilitzar-los com a putzolana natural per a fer morters hidràulics. Tot depèn dels nivells d'alcalinitat d'aquests materials, i del tipus d'erupció volcànica (Rispoli et al., 2019, p. 143-154).

A les comarques de Girona fruit de la distensió de la placa eurasiàtica, ha provocat l'aparició de falles en l'escorça terrestre, per on el magma ha pogut pujar a la superfície i provocar diversos fenòmens volcànics, en el territori.

La conseqüència d'aquestes erupcions volcàniques en terres gironines, la trobem principalment, en forma de colades basàltiques i també en la creació de dipòsits no consolidats de piroclastos formant cons, o estesos en el mantell terrestre.

Principalment, podem trobar dipòsits de piroclastos en les zones volcàniques de l'Empordà, la Garrotxa i de La Selva (fig. 2). Alguns d'aquests dipòsits de graves volcàniques van ser explotades fins no fa gaires anys, per utilitzar-los com a materials de construcció (Pallí i Pujades, 1999, p. 229-236).

Figura 2. Situació dels principals dipòsits de piroclastos volcànics, formant cons o en mantell. [Composició feta amb dades del ICGC]



5. Casos d'estudi a les comarques de Girona

5.1. La vil·la romana de Can Ring (Besalú, La Garrotxa)

Un dels exemples del que pot oferir la investigació de morters antics a l'arqueologia, el tenim a la vil·la romana de Can Ring, o vil·la dels Pompeu, a Besalú, a la Garrotxa (Frigola, Castanyer i Tremoleda, 2022, p. 165-168). Aquesta vil·la romana està construïda en un terreny argilós, per tant, va caldre transportar dels cursos fluvials del seu entorn, els agregats que es van utilitzar per a fer el morter (fig. 3). En aquest cas, si comparem la morfologia i la composició mineralògica, tant dels agregats del morter, com la dels àrids de possibles àrees d'aprovisionament, podem ser capaços d'establir el lloc de procedència (Ontiveros et al., 2016, p. 89-90).

