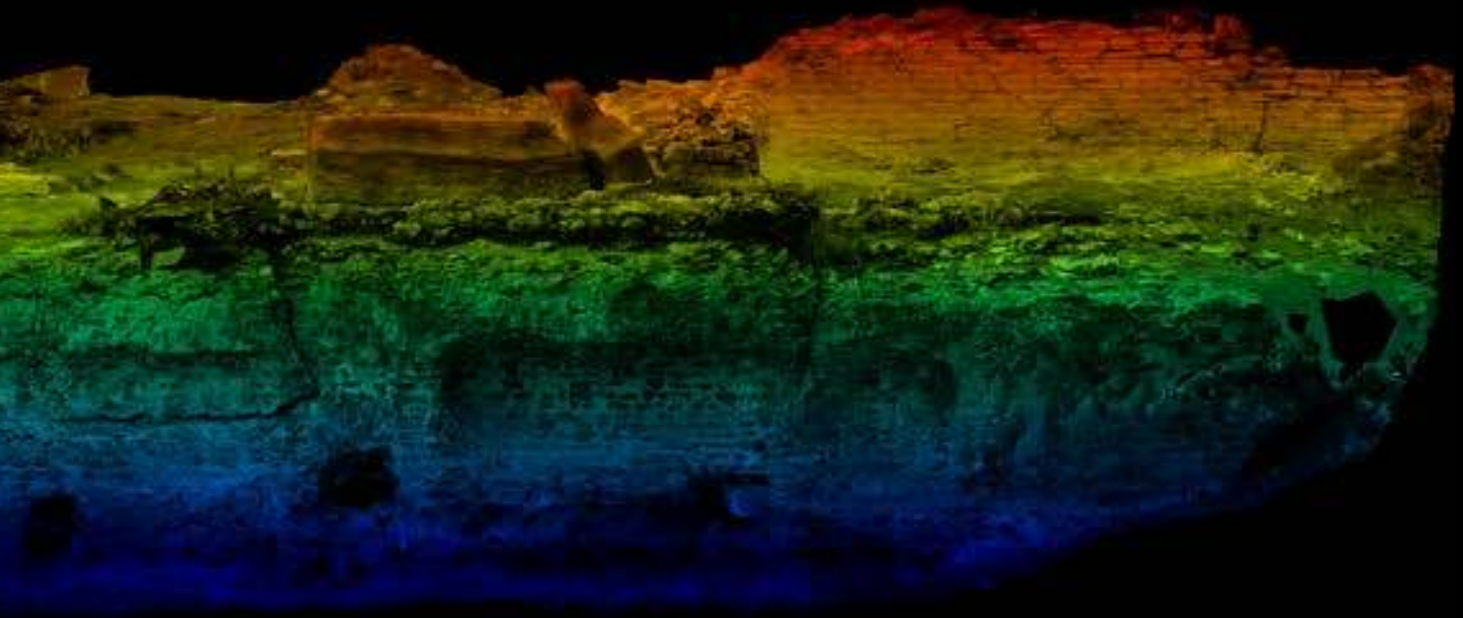


PORTUS

INVESTIGACIONES GEOARQUEOLÓGICAS EN EL MUELLE ESTE-OESTE



EDITADO POR

J. BERMEJO, J.M. CAMPOS, R. SEBASTIANI



Portus, investigaciones
geoarqueológicas en el muelle
este-oeste

Editado por

J. Bermejo, J.M. Campos,
R. Sebastiani



ARCHAEOPRESS PUBLISHING LTD
Summertown Pavilion
18-24 Middle Way
Summertown
Oxford OX2 7LG

www.archaeopress.com

ISBN 978-1-80327-630-4
ISBN 978-1-80327-631-1 (e-Pdf)

© the individual authors and Archaeopress 2023

Cover: Ortoimagen de la cabeza del Muelle de la Linterna en su cara Oeste.
Fragmento latericio con sello de fábrica procedente de las remodelaciones del derrumbe.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

This book is available direct from Archaeopress or from our website www.archaeopress.com

Tabla de contenido

Prefazione	iii
A. D'Alessio	
1. El proyecto del muelle de la linterna, una colaboración hispano-italiana	1
J.M. Campos, J. Bermejo, R. Sebastiani	
2. Notas historiográficas sobre el muelle de la linterna de <i>Portus</i>	12
J. Bermejo	
3. Aplicación y desarrollo de métodos y técnicas digitales en el estudio del muelle este-este de <i>Portus</i>	19
A. Bermejo, J. Bermejo	
4. Considerando la construcción de <i>Portus</i> : la excavación del muelle de la linterna, nuevas aportaciones arquitectónicas y cronológicas	38
J.M. Campos, J. Bermejo, L. Fernández, A. Bermejo, R. Sebastiani, C. D'Ammassa	
5. Análisis arqueoarquitectónico y evolución del muelle este-este de <i>Portus</i> . Nuevos datos para su comprensión	87
J. Bermejo, J. M. Campos, L. Fernández, A. Bermejo, R. Sebastiani	
6. Il circuito fortificato del <i>Portus Romae</i> allo stato attuale delle ricerche	115
C. D'Ammassa, J. Frumentti	
7. <i>Portus</i> y el contexto geomorfológico del delta del río Tíber	124
L. M. Cáceres Puro, J. Rodríguez Vidal	
8. Nacimiento, desarrollo y ocaso de <i>Portus</i> : Datos geoarqueológicos sobre el <i>Canale di Imbocco</i>	133
M. Arroyo, G. Gómez, F. Ruiz, F. Muñoz, M. L. González-Regalado, J. Rodríguez Vidal, F. Muñoz, L. M. Cáceres, P. Gómez, M. Abad, T. Izquierdo, V. Romero	
9. Inferencia del tiempo relativo de funcionamiento del sector septentrional del muelle de la linterna de <i>Portus</i>	143
F. Muñoz, Z. Beláústegui, P. Gómez, S. Ramírez-Cruzado, J. Rodríguez, J. Bermejo, J. M. Campos, F. Ruiz, L. M. Cáceres, T. Donaire, C. Marín, G. Gómez, A. Toscano, M. L. González-Regalado, M. Abad, T. Izquierdo	
10. El uso estructural de la madera en la construcción pública de la antigua Roma: el encofrado del muelle del puerto imperial en <i>Portus</i>	158
D. Ponce González, L. J. Sánchez Hernando	
11. Arqueología en <i>Portus</i> , el muelle este-este: una propuesta de investigación futura.....	177
J. Bermejo, J. M. Campos, R. Sebastiani	
12. El muelle este-este de <i>Portus</i> , consideraciones finales de una primera fase de estudio.....	186
J. Bermejo, J. M. Campos, R. Sebastiani	

Prefazione

Immaginate – non appena atterrati all'Aeroporto Internazionale “Leonardo da Vinci” di Fiumicino (Roma) – di chiudere gli occhi e di riaprirli dopo qualche istante, per ritrovarvi immersi non in quel luogo fisico e reale (per certi versi, anzi, un non-luogo, quasi privo di identità come qualsiasi aeroporto), ma in una vasta dominante blu, fittamente punteggiata di navigli e bordata da costruzioni e infrastrutture ben ordinate eppur vocanti ed operee. In lontananza, guardando a ovest, vedrete poi svettare, sopra un isolotto artificiale, un alto faro, quasi raggiunto da due lunghi moli curvilinei che a nord e a sud cingevano a tenaglia il grande specchio d'acqua del porto qui impiantato dall'imperatore Claudio tra gli anni '40 e '50 del I secolo d.C. Porto inaugurato da Nerone nel 64 d.C. e ampliato in seguito da Traiano con la costruzione, a poche centinaia di metri più all'interno, del grande bacino esagonale ancor oggi ben conservato e perfettamente visibile a chi sorvoli, dopo il decollo o appunto prima di atterrare a Fiumicino, questa porzione di territorio che affaccia sul Mar Tirreno. Tutto intorno, canali e altre vie d'acqua di collegamento tra il mare, appunto, il porto stesso e il Tevere: quel fiume la cui foce (*ostium*, da cui *Ostia*) determinò di fatto le precondizioni storiche della nascita di Roma quasi tre millenni or sono.