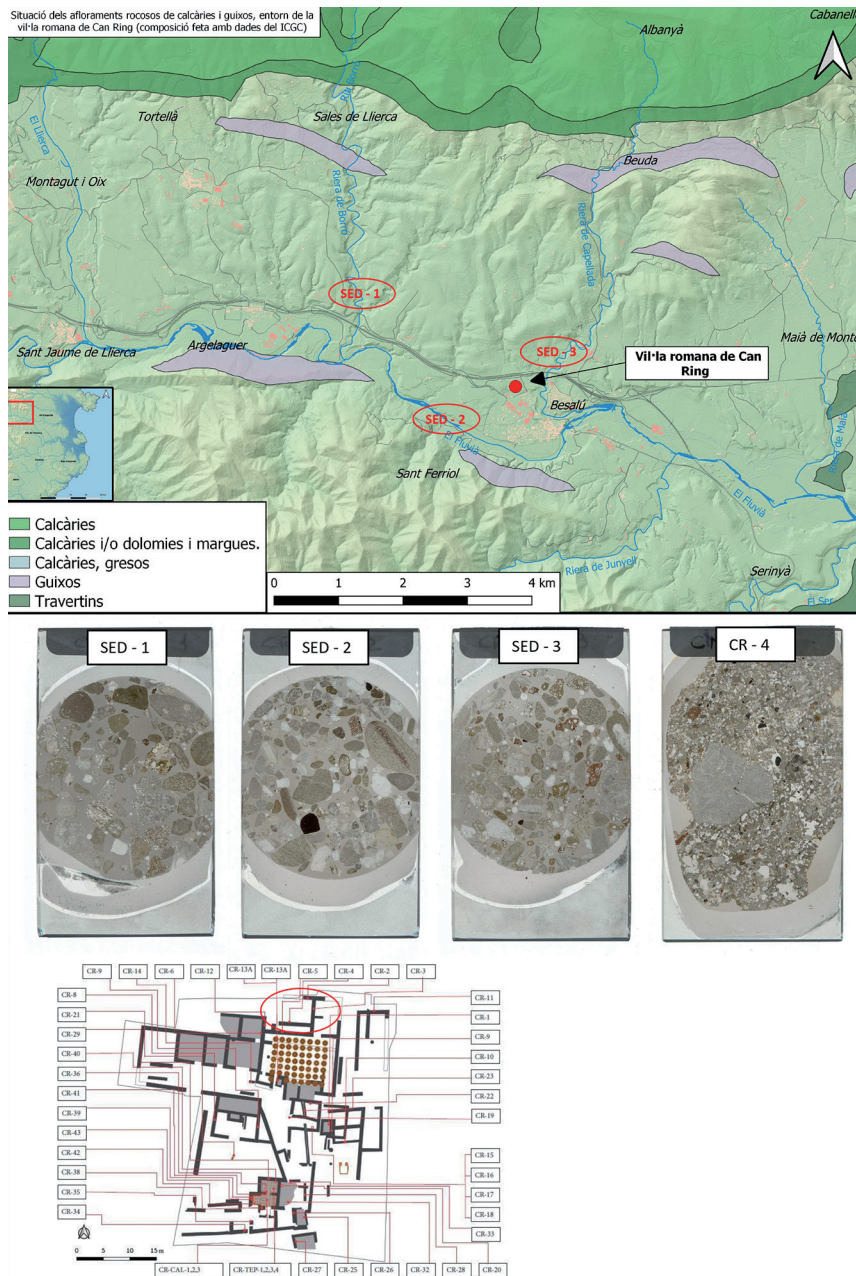


Figura 3. Situació dels punts de mostreig d'àrids, a les conques fluvials de l'entorn del jaciment arqueològic de Can Ring (Besalú, la Garrotxa). Mostres preparades en làmina prima: SED - 1, Àrids del Riu Borró. SED - 2, Àrids del Riu Fluvià. SED - 3, àrids de la Riera de Capellades. CR - 4, mostra de morter dels fonaments del mur (UE-172). Planta de la vil·la romana de Can Ring, amb la situació dels punts de mostra. Composició feta a partir de la planta elaborada per l'equip de les excavacions arqueològiques de Can Ring (J. Frigola, P. Castanyer, J. Tremoleda).