Fu insomma questo il più grande scalo marittimo del mondo antico, cuore pulsante del sistema economico, produttivo e commerciale dell'impero e dello stato romano fino ai suoi ultimi giorni, vero e proprio *hub* paragonabile oggi, *mutatis mutandis* e con raffronto tutto sommato riduttivo, a quelli di Shanghai o Singapore, di Hong Kong o Dubai, di Rotterdam o New York; *pōrtus*, appunto, e *pōrta* di Roma sul Mediterraneo, propriamente «passaggio» e «ingresso», a significare e ribadire la vocazione liminale del luogo, il suo essere confine e soglia al tempo stesso, approdo e varco che mette in relazione e comunicazione la città e il mondo (*l'urbs* e *l'orbis*), l'identità e l'alterità. Una vocazione questa, intrinseca e necessaria alla pluri-etnicità e multiculturalità che fu dell'ecumene romana (al netto dell'impacciabile durezza del suo assetto istituzionale e sociale), la quale non poteva che trovare più fortunata eredità e corrispondenza proprio nell'Aeroporto Internazionale di Fiumicino, che sull'area dell'antico approdo, oggi completamente interrata, ridossa e insiste.

A guardar bene, fra i monumentali resti dell'immenso porto di Roma antica – buona parte dei quali ricade attualmente all'interno di una fra le maggiori e più importanti aree del *Parco archeologico di Ostia antica*, appunto quella dei porti imperiali di Claudio e Traiano – scorgeste anche, rettilineo e solitario nella radura verde che oggi attraversa, il molo della lanterna (o est-ovest), che costituisce l'oggetto principale attorno a cui ruota l'intera ricerca presentata in questo importante volume a cura di Javier Bermejo Meléndez, Juan M. Campos e Renato Sebastiani. Una ricerca a carattere dichiaratamente multidisciplinare e transdisciplinare, come posto subito in evidenza dagli stessi curatori nel primo capitolo del libro, e che ha infatti visto all'opera, fianco a fianco nello svolgimento del progetto *Del Atlantico al Tirreno (DEATLANTIR): investigaciones en las infraestructuras de Portus-Antica, el muelle de la lanterna*, archeologi, epigrafisti, filologi, geomorfologi, paleontologi e altri; perché è solo grazie a un approccio diversificato, complementare e integrato degli ambiti e delle metodologie e tecniche di indagine che si è in grado di dare le risposte più appropriate alle domande che una indagine pone, deve necessariamente porre, all'oggetto e al contesto di studio prescelto. A maggior ragione nel caso di specie, quello del molo della lanterna, che come tutto il complesso delle strutture e infrastrutture portuali antiche viene a trovarsi oggi in condizioni ambientali (vero *habitat* di biodiversità peraltro) completamente diverse da quelle in cui era sorto e aveva vissuto. Solo tramite l'interazione di quei diversi approcci e metodi scientifici, infatti, si è così potuto iniziare a delineare il corretto inquadramento del molo della lanterna (e non solo) di Portus dal punto di vista architettonico-costruttivo, “topografico”, diacronico, paleoambientale, funzionale (anzi polifunzionale) e così via.

Il che emerge molto chiaramente dalla lettura di questo lavoro, o anche solo scorrendone l'indice, laddove alla citata presentazione iniziale del progetto di ricerca (capitolo 1) seguono le parti dedicate alla profilazione “storiografica” del molo tra XIX e XX secolo (capitolo 2), all'applicazione specifica dei metodi e delle tecniche digitali di indagine utilizzati per il suo studio (capitolo 3), alla presentazione dei dati archeologici, di natura sia strutturale che cronologica, derivati dallo scavo della banchina della lanterna (capitolo 4) e alle connesse analisi per la sua comprensione archeo-architettonica ed evolutiva (capitolo 5), per passare poi a un bilancio delle conoscenze sul circuito fortificato del *Portus Romae* allo stato attuale delle ricerche (capitolo 6) e tornare al più generale contesto geomorfologico del delta del Tevere entro cui *Portus* si inserì (capitolo 7) e alla valutazione critica dei dati geoaerologici sul canale di imbocco in relazione alla creazione, allo sviluppo e al declino del grande scalo marittimo (capitolo 8). Di qui si entra maggiormente nel merito, attraverso una detagliata discussione delle fasi di funzionamento del settore settentrionale del molo della lanterna (capitolo 9), l'approfondimento sull'uso strutturale del legno nell'edilizia pubblica romana e più in particolare sul cassero del molo (capitolo 10), per concludere con le prospettive future di ricerca sul molo della lanterna (capitolo 11) e un riassunto dei principali risultati (capitolo 12).

Un lavoro insomma denso e complesso, frutto di una consolidata esperienza progressa nel campo delle infrastrutture portuali dell'Atlantico iberico e del Mediterraneo antico, cui l'Università di Huelva e Juan M. Campos in *primis* hanno dedicato lunghi e proficui anni di impegno non solo scientifico, ma anche didattico e formativo per diverse generazioni di giovani allievi o colleghi. Ma anche un lavoro che, forte proprio della sua complessità e profondità, si pone oggi a sugello di una tradizione di studi altrettanto consolidata e importante, che nel territorio di competenza del Parco, segnatamente a Ostia e ai porti imperiali, ha visto un vero e proprio *exploit*, in particolare per quanto concerne il dispiegamento delle indagini non-invasive. Ricognizioni di superficie e prospezioni geofisiche, carotaggi e indagini geoaerologiche e paleoambientali, rilevazioni satellitari e fotorestituzioni aeree, analisi sismologiche e studi archeometrici su ogni genere di manufatto antico, hanno infatti contribuito, nel corso degli ultimi venticinque/trent'anni, non solo a un notevole accrescimento delle nostre conoscenze sugli assetti e gli sviluppi ambientali, naturalistici, topografici, monumentali, demografici ecc. di Ostia e *Portus* e delle aree di diretta pertinenza, ma anche di impostare tutta una serie di ricerche sul campo – queste sì dirette o cosiddette invasive – con un grado di consapevolezza scientifica preventiva e predittiva senza precedenti. A partire dalle interpretazioni e ricostruzioni di massima della conformazione ed evoluzione geomorfologica e di età storica del basso corso e dell'area delizia del Tevere (ivi incluse le mutazioni che hanno interessato nella *longue durée* la linea di costa e l'immediato entroterra, favorendo oppure ostacolando l'insediamento umano nel luogo), ovvero della conformazione e delle trasformazioni del paesaggio naturale e antropico nella sua diacronia, l'impiego e l'interazione di tali investigazioni hanno difatti gettato ampia e per certi versi inaspettata luce sia sull'impianto urbano e l'estensione della città di Ostia e del relativo suburbio (compreso il c.d. *Trastevere ostiense*), sia sul comparto territoriale dell'Isola Sacra e, di nuovo, sul gigantesco *hub* costituito dai porti di Claudio e Traiano e dalle collegate infrastrutture gestionali, insediative, cimiteriali e di altro genere.