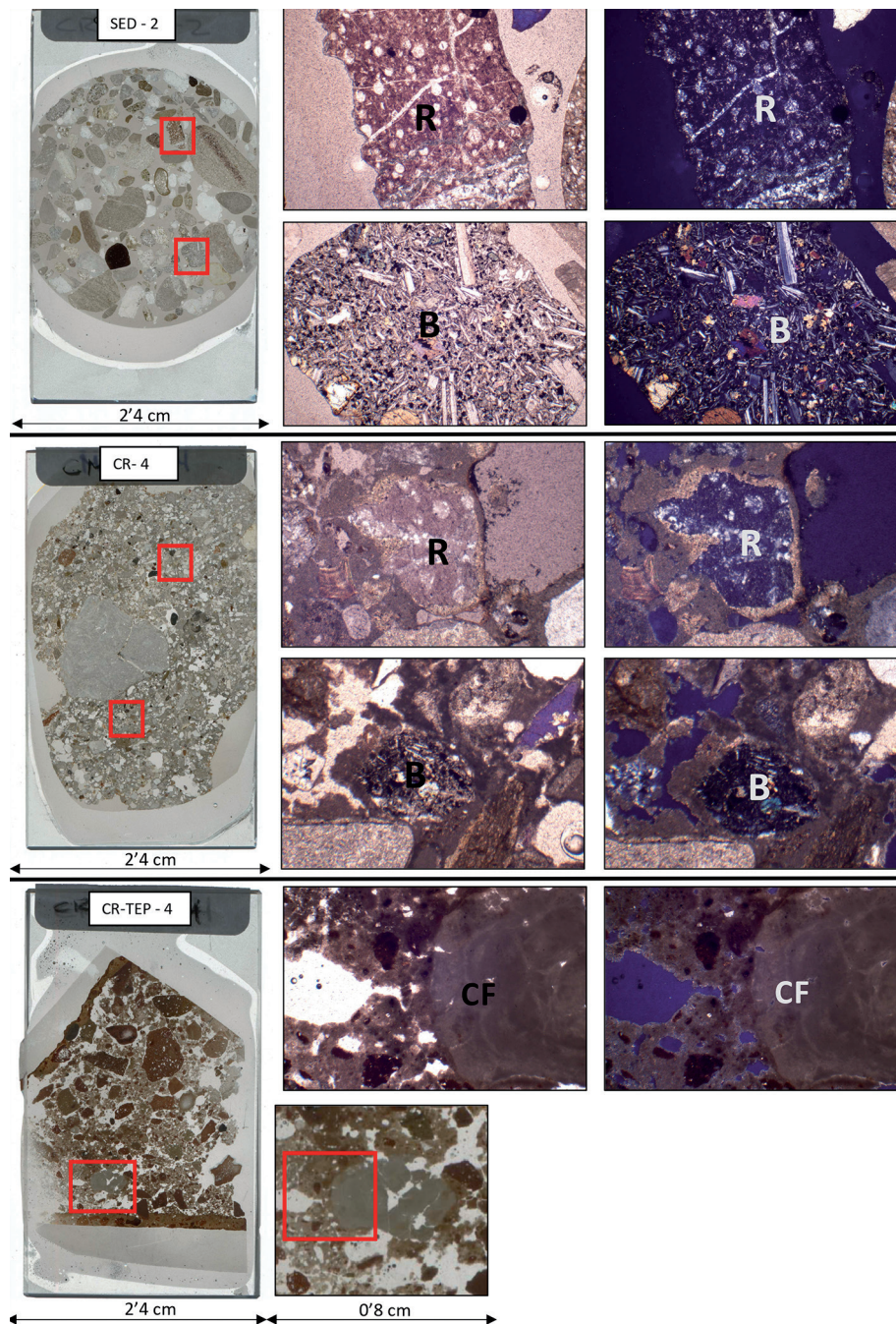


Figura 4. A la part superior, mostra d'àrids del Riu Fluvià (SED - 2) i mostra de porter (CR - 4). Imatges obtingudes mitjançant MOP, la identificació de basalt (B) i de radiolarita (R), conjuntament, en les dues mostres, permet identificar, el Riu Fluvià, com la font d'aprovisionament d'àrids per a fer els morters. A la part inferior, mostra de morter d'impermeabilització, on les imatges fetes amb MOP, permeten identificar fragment rodats de roca calcària amb foraminífers fòssils (CF). Les imatges en MOP, tenen una amplada de 4,3 mm.

En el cas de la vil·la romana de Can Ring, mitjançant l'observació amb microscòpia òptica polaritzada (MOP) de mostres preparades en làmina prima (fig. 4), s'ha pogut determinar que els agregats utilitzats per a fer els morters, provenien del riu Fluvià. Per una banda, s'han identificat fragments rodats de roca volcànica basàltica i de roca sedimentàries amb radiolits, tant en els morters, com en els àrids de les terrasses fluvials adjacents al riu Fluvià. I, per una altra banda, aquests dos tipus de roca, conjuntament, estan absents en les altres dues mostres d'àrids analitzades, que provenen d'altres cursos fluvials pròxims a la vil·la.

També en alguns dels morters de Can Ring és possible conèixer la procedència de la roca calcària utilitzada per a fer l'aglutinant de calç (fig. 4). Mitjançant la microscòpia òptica polaritzada (MOP) és possible observar la composició mineralògica de les calcàries parcialment calcinades, que, sovint, queden atrapades en el morter. Aquests materials podien acabar de manera no intencionada als morters, quan quedaven

atrapats amb la calç, un cop eren retirats dels forns, o bé, de manera intencionada, quan eren reaprofitats, com a agregats en morters i formigons (Elsen et al., 2011, p. 871-882). També l'estudi de les calcàries parcialment calcinades en morters antics poden aportar informació sobre els processos d'apagat de la calç i de la mescla. (Quinn, 2013, p. 226).

En el cas de la Vil·la romana de Can Ring, la identificació de calcàries amb foraminífers fòssils, rodades i parcialment calcinades, ens permet interpretar dues opcions. La primera és que aquest tipus de calcàries es van recol·lectar i seleccionar del curs fluvial més pròxim al jaciment, el riu Fluvià. L'altra opció podria ser que vingués d'un altre curs fluvial, en la qual predomina aquest tipus de calcària, cosa que implicaria menys esforç en la selecció, i fer els treballs de la calcinació i apagat de la calç en el mateix curs fluvial, aprofitant els recursos de l'entorn i la proximitat de l'aigua. Després solament caldria transportar el material en forma de pols al punt de l'obra.

Actualment, a les proximitats de la vil·la romana de Can Ring, encara existeix una important indústria de la calç, el guix i de l'extracció d'àrids (Capellà et al., 1995, p. 87-102; Martín i Carrillo, 2005, p. 135-138), i és molt probable, que ja en època romana aquests recursos geològics fossin coneguts i explotats econòmicament, com a materials de construcció.

5.2. El volcà de la Crosa (la Selva)

El volcà de la Crosa està situat entre els termes municipals de Vilobí d'Onyar (La Selva) i de Bescanó (Gironès). Està format per un gran crater, amb un petit con d'escòries al seu costat septentrional. Aquest volcà es va originar a causa d'una primera fase freatomagmàtica amb l'expulsió de piroclastos de diferent mida. Després va continuar l'erupció amb una fase estromboliana, generant més dipòsits de piroclastos, que va finalitzar amb alguna colada basàltica. Després d'un període d'inactivitat, es va produir un nou episodi eruptiu, de menys duració i del tipus estrombolià, que va generar el petit con de piroclastos volcànics (Pedrazzi et al., 2014, p. 170-184).

Aquest volcà s'hi va estar duent a terme una activitat extractiva de materials volcànics que no va concloure fins a la dècada dels anys vuitanta del segle passat. Al voltant del volcà de la Crosa s'ha documentat, tant en jaciments, com a monuments i arquitectura tradicional, l'ús d'aquests materials volcànics com a roca constructiva (fig. 5). També tenim alguns indicis, d'explotació de graves piroclàstiques en època romana, al jaciment arqueològic de Can Faust (Aiguaviva, Gironès), tot i que no s'ha pogut determinar l'abast de l'explotació i quins usos li donaven (Guevara et al., 2023, p. 167-188).

Un exemple de la identificació de piroclastos en morters antics el tenim a les torres sepulcral de Cal Temple i de la Torratxa, a Vilablareix (Nolla et al., 2005, p. 211-225). La particularitat d'aquestes restes arqueològiques està en el fet que es varen construir amb la tècnica de l'encofrat, amb un morter de fracció grossa en la qual predominen les graves d'origen volcànic. Seguint l'exemple d'estudis referents, encara caldrà investigar si la presència d'aquests materials en el morter es deu a la voluntat de fer un morter hidràulic, o bé, per criteris d'oportunitat, a causa de la proximitat amb els dipòsits de piroclastos del volcà de la Crosa (Dilaria et al., 2023, p. 567-587).