Fra le punte di diamante di questa giovane eppur robusta tradizione, si pone anche il lavoro e il volume di cui sono onorato di aver scritto questa breve prefazione, a conclusione della quale non mi resta che ringraziare, davvero sentitamente, i curatori Juan M. Campos, Javier Bermejo Meléndez e l'amico di lungo corso Renato Sebastiani, oltre ovviamente a tutti gli autori che vi hanno preso parte (da M. Abad a M. Arroyo, da A. Bermejo Meléndez a L. M. Cáceres Puro, da C. D'Ammasso a T. Donaire, da Z. Belaústegui a J.L. Fernández, da I. Frumentti a G. Gómez, da P. Gómez a T. Izquierdo, da M.L. González-Regalado a C. Marín, da F. Muñoz a A.F. Muñoz, da D. Ponce González, da S. Ramírez-Cruzado a J. Rodríguez Vidal, da V. Romero a F. Ruiz, da L. J. Sánchez Hernández ad A. Toscano). Un ultimo, non meno sentito ringraziamento debbo infine alle funzionarie del Parco

archeologico di Ostia antica che con incrollabile impegno e dedizione hanno pure contribuito alla realizzazione di questa prima parte del progetto da parte dei colleghi spagnoli: le archeologhe Marina Lo Blundo e Claudia Tempesta e la restauratrice Tiziana Sòrgoni, alle quali voglio associare anche la dott.ssa Elena Calandra, Direttore dell'*Istituto centrale per l'archeologia* (ICA) e del *Servizio II - Scavi e tutela del patrimonio archeologico* (Direzione Generale Archeologia, Belle Arti e Paesaggio) del Ministero della Cultura italiano per il consueto monitoraggio e supporto alle attività di ricerca che si svolgono annualmente in Italia.

Alessandro D'Alessio

Direttore del Parco archeologico di Ostia antica

1.

El proyecto del muelle de la linterna, una colaboración hispano-italiana

J.M. Campos¹, J. Bermejo¹, R. Sebastiani²

¹Centro de Investigación en Patrimonio Histórico, Cultural y Natural. Universidad de Huelva
²Soprintendenza Speciale Archeologia Belle Arti e Paesaggio di Roma

Resumen

La línea de estudio sobre los puertos en la antigüedad supone un campo de investigación de actualidad. En este contexto, en el año 2017, se inició un interesante y fructífero proyecto en el área arqueológica de los puertos imperiales. Dicho marco investigador se desarrolla, todavía hoy, a través de un convenio de investigación firmado entre la Universidad de Huelva y el Parco Archeologico di Ostia Antica. Esta colaboración científica ha centrado sus esfuerzos en el muelle de la linterna, o muelle este-oeste, una de las estructuras portuarias más significativas y mejor conservadas del conjunto de *Portus* y que está permitiendo conocer importantes datos relativos a su construcción, diacronía, paleoambiente, etc. A continuación, se expone el devenir de dicho proyecto hasta la actualidad, las premisas de partida, así como sus principales líneas de actuación.

Palabras clave

dique; muelle; arquitectura portuaria; *Portus*; Roma

Abstract

The study of ports in antiquity is a current field of research today. In this context, in 2017, an interesting and fruitful project was started in the archaeological area of the imperial ports. This research framework is still being developed today through a research agreement signed between the University of Huelva and the Archaeological Park of Ostia Antica. This research collaboration has focused its efforts on the lantern quay, or east-west quay, one of the most significant and best preserved port structures in the *Portus* complex, and which is providing important data regarding its construction, diachrony, paleoenvironment, etc. The evolution of the said project up to the present, its initial premises as well as its main lines of research are set out below.

Keywords

dam; dock; port architecture; *Portus*; Rome

El estudio de los puertos y los sistemas portuarios en el mundo antiguo supone una línea ampliamente consolidada en la investigación. A poco que se rastree en la historiografía pasada se comprueba el importante volumen de trabajos existentes al respecto (entre otros, Lanciani, 1869; Lugli y Fùllebeck, 1930; Calza, 1923; Testaguzza, 1970; Mannucci, 1992ed.; Hesberg, 1985; Pasquinnucci y Mazzanti, 1987; LeGall, 1987; Nappée, 1982). Sin embargo, desde comienzos del presente siglo este tema ha venido siendo objeto de estudios cada vez más crecientes, como demuestran los numerosos e importantes proyectos de investigación a lo largo de todo el contexto europeo mediterráneo y atlántico, así como su producción bibliográfica (entre otros, Lovén y Schaldemose, 2011; Lovén y Sapountzis, 2014; Lovén, 2015; Koçack, 2015; Thomas *et al.* 2016; Keay y Paroli, 2011; Keay, 2012 ed.; Sanchez y Jézégou, 2011 eds.; Fontaine *et al.* 2017; Ramallo y Martínez, 2010; Cabrera, 2014; Cerezo, 2017; Diarte-Biasco, 2017).

En este contexto hace poco menos de una década que desde el grupo de investigación Vrbhanitas, adscrito al Centro de Investigación en Patrimonio Histórico, Cultural y Natural de la Universidad de Huelva, se inició la línea relativa al estudio de los puertos en la antigüedad. La vocación de los estudios en arqueología clásica que esta escuela ha ido perfilando, con obras tan destacadas como la elaboración del *corpus* de ciudades romanas de la Bética (Campos y Bermejo 2018 Eds.), pasaba por atender a uno de los fenómenos más interesantes del periodo, los sistemas portuarios, sus infraestructuras y el paisaje marítimo en el que se insertaban. El inicio de estos estudios fue



Figura 1. Reunión Científica, *Vrbes et territoria ex Hispania*. Áreas portuarias de las ciudades béticas y lusitanas: arquitectura y relaciones comerciales, celebrada en la Universidad de Huelva (2017).

posible gracias a diversos proyectos competitivos del Plan Nacional de I+D que, bajo el acrónimo de DEATLANTIR (HAR2014-58326-P; HAR2017-89154-P), permitieron en dos fases sucesivas el estudio de los puertos hispanos y su relación con las costas del Tirreno, cuyos resultados cristalizaron en sendas monografías (Campos y Bermejo, 2017 Eds.; 2021 Eds.).

La complejidad que encierra este tipo de enclaves en la antigüedad, con todas las variables y problemáticas geomorfológicas que presentan, llevó, desde los primeros momentos del desarrollo de esta línea de investigación, a contar con un equipo de trabajo inter y transdisciplinar. Así pues, en el mismo han venido participando más de una veintena de investigadores, especialistas en distintos campos de conocimiento procedentes fundamentalmente de las Humanidades y Ciencias Experimentales; arqueólogos, epigrafistas, filólogos, geomorfólogos, paleontólogos, etc., con una marcada proyección internacional, dado que se encontraban adscritos a distintos centros de investigación y universidades pertenecientes a países de España, Portugal e Italia (Campo Archeologico di Mértola; Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma; Parco Archeologico di Ostia Antica; Universidades de Huelva, Sevilla, Cádiz, Córdoba; Universidad Carlos III; Universidad do Algarve; Universidad do Lisboa; Università La Sapienza). A lo largo de las distintas anualidades se desarrollaron diversos encuentros que, a modo de talleres de trabajo (I, III y IV Reunión Científica *Vrbes et territoria ex Hispania*), permitieron crear magníficas sinergias colaborativas, así como la puesta en común de la investigación y avances conseguidos (Figura 1).