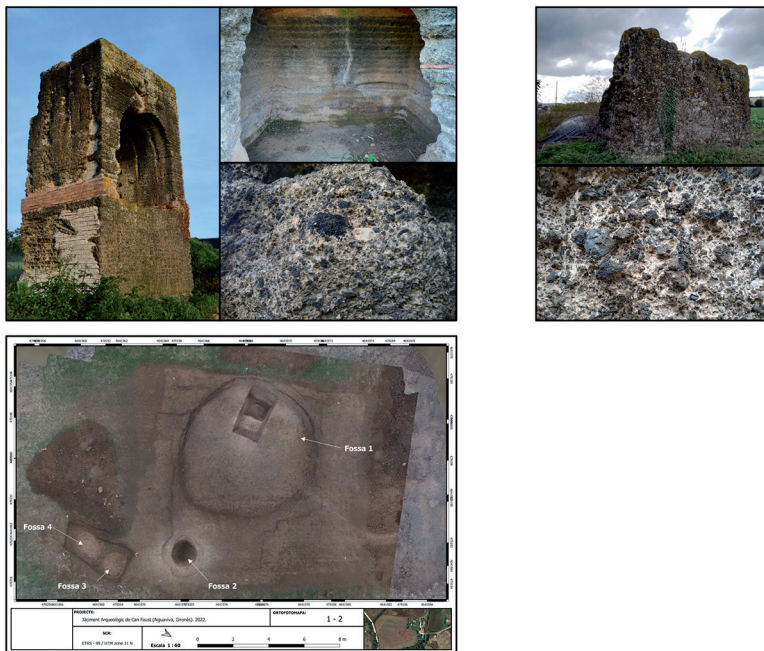
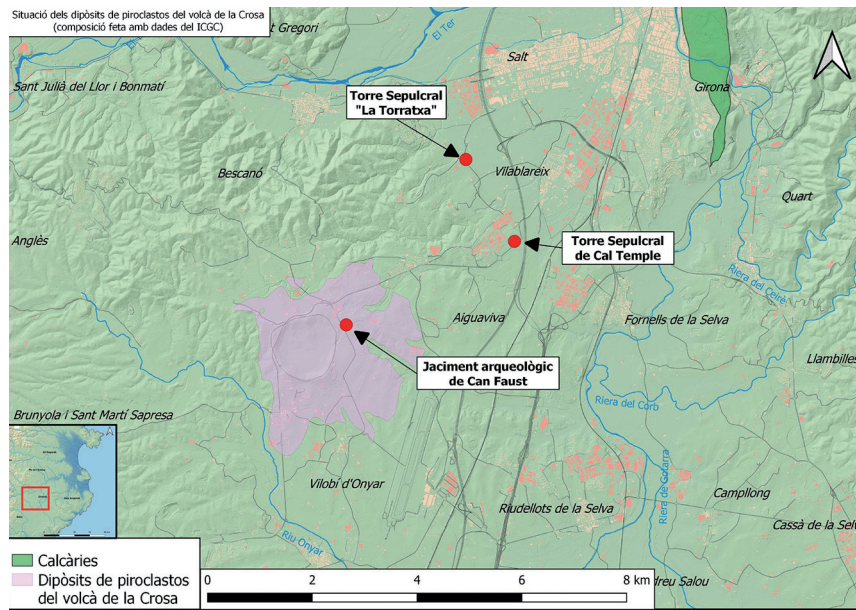


Figura 5. En la part superior esquerra, Torre sepulcral «La Torratxa». En la part superior dreta, Torre sepulcral de Cal Temple. Les imatges en detall, demostren que aquests monuments es van fer amb un formigó d'agregats piroclàstics. [Imatges fetes per l'arqueòleg Albert Guevara]. A la part inferior esquerra, planimetria dels resultats de la campanya feta a Can Faust, el 2022. La fossa 1, s'ha interpretat, que podria ser un pou d'extracció de grava piroclàstica, d'època romana [Guevara; López-Badell i Oliver, 2023, 167-188].