Sentadas las bases, gracias al marco DEATLANTIR, se pudieron desarrollar otro tipo de proyectos orientados a la resolución de problemas históricos-arqueológicos más específicos en áreas portuarias y estuarinas singulares, de las cuales fue *Portus* una de las que mayor interés despertó. La gran obra marítimo-terrestre que supone *Portus Augusti Felicis* ha visto a lo largo de las últimas dos décadas un importante volumen en el aumento de sus investigaciones, especialmente gracias a la actuación de equipos extranjeros. En este contexto internacional han destacado fundamentalmente los grupos de la Universidad de Southampton, conjuntamente con la British School, dirigidos por el tristemente desaparecido Prof. S. Keay, y L'École Française; equipos de investigación que sentaron las bases de un conocimiento mucho más profundo y detallado de *Portus* (Keay et al. 2005; Keay y Paroli, 2011; Keay 2012 ed; Bukowieck et al. 2011; 2018; Bukowieck y Mimmo, 2021).

Es en este contexto investigador cuando se inaugura en el año 2017 y sin solución de continuidad hasta el presente, en el marco de la convocatoria de Proyectos Arqueológicos en el Exterior del Ministerio de Cultura, Educación y Deporte, un nuevo proyecto relacionado con esta línea de investigación, pero con desarrollo en Italia. Este proyecto, denominado "Del Atlántico al



Figura 2. Localización del muelle este-oeste en *Portus Augusti Felicis*

Tirreno (DEATLANTIR): investigaciones en las infraestructuras de *Portus-Ostia Antica*, el muelle de la *lanterna*" y codificado por parte española por los Drs. J. M. Campos y J. Bermejo y el Dott. R. Sebastiani por la parte italiana, viene desarrollando un conjunto de actuaciones sobre uno de los espigones más interesantes del área de *Portus*, concretamente en el denominado muelle de la linterna o muelle este-oeste (Figura 2).

Esta actuación es posible, además, gracias al desarrollo de un convenio de investigación y puesta en valor firmado entre la Universidad de Huelva y el Parco Archeologico di Ostia Antica, que dotó a la investigación de un marco administrativo, legal e institucional en el que desarrollar una fructífera relación científica y académica.

Siempre en línea con las directrices establecidas en dicho convenio, así como en la actividad anterior y en la búsqueda de nuevos soportes que vinieran a sumarse al estudio de *Portus*, se obtuvieron diversos proyectos en otro tipo de convocatorias. En primer lugar, se consiguió financiación en el marco de la convocatoria de Proyectos de Jóvenes Investigadores del Campus de Excelencia Internacional del Mar (CEIMAR) que tuvo como resultado la concesión de un proyecto coordinado, "Del Atlántico al Tirreno: arqueología subacuática y portuaria en el Golfo de Cádiz y *Portus* (Roma)", y en el que se encuadran dos subproyectos, "Análisis geoarqueológico en el molo este-oeste de *Portus* (Ostia, Roma): arqueoarquitectura y bioindicadores de nivel marino" y "Lingotes de cobre del pectio ARPAL (Sancti-Petri, Cádiz). Análisis arqueometalúrgico y arqueométrico de los metales del SW ibérico". El primero de ellos permitió profundizar, de manera especial, en el análisis de los aspectos geomorfológicos y paleontológicos del entorno del muelle este-oeste. Las excavaciones desarrolladas en sus márgenes han puesto al descubierto importantes bioindicadores marinos que permiten comprender el paleoambiente en el que fue construida dicha estructura y cómo evolucionó hasta la colmatación de la zona circundante al mismo.



Figura 3. Vista cenital de la cabeza del muelle este-oeste tras el proceso de excavación.

En segundo lugar, se obtuvo otro en la convocatoria de proyectos de la Junta de Andalucía en el marco del Programa Operativo FEDER Andalucía 2014-2020, el cual con el título “Análisis geoarqueológico y paleoambiental en puertos y distritos marítimos atlántico-mediterráneos: el arco atlántico del suroeste hispano (Noba, Huelva) y la desembocadura del Tíber (*Portus, Roma*)”, permitió profundizar en los aspectos geomorfológicos y paleoambientales del último, con el objetivo de precisar a nivel microespacial que procesos marinos condicionaron la evolución del mismo.

En síntesis, estos han sido los marcos proyectuales que han permitido el desarrollo de nuestras investigaciones en *Portus*, en el muelle este-oeste. De tal forma, actualmente se ha podido establecer que sobre este espigón se desarrollaron un conjunto de *horrea*, *therma* así como un posible faro o *lanterna* en su extremo occidental; los resultados de su excavación y estudio, recogidos en esta monografía colectiva, suponen un renovado conocimiento de las estructuras que conforman el muelle, su diacronia así como las particularidades de su construcción y el paleoambiente en el que se construyeron, al aportar novedades sustanciales que permiten una mejor comprensión del sistema portuario (Figura 3). Los resultados de esta investigación han cristalizado en diversas publicaciones, artículos en revistas de impacto, capítulos de libros, aportaciones en actas de



Figura 4. Desarrollo de diversos trabajos en el muelle este-oeste. Excavación, prospección geofísica, extracción de testigos continuos (2019, 2021).



congresos, coloquios y reuniones científicas (Bermejo *et al.* 2021 a, b y c; e-p y b; 2023; Muñiz *et al.*, 2021; Marín *et al.*, 2021; D’ammassa, 2018; 2021).

El proceso metodológico que ha permitido alcanzar los distintos objetivos hasta la fecha, presente en todos y cada uno de los proyectos, partía de una concepción multidisciplinar en su aplicación y transdisciplinar en su interpretación, al concebir diversos campos o líneas de actuación en la que participaban diversos especialistas (arqueólogos, geólogos, paleontólogos, entre otros). Así pues, el acercamiento y comprensión del objeto de estudio pasaba por un planteamiento de cariz claramente geoarqueológico, dado que no podía entenderse el muelle, su construcción y devenir posterior sin el paleoambiente circundante. El empleo de distintas técnicas, excavación, prospección con georadar, escaneado láser y fotogrametría, tomografía eléctrica vertical, obtención de testigos continuos tanto en sedimento como sobre la propia estructura de hormigón del muelle, etc., han posibilitado un volumen ingente de datos cuyos resultados conforman el grueso de este estudio (Figura 4).

Si hasta aquí se ha descrito el aspecto científico, el contexto investigador que los generó y cómo se desarrollaron, no menos importante es la dimensión formativa que el proyecto ha revestido. En línea con esta idea, las distintas actividades de excavación, prospección geofísica, estudios

de materiales, extracción de sondeos rotatorios, procesado de muestras, etc. han posibilitado la formación de un destacado número de estudiantes de grado y posgrado, tanto españoles como italianos, que han podido desarrollar sus trabajos fin de grado, fin de máster e incluso el inicio y desarrollo parcial de tesis doctorales sobre distintos aspectos de *Portus*, codirigidas, siempre en un claro espíritu de colaboración, por miembros españoles e italianos del equipo de investigación y del propio Parco Archeologico di Ostia Antica.

Igualmente, una faceta especialmente cuidada ha sido la relacionada con la socialización de nuestra investigación, de cara a cumplir con la difusión al gran público de los resultados de nuestra investigación. De esta forma se han participado en distintas actividades y visitas guiadas en la propia área arqueológica, caso de las jornadas europeas de Patrimonio en las que se ha dado a conocer anualmente el avance de la investigación (Figura 5). Conjuntamente se ha establecido un enlace web, de consulta abierta, con las novedades y resultados del proyecto (<http://luhu.es/DeAtlantir/campanas/>) y en definitiva se ha difundido a través de notas de prensa, radio y redes sociales cuantas noticias acontecían en el seno del proyecto (entre otras: <https://www.rtv.es/play/videos/telediario/arqueologos-intentan-desentranar-misterios-del-puerto-trajano/5629518>; <https://www.europapress.es/andalucia/huelva-00354/noticia-investigadores-uhu-localizan-primeros-restos-faro-muelle-trajano-roma-20171018182731.html>; https://www.huelvainformacion.es/huelva/Onubense-seguira-investigando-Ostia-Antica_0_1254474865.html).

No menos importante ha sido para el proyecto el apoyo mostrado por la Escuela Española de Historia y Arqueología de Roma (EEHAR) auténtica plataforma y altavoz de la investigación arqueológica que los distintos grupos de investigación españoles desarrollan en Italia. La presencia, visibilidad actual y respaldo de la misma, a través de sus últimos directores, los doctores A. Pizzo y José R. Urquijo Goitia, ha permitido revestir de una proyección añadida la investigación, gracias a los continuos contactos establecidos entre la dirección de la Escuela y la del proyecto, a través de visitas institucionales, académicas, etc. (Figura 6).

En síntesis, la investigación desarrollada a lo largo de los últimos años ha supuesto un importante y significativo aporte en el conocimiento histórico y arqueológico de *Portus*. A lo largo de la presente monografía se recogen las distintas contribuciones relativas a uno de los muelles, hasta la fecha, más desconocidos del sistema portuario con importantes novedades cronológicas y constructivas que sin duda vendrán a reconsiderar aspectos o ideas establecidas relativas a la funcionalidad y cronología de uno de los más importantes puertos de la Antigüedad. En línea con nuestra argumentación destaca todo lo relativo al sistema constructivo del muelle, cómo se erigió y en qué medio, encorados y métodos de cimentación empleados, diaconía, etc. En relación con esto último, el establecimiento, por vez primera, de una cronología o fecha de construcción – al menos su última parte – para momentos de la primera mitad del s. III d.C., supone una de las principales aportaciones. Esto ha sido posible gracias a las dataciones radiocarbónicas y el estudio de la cultura material procedente de niveles sellados de su fundación. Sumado a ello, el estudio faseado de la cabeza del muelle permite establecer una actividad constructiva efervescente entre el s. V y VI d.C., con el desarrollo de continuos ambientes sobre la misma que permiten, con todas las reservas a día de hoy, considerar que todo el muelle participó de este dinamismo. Finalmente, los estudios geomorfológicos, paleontológicos y paleobotánicos, aún no agotados, permiten aproximarnos desde una perspectiva microespacial, al paisaje que rodeó al muelle, sus particularidades geomorfológicas cambiantes, con un proceso de colmatación progresivo de la antigua dársena exterior en el que se han podido extraer datos relativos al paisaje, productos trasegados, tasa de sedimentación, etc.

La presente monografía recoge, a lo largo de diversos capítulos, el resultado de las investigaciones en el marco de dicho proyecto. En línea con esta idea, se ha recogido además de la preceptiva introducción, un capítulo dedicado a la historiografía sobre el muelle, si bien es cierto, escasa en comparación con otras áreas de *Portus*, necesaria para contextualizar el objeto de estudio



Figura 5. Panel explicativo del proyecto para las jornadas de patrimonio europeo de 2018



Figura 6. Foto de grupo de la visita oficial a las excavaciones del embajador del Gobierno de España en Italia y del embajador de España ante la Santa Sede, junto con el equipo directivo de la EEHAR y el Parco Archeologico di Ostia Antica (2019).

en su justa medida. Seguidamente se presenta un capítulo dedicado a presentar la metodología seguida y la implementación de las nuevas técnicas de teledetección no invasivas y de relieve fotogramétrico. La aplicación de las mismas ha permitido un importante cuerpo de datos que, tras su procesado e interpretación, han posibilitado un mejor conocimiento del muelle, así como servir de base para el establecimiento de hipótesis de trabajo. Los siguientes dos capítulos, 4 y 5, suponen el corazón de la obra, así como el grueso de datos e interpretaciones sobre el muelle este-oeste. En ambos se presentan las principales novedades y aportaciones producto de excavaciones, sondeos rotatorios, prospecciones geofísicas, etc. y conforman una imagen novedosa y actualizada sobre sus procesos constructivos, cronología, funcionalidad, procesos de remodelación y abandono. A continuación, se presenta un capítulo dedicado al recinto fortificado de *Portus* y el proceso de profundas transformaciones constructivas que se desarrollaron en él a partir de época de Constantino (6); un periodo que tuvo para el conjunto de los muelles en particular y para el este-oeste en particular, especial significación al producirse un profundo proceso de remodelaciones sobre la superficie del mismo. Tras aquel se recogen sendos capítulos (7, 8 y 9) dedicados a cuestiones geomorfológicas, sobre aspectos del paisaje y el proceso de transformación y cambios de sedimentación en la antigua rada de Claudio y sus canales; asimismo se atiende al estudio paleontológico de especies marinas como bioindicadores de cambios de líneas mareal, influencia marina, etc. El capítulo siguiente, 10, está dedicado al estudio paleobotánico y más específicamente sobre las maderas documentadas en los encofrados de construcción del muelle, toda una novedad arqueológica. El estudio de las muestras tomadas ha permitido inferir importantes datos sobre especies, tráfico comercial de madera, así como su cronología obtenida por datación radiocarbónica. Finalmente, cierran la monografía dos capítulos dedicados a las futuras propuestas de investigación que este tipo de estructuras de contacto portuarias ofrece en el área arqueológica de *Portus* de manera general, así como las perspectivas del muelle este-oeste en general de cara a profundizar en las líneas de investigación ya abiertas (11 y 12).

Lejos de agotarse, por tanto, la investigación que aquí se recoge deberá continuar, de lo que es preciso identificar nuevas premisas de estudio que permitan seguir avanzando en el conocimiento, siempre en una clara colaboración con el Parco Archeologico di Ostia Antica. El acogimiento brindado por dicha institución en la figura de sus distintos directores, la Dott.ssa M. Rosario Barbera en primer lugar, y el Dott. A. D'alesio posteriormente, así como a través de sus diversos funcionarios responsables, Dott. L. Gambaro, Dott.ssa. M. Lo Blundo, Dott.ssa. C. Tempesta y Dott. ssa. T. Sorgoni, ha permitido llevar a buen puerto la investigación que aquí se presenta. Del mismo modo, la amabilidad y buen hacer demostradas en todo momento por el personal asistente del Area Archeologica di Porto, en las figuras de la Sra. Franca Tortora y la Sra. Stefania Pietrini, facilitaron en todo momento el desarrollo investigador.

A modo de cierre, a través de las páginas precedentes ha quedado expuesto el espíritu que ha marcado nuestra investigación, un amplio proyecto que pretende convertirse en aporte para los estudios relativos a los puertos y sistemas portuarios en la Antigüedad y que encuentra en *Portus*, con todo lo que supone a través de su enorme escala y trasfondo histórico, su máxima expresión.