6. Futures línies d'investigació

Les pròximes línies d'investigació sobre morters antics en les comarques de Girona, caldria encaminar-les a ampliar els coneixements que tenim sobre quins tipus de morters s'utilitzaven en el passat, i amb quins materials els fabricaven en funció de l'època històrica, la funció arquitectònica del morter, i dels recursos geològics que tenien a disposició en el moment de fer l'obra.

Aquesta qüestió es pretén desenvolupar dins del marc estructural d'una tesi doctoral. En primer lloc, aquesta tasca investigadora pretén planificar una campanya de recollida de mostres de morter de diferents jaciments arqueològics o monuments històrics, dins de la província de Girona. Els criteris de selecció dels elements

a mostrejar respon al context geològic, és a dir, als recursos lapidaris de l'entorn utilitzats per a fer els morters, i l'arqueològic, és a dir, quina cronologia i funció arquitectònica tenen aquests elements fets amb morter. Evidentment, en aquesta campanya de mostreig també cal considerar quin és el context històric i etnogràfic en cada una de les regions de les comarques gironines.

El que es pretén amb aquesta recollida de mostres és obtenir informació que puguem introduir en una base de dades. Aquesta informació es preveu aconseguir d'informes d'intervencions arqueològiques, de les tasques de documentació de camp i de les anàlisis de mostres de morter al laboratori, mitjançant tècniques analítiques relacionades amb el camp de les ciències de la terra.

Principalment, els factors que volem tenir en consideració per a construir la base de dades són: la funció arquitectònica del morter; els tipus d'agregats utilitzats per a fer el morter; identificar la presència de components que alteren el comportament del morter; identificar la presència de roca calcària parcialment calcinada que permeti estudiar la procedència, i establir de manera aproximada la proporció entre la calç i els agregats.

Aquesta informació, organitzada en una base de dades, té com a objectiu, ajudar a establir una primera hipòtesi sobre quins varen ser els criteris en la selecció dels materials per elaborar morters, i quins usos li donaven, des de l'arribada dels grecs i romans, fins a l'edat mitjana, a les comarques Gironines. També ha de permetre identificar futures línies d'investigació, relacionades amb la procedència d'alguns dels components que poden formar part del morter, com per exemple, la roca calcària utilitzada per a fer la calç, o bé, dels agregats de procedència volcànica.

Aquestes línies d'investigació es pretenen desenvolupar dins del marc de la tesi doctoral de l'autor d'aquest l'article. Aquesta tasca investigadora s'emmarca dins del programa de doctorat del Departament de Prehistòria, de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), i compta com a tutor de la tesi el doctor Roberto Rich, professor del Departament de Prehistòria (UAB). També aquest projecte compta amb la direcció del catedràtic David Gómez Gras, professor de petrologia al Departament de Geologia (UAB), i amb la direcció del doctor Quim Tremoleda i Trilla, arqueòleg i conservador del jaciment arqueològic d'Empúries (MAC-Empúries).

Bibliografia

- Adam, J. (1997). *La construcción Romana. Materiales y Técnicas*. Editorial de los Oficios.
- Alejandre, F. J. (2000). Los morteros en la edad media. Dins A. Graciani (Ed.), *La técnica de la arquitectura medieval* (p. 235-250). Universidad de Sevilla.
- Alejandre, F. J. (2018). Consideraciones sobre la datación de morteros de cal mediante 14C. *Revista PH*, 93, 122-140.
- Burch J., Castanyer, P., Nolla, J. M. i Tremoleda, J. (2010). Temps de canvis: la romanització del nord-est de Catalunya. Dins *Times of changes. In the beginning of the Romanization* (p. 89-108). Documenta Universitaria. Studies on the rural world in the Roman period, 5.
- Capellà, I., Pallí, L. i Brusi, D. (1995). Previsió d'impactes en el medi físic, derivats de l'explotació de les formacions geològiques d'interès per a la producció d'arids, a la zona del curs mitjà del riu Fluvià (La Garrotxa). *SCIENTIA gerundensis*, 21, 87-102.