Bibliografía

- Bermejo, J., Campos, J.M., Bermejo, A., Fernández, L., Sebastiani y Sánchez-Hernando, L. J. 2023. *Portus*. New Contributions to its Research: Construction Systems and Dating of the East-West Docks. *Journal of Maritime Archaeology*, vol. 18, issue 2, doi.org/10.1007/s11457-023-09360-9.
- Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R. e.p. b. "El muelle este-oeste de *Portus*, novedades geoarqueológicas en el contexto de los puertos imperiales", Actas del Congreso Internacional Entre Mares, emplazamiento, infraestructuras y organización de los puertos romanos, Irún, noviembre 2021.
- Bermejo, J., Campos, J.M.; Sebastiani, R., Bermejo A., Fernández, L., Marfil, F., D'Ammassa, C. e.p a. "El muelle este-oeste de *Portus* y sus ambientes, primeros datos sobre su configuración arquitectónica", Acti del VI seminario ostiense, 10, II di marzo 2019, Roma.
- Bermejo, J., Campos, J.M.; Sebastiani, R., D'Ammassa, C., Fernández, L., Bermejo A., Marfil, F. 2021a. "Il molo este-ovest a *Portus*. Un'analisi preliminare dalla archeologia della architettura." *Atti del V seminario Ostiense, 21-22 Febbraio 2018*, Rome.
- Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R., Fernández, L., Bermejo, A., Marfil, F., D'Ammassa, C., Baena, E., Domínguez, E., Rodríguez, N. E., Sánchez, L.J. 2021c. "Los puertos imperiales de Roma: investigaciones geoarqueológicas en el muelle este-oeste de *Portus*", en *Campos, J.M., Bermejo, J. (eds) Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos. L'erma di Bretschneider*. Roma, 583-610.
- Bermejo, J., Campos, J.M.; Sebastiani, R., Fernández, L., Marfil, F., Bermejo A., D'Ammassa, C., 2021b. "El denominado muelle de la linterna en *Portus*. Primeras investigaciones y resultados". *Actes du 12ème Colloque Historique de Fréjus 16 et 17 novembre 2018 - Fréjus, Les ports dans l'espace méditerranéen antique Fréjus et les ports maritimes*. 303-316.
- Bukowiecki, E., Fabro, R., Mimmo, M. 2018. "Portus, Chronique des activités archéologiques de l'Ecole française de Rome" [En ligne], Italie centrale, URL : <http://journals.openedition.org/cefr/2154> ; DOI : 10.4000/cefr.2154
- Bukowiecki, E., Mimmo, M. 2021. "Infrastructures portuaires à *Portus*: Les entrepôts dits de Trajan et le môle nord-sud", *Actes du 12ème Colloque Historique de Fréjus 16 et 17 novembre 2018 - Fréjus, Les ports dans l'espace méditerranéen antique Fréjus et les ports maritimes*. 289-302.
- Bukowiecki, E., Panzerti, C., Zugmeyer, S. 2011. "Portus. Les entrepôts de Trajan", *Mélanges de l'École française de Rome*, 570, 351-359.
- Cabrera Tejedor, C. 2014. "La caracterización del antiguo y desaparecido puerto de Sevilla a través de los hallazgos náuticos de la Plaza Nueva", *Sevilla Arqueológica: La ciudad en época protohistórica, antigua y andalusí* (Beltrán Fortes, J. y Rodríguez Gutiérrez, O. Eds.), Sevilla, 242-244.
- Campos, J.M., and Bermejo, J. (eds.) 2017. *Los puertos atlánticos béticos y lusitanos y su relación comercial con Ostia Antica*. L'erma di Bretschneider: Roma.

- Campos, J.M., and Bermejo, J. (eds.) 2018. *Ciudades romanas de la Provincia Baetica. Corpus Urbium Baetarum: Conventus Hispanalis et Asfitaninus*. CVB I. Colección Monografías de Onoba, 2. Vol. I-II. Universidad de Huelva.
- Campos, J.M., and Bermejo, J. (eds.) 2021. *Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos*. L'erma di Bretschneider: Roma.
- Calza, G. 1923. "Rico gnizioni topografiche nel porto di Traiano", *Atti della Reale Accademia dei Lincei. Notizie degli scavi di antichità*, Vol I. Regione I Latium et Campania, 54-80. Roma.
- Cerezo, F. 2017. "Los puertos antiguos de Carthago Nova, nuevos datos desde la arqueología marítima y geoarqueología portuaria", *Los puertos atlánticos béticos y lusitanos y su relación comercial con Ostia Antica* (Campos, J.M., Bermejo, J. Eds.), L'erma di Bretschneider, Roma.
- D'annasa, C. 2021. "Portus Romae, fortuna e declino. Brevi note storiche, archeologiche e topografiche", en Campos, J.M., Bermejo, J. (eds) *Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos*. L'erma di Bretschneider: Roma, 655-680.
- D'annasa, C., Manna, A., Sebastiani, R. 2018 "Indagini archeologiche tra il Canale Trasverso e l'Episcopio. Osservazioni preliminari sulle fasi post-classiche di Porto", *Mélanges de l'École française de Rome - Antiquité*, 130-2.
- Diarte-Blasco, P. (ed.) 2017. *Cities, Lands and Ports in Late Antiquity and the Early Middle Ages: Archaeologies of Change*, *BraDypUS*, Rome.
- Fontaine, S., El-Amouri, M., Marty, F., Rousse, C. 2017. "The Submerged Monumental Complex of the Roman Harbour System of Fosseae Marianae (Gulf of Fos, South of France)", *Under the Mediterranean. The Honor Frost Foundation Conference of 'Mediterranean Maritime Archaeology' to be held on the Anniversary of Honor Frost's Birth on the Island of Cyprus (28 October 1917)*, University of Cyprus.
- Gilboa, A., Waiman-Barak, P., Sharon, I. 2015. "Dor, the Carmel Coast and Early Iron Age Mediterranean Exchanges". In *The Mediterranean Mirror: Cultural Contacts in the Mediterranean Sea between 1200 and 750 B.C.* Mainz: Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums, 85-109.
- Hesberg, H.v. 1985. "Zur Plangestaltung der Coloniae maritimae", *RM* 92 127-150
- Keay S., Millett M., Paroli L., Strutt K. (2005). *Portus: An Archaeological Survey Of The Portus Of Imperial Rome*. Archaeological Monographs of the British School at Rome 15. London: British School at Rome; 2005.
- Keay S. Paroli L. 2011. *Portus and its Hinterland: Recent Archaeological Research*. Archaeological Monographs of the British School at Rome 18. London: British School at Rome.
- Keay, S. (ed.) 2012. *Rome, Portus and the Mediterranean. Archaeological monographs of the British School at Rome*.
- Koçak, M. 2015. "Su Kenarında Sonsuzluk: Patara Liman Nekropolisini isiginda Antik Limanlar ve Mezarlar Iliskisi Üzerine", *Mediterranean Journal of Humanities*, V/2, 275-285.
- Mannucci, V. (ed.) 1992. *Il parco archeologico naturalistico del Porto di Traiano: metodo e progetto*. Roma.
- Marín, C., Gómez, G., Ruiz, F., Rodríguez-Vidal, J., Gómez, P., Campos, J.M., Sebastiani, R., Bermejo, J., Muñiz, F., González-Regalado, M. L., Abad, M., Izquierdo, T. 2021. "Paleobiología del muelle de la Linterna (Portus, Roma)", en Campos, J.M., Bermejo, J. (eds.) *Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos*. L'erma di Bretschneider: Roma, 635-544.
- Muñiz, F., Belaustegui, Z., Gómez, P., Rodríguez, J., Bermejo, J., Campos, J.M., Ruiz, F., Cáceres, L., Marín, C., Gómez, G., Toscano, A., González-Regalado, M.L., Abad, T., Izquierdo, T. 2021. "El rol de la zonación icnológica-ecológica en el muelle de la Linterna de Portus", en Campos, J.M., Bermejo, J. (eds.) *Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos*. L'erma di Bretschneider: Roma, 635-544.
- Nappée, J. 1982. "Le port et le cap des Santons. L'embouchure de la Garonne à l'époque gallo-romaine", *RSaintonge* 8, 7-18.
- Lanciani, R. 1868. *Ricerche topografiche sulla città di Porto*, Roma.
- Le Gall, J. 1987. "Le fleuve, la mer et les hommes aux bouches du Tibre", in: *Déplacements des lignes de rivage en Méditerranée d'après les données de l'archéologie*. Actes du colloque international Aix-en-Provence, 5-7 septembre 1985, 89-93.
- Lovén, B. 2015. *Lechaion The Main Harbour of Ancient Corinth, Research Seminar: Ports, Piracy and Profit. Way and Means in Historical Maritime Trade* (10 December 2015), University of Copenhagen.
- Lovén, B. y Sapountzis, I. 2014. *The Ancient Harbours of the Piraeus, Volume II, Zea Harbour: the Group 1 and 2 Shipsheds and Slipways - Architecture, Topography and Finds*. Monographs of the Danish Institute at Athens 15,3
- Lovén, B. y Schaldemose, M. 2011. *The Ancient Harbours of the Piraeus*. Monographs of the Danish Institute at Athens
- Lugli, G. y Filbeck, G. 1935. *Il Porto di Roma Imperiale e l'agro portuense*, Roma.
- Pasquinnucci, M. y Mazzanti, R. 1987. "La Costa Tirrenica da Lunì a Portus Cosanus", in: *Actes du Déplacements des lignes de rivage en Méditerranée d'après les données de l'archéologie*. Aix-en-Provence, 5-7 septembre 1985, 95-106.
- Testaguzza, O. 1970. *Portus: illustrazione dei Porti di Claudio e Traiano e della città di Porto a Fiumicino*. Rome.
- Ramallo, S. y Martínez, M. 2010. "El puerto de Carthago Nova, eje de vertebración de la actividad comercial en el sureste de la Península Ibérica", *Bollettino di Archaeologia on line*, 141-159.
- Sanchez, C., Jézégou, M.P. (eds.) 2011. *Zones portuaires et espaces littoraux de Narbonne et sa région dans l'Antiquité, Monographie d'Archéologie Méditerranéenne*, 28, Lattes.
- Thomas, R., Villing, A., Lindenlauf, A., Pennington, B., DeVries, E., Spencer, J., Reade, W., Bertini, L., Bourgiannis, G., Pooley, A., Acosta, C., Maw, E., Colosimo, N., A.R.E.S. Al Arabi, W.A.Z.S. Nosir, B.M.M.A. ElGawad, A.A.E.M.M.A. ElGawad, y ElFaramawy, R.S.M. 2016. "The Harbour of Naukratis, 'Mistress of Ships', The British Museum Naukratis Project's fifth fieldwork season at Kom Ge'if, Egypt", *British Museum Naukratis Project fieldwork report 2016*. DOI: https://honorfrostfoundation.org/wp-content/uploads/2019/09/Nauk16_HFF-Naukratis-report-2016-new.pdf