- Columbu, S., Sitzia, F. i Ennas, G. (2017). The ancient pozzolanic mortars and concretes of Heliocaminus baths in Hadrian's Villa (Tivoli, Italy). *Archaeol Anthropol Sci*, 9, 523-553.
- Coutelas, A. (2003). *Pétraarchéologie du mortier de chaux gallo-romain. Essai de reconstitution et d'interprétation des chaînes opératoires: du matériau au métier Antique.*, [Tesis Doctoral, Université Paris I – Pantheon-Sorbonne]. <https://theses.fr/2003PA010678>
- Cowper, A. D. (2015). *Lime and lime mortars*. Building Research Establishment. (Obra original publicada el 1917).
- Davey, N. (1971). *A history of building materials*. Drake Publishers LTD.
- Diekamp, A., Stalder, R., Konzett, J. i Mirwald, P.W. (2010). Lime Mortar with natural hydraulic components – Characterization of reaction rims with FTIR-Imaging in ATR-Mode. Dins J. Valek (Ed.), *2th Historic Mortars Conference* (p. 111-118.). RILEM Publications.
- Dilaria, S., Previato, C., Bonetto, J., Secco, M., Zara, A., de Luca, R. i Miriello, D. (2023). Volcanic Pozzolan from the Phlegraean Fields in the Structural Mortars of the Roman Temple of Nora (Sardinia). *Heritage*, 6, 567-587.
- Elsen, J., Mertens, G. i van Balen, K. (2011). Raw materials used in ancient mortars from the Cathedral of Notre-Dame in Tournai (Belgium). *European Journal of Mineralogy*, Núm. 23(6), 871-882.
- Folk, R. i Valastro, S. (1976). Successful technique for dating of lime mortar by carbon-14. *Journal of field archaeology*, 3, 203-208.
- Garate, I. (2008). *Artes de los yesos, yeserías y estucos*. Editorial Munilla-Lacería.
- Giuliani, C. (2018). *L'edilizia nell'antichità*. Carocci editore Manuali.
- Guevara, A., López, G. i Oliver, J. (2023). El jaciment de Can Faust (Aiguaviva, Gironès). Posant al descobert el patrimoni arqueològic de l'entorn del volcà de la Crosa (Bescanó, Gironès / Vilobí d'Onyar, Selva). *Quadern de Prehistòria Catalana*, 23, 167-188.
- Hajdas, I., Maurer, M. i Belen, M. (2020). Development of 14C dating of mortars at ETH Zurich. *Radiocarbon*, 62, 591-600.
- Heinemeier, J., Jungner, H., Liandroos, A., Ringbom, A., von Konow, T. i Rud, N. (1997). AMS 14C dating of lime mortar. *Nuclear instrument and Methods in Physics Research B*, 123, 487-495.
- Hughes, J. J. i Callebaut, K. (2002). In-situ visual análisis and practical sampling of historic mortars. *Mat. Struct.*, 35, 70-75.
- Ingham, J. P. (2011). *Geomaterials under the microscope*. Manson Publishing.
- Martín, P. i Carrillo, I. (2005). El treball de la calç a l'Alta Garrotxa; D'activitat econòmica complementària a Patrimoni Cultural. *Revista d'etnologia de Catalunya*, 27, 135-138.
- Miriello, D. (2018). Ancient mortars and plasters. Dins S. L. López (Ed.), *The Encyclopedia of Archaeological Sciences*, Wiley Online Library: <https://doi.org/10.1002/9781119188230.saseas0382>
- Miriello, D., Barca, D., Bloise, A., Ciarallo, A., Crisci, G. M., de Rose, T., Gattuso, C., Gazineo, F. i Mauro, F. R. (2010). Characterisation of archaeological mortars from Pompeii (Campania, Italy) and identification of construction phases by compositional data analysis. *Journal of Archaeological Science*, 37, 2207-2223.