2.

Notas historiográficas sobre el muelle de la linterna de *Portus*

J. Bermejo

Centro de Investigación en Patrimonio Histórico, Cultural y Natural. Universidad de Huelva

Resumen

El muelle interno este-oeste de *Portus*, así como otros tantos elementos e infraestructuras del inmenso puerto, ha pasado desapercibido para la investigación o, en su defecto con escaso desarrollo, en favor de otras áreas más significativas o interesantes *a priori*. Así pues, para el muelle en cuestión, llamado de la linterna, no se cuentan con estudios o trabajos de excavación previos de conjunto que hubieran permitido conocerlo con más precisión al comienzo del proyecto de investigación que lo abordó. En este elenco de actividades previas se cuenta con algunas intervenciones a comienzos y finales del s. XIX, así como algunas descripciones – las más detalladas – para la década de 1930. Posteriormente, a finales del s. XX y comienzos de la década de los 2000, se cuentan con algunas actividades de excavación en el área de la terma y la zona de muelle próxima al denominado *casale grande*.

Palabras clave

muelle; linterna; investigación; rada; *Ostia Antica*

Abstract

The internal east-west dock of *Portus*, as well as many other infrastructures of the immense port, has gone unnoticed in research or, failing that, been little studied, in favour of other more significant or interesting areas. Thus, for the dock in question, known as the lantern, there are no previous studies or excavation work as a whole that would have allowed us to know it more precisely at the beginning of the research project. In the list of previous activities there are some interventions at the beginning and end of the 19th century, as well as some descriptions – the most detailed – from the 1930s. Later, at the end of the 20th century and the beginning of the 2000s, there were some excavation activities in the area of the baths and the dock area near the *casale grande*.

Keywords

dock; lantern; research; port; *Ostia Antica*

Con anterioridad al inicio de las investigaciones por parte del grupo *Vrbarnitas*, en el otoño de 2017, las actuaciones precedentes sobre el muelle eran escasas. A lo largo de los últimos siglos las noticias sobre su obra, detalles, elementos, etc. pasaron desapercibidas en favor de otras áreas o estructuras más significativas y monumentales de la composición de este gran puerto. A propósito de esta idea será en la década de los años '20 del s. XIX cuando se tengan los primeros datos referidos a las termas ubicadas en el arranque del muelle. Este complejo termal era visible a comienzos de esa centuria y fueron objeto de excavaciones de las que se recuperó un conjunto importante de mármoles, las labores dirigidas por L. Canina y J.P. Garraz permitieron conocer sus restos, así como las primeras planimetrías de este conjunto (Canina, 1830, 2) (Figuras 1, 2 y 3).

El conjunto, actualmente en fase de restauración, se encontraba en origen ricamente decorado con mármoles de colores. Recientemente ha sido objeto de nuevas excavaciones que han puesto de relieve las distintas estancias que conforman la terma, así como aspectos relativos a su cronología (Panziere et al., 2016). Un pasillo divide el edificio en dos zonas. Por un lado, a la derecha se encuentran los ambientes propiamente termales con los *alvei* de diversas tipologías (circulares, semicirculares, rectangulares), así como los restos de *concamerations*, *suspensurae*, etc. Por otro, a la izquierda se encuentran una serie de estancias o ambientes complementarios, no precisados hoy día por la investigación, y parcialmente excavados (Figura 4).



Figura 1. Dibujo de los restos y restitución de las termas ubicadas en el muelle este-oeste (J.P. Garraz).



Figura 2. Planta del conjunto terminal (J.P. Garraz).

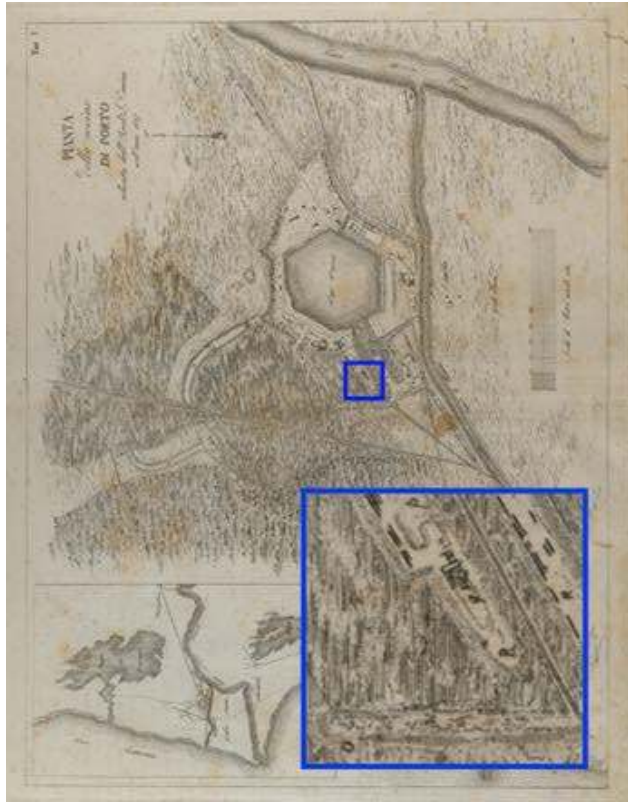


Figura 3. Indicación, en la planimetría de Canina del complejo terminal en el molo este-oeste (Canina, 1830, Tavola I).