- Miriello, D., Bloise, A., Crisci, G. M., cau Ontiveros, M. Á., Pecci, A. i Riera, M. (2013). Compositional analyses of mortars from the late antique site of Son Peretó (Mallorca, Balearic Island, Spain): Archaeological implications. *Archaeometry*, 55, 1101-1121.
- Moropoulou, A., Bakolas, A. i Anagnostopoulou, S. (2005). Composite materials in ancient structures. *Cement and Concretes Composites*, 27, 295-300.
- Moropoulou, A., Bakolas, A. i Bisbikou, K. (2000). Investigation of the technology of historic mortars. *Journal of Cultural Heritage*, 1, 45-58.
- Nolla, J. M., Casas, J., Sagraera, J. i Vivó, D. (2005). La Torratxa (Vilablareix, el Gironès). *Estudi General*, (25), 211-225.
- Oleson, J. P. i Jackson, M. D. (2014). The Technology of Roman Maritime Concrete. Dins J. P. Oleson (Ed.), *Building for Eternity, The History and Technology of Roman Concrete Engineering in the Sea* (p. 35-49.). Oxbow Books.
- Ontiveros, E. i Rodríguez, O. (2017). Aproximaciones arqueométricas al estudio de los morteros de la antigüedad. Presupuestos metodológicos y ensayo de aplicación a la construcción romana del valle del Guadalquivir. Dins L. Roldán, J. M. Macias, A. Pizzo i O. Rodríguez (Eds.), *Modelos constructivos y urbanísticos de la arquitectura de Hispania*, (p. 89-99). ICAC.
- Ontiveros, E., Rodríguez, O. i Navarro, A. D. (2016). Mineralogical and physical-chemical characterisation of Roman mortars used for monumental substructures on the Hill of San Antonio. In the Roman city of *Italica* (prov. *Baetica*, Santiponce, Seville, Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 7, 205-223.
- Pallí, Ll. i Pujades, A. (1999). El campo volcánico catalán. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*, 73, 229-236.
- Pecchioni, E., Fratini, F. i Cantisani E. (2008). *La Malte Antiche e Moderne, Tra Tradizione e Innovazione*. Patron Editore.
- Pedrazzi, D., Bolós, X. i Martí, J. (2014). Phreatomagmatic volcanism in complex hydrogeological environments: La Crosa de Sant Dalmai mar (Catalan Volcanic Zone, NE Spain). *Geosphere*, 10, 170-184.
- Pesce, C. L. i Ball, R. J. (2012). Dating of Old Lime Based Mixtures with the – Pure Lime Lumps – Technique in DM Wawrocka. *Radiometric Dating*, 1, 21-37.
- Poole, A.B. i Sims, I. (2016). *Concrete Petrography: A Handbook of Investigative Techniques*. CBC-Taylor & Francis Group.
- Quinn, P. S. (2013). *Ceramic Petrography, The interpretation of Archaeological Pottery & Related Artefacts in Thin Section*. Archaeopress.
- Rispoli, C., de Bonis, A., Guarino, V., Fabio, S., di Benedetto, C., Esposito, R., Morra, V. i Cappelletti, P. (2019). The ancient *pozzolan* mortars of the Thermal complex of Baia (*Campi Flegrei*, Italy). *Journal of Cultural Heritage*, 40, 143-154.
- Snellings, R., Mertens, G. i Elsen, J. (2012). Supplementary cementitious materials. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 74, 211-278.
- Urbanová, P., Michel, A., Cantin, N., Guibert, P., Lanos, P., Dufresne, P. I Garnier, L. (2018). A novel interdisciplinary approach for building archaeology: The integration of mortars «single grain» luminescence dating into archaeological research, the example of Saint Seurin Basilica, Bordeaux. *Journal of Archaeological Science*: 20, 307-323.