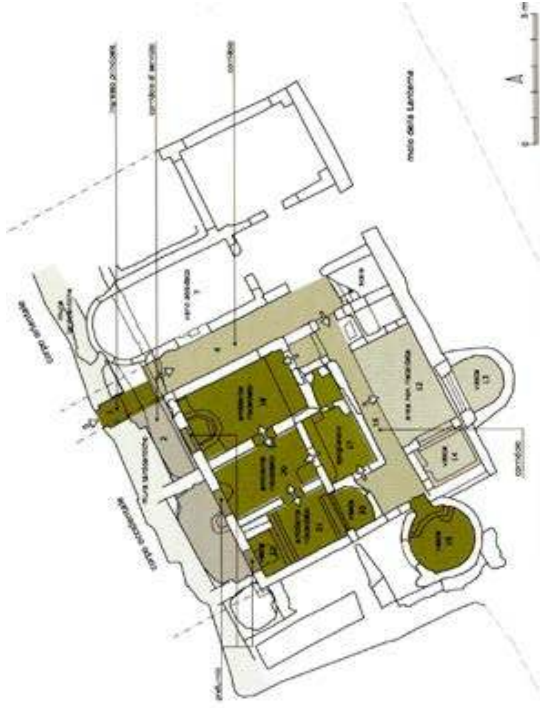


Figura 4. Planimetría de las termas de la linterna (Panziere et al. 2016, fig. 4).

No se volverán a tener noticias referidas a este muelle hasta finales del s. XIX, cuando en el transcurso de las excavaciones promovidas por el príncipe Torlonia, R. Lanciani nos transmite la aparición, en el extremo de la cabeza o *testata*, de una columna con la inscripción del *magister militum* F. Stilicon (Lanciani, 1868, 168). Habrá que esperar a comienzos del s. XX para encontrar las primeras descripciones relativas al muelle desde un punto de vista de detalle. Las actividades desarrolladas por Lugli y Filibeck (1935) permitirán conocer el estado de la estructura y elementos más destacados. En su trabajo aportan, incluso, algún material gráfico que muestra una imagen totalmente distinta a la actual, antes de la conversión de *Portus* en parque natural, expedita de vegetación y con elevaciones de terreno, que permiten adivinar estructuras en su parte superior colmatadas de sedimentos (Figura 5).

El conjunto de notas transmitidas por estos autores supone el grueso del conocimiento que sobre esta estructura se tenía hasta hace poco. La más llamativa y significativa descripción que los autores hacen del mismo viene de la mano de la identificación de una *lanterna* en su puntal o extremo más occidental, de lo que será conocido en la historiografía posterior con ese nombre. En su descripción se nos transmite la existencia de un cuerpo de escaleras (3x3 m) de acceso a la torre, así como diversas características de la construcción de la cabeza del muelle con una serie de fases que modificarían su aspecto original llevadas a cabo en época de Diocleciano o Constantino (Lugli y Filibeck, 1935, 81-82) (Figura 6).

La idea transmitida por estos autores parece reconocerse en los datos recogidos en los dibujos de la *tabula Peutingeriana*, en la cual se muestra para *Portus*, junto a la estatua que representa Roma, un gran hemiciclo con porticado abierto al mar en el que destacan dos faros, uno claramente separado del conjunto en una isla y otro sobre uno de los muelles (Figura 7).

La investigación más reciente ha generado un interesante debate en relación a los aspectos cronológicos de construcción de este muelle interno. Por un lado, las investigaciones llevadas a



Figura 5. Vista del muelle este-oeste (Lugli, Filibeck, 1930, fig. 47).

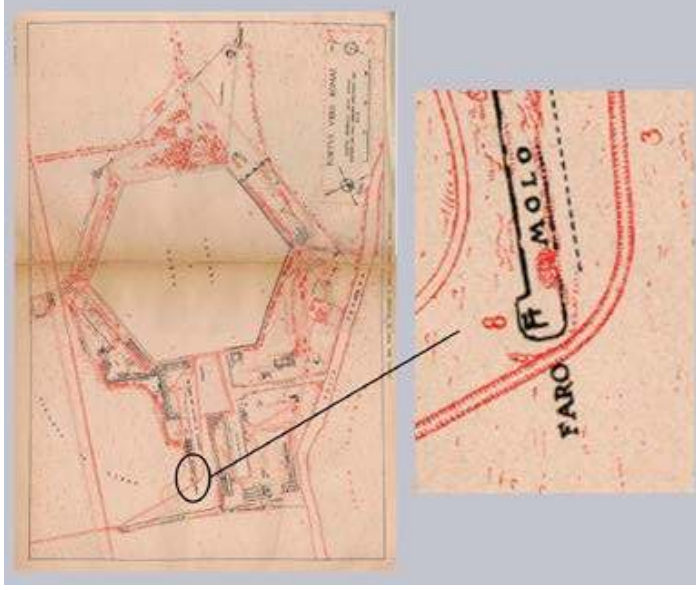


Figura 6. Plano con indicación del muelle esteoeste y situación de las estructuras identificadas como pertenecientes al faro (Lugli y Filibeck, 1935)

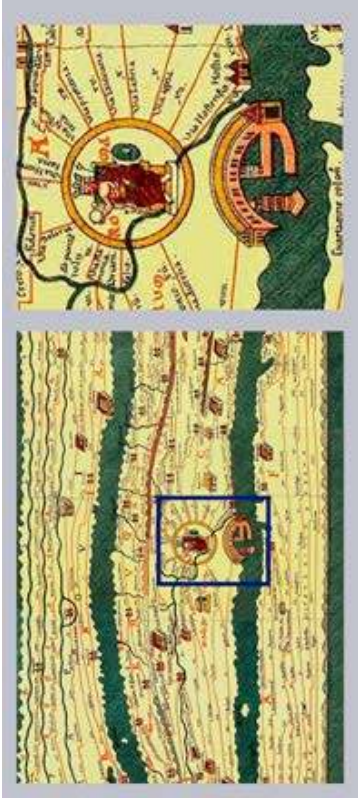


Figura 7. Fragmento de la *tabula Peutingeriana* en el que se muestra Roma y *Portus*. Obsérvese el detalle de la existencia de dos torres farerías en *Portus*.

cabo por P. Verduchi en un sector del muelle próximo al *casale grande*, hoy día futuro centro de recepción de visitantes, llevaron al establecimiento de una fecha para su construcción próxima a la época de Trajano (Verduchi, 2004, 237-241). No obstante, por otro, las investigaciones desarrolladas por C. Panzieri y G. Ricci, bajo la dirección de L. Paroli y A. Pellegrino, en la parte más al Este, en la zona de la *terma*, han llevado a establecer el desarrollo del muelle en un periodo inicial de la vida de *Portus*, probablemente en época Claudio-Neroniana, con importantes reformas en época trajanea-adrianea (Panziere *et al.*, 2016, 41).

En la misma línea parece decantarse la investigación dirigida por S. Keay y el grupo de la Escuela Británica, que indica, sobre la base de diversos testimonios arqueológicos, una adscripción para el *molo della lanterna* y otras instalaciones atribuidas con anterioridad a Trajano, como la dársena o canal de embocadura o el canal de comunicación *transverso*, como partes integrantes del esquema original del puerto de Claudio (Keay *et al.*, 2005, 275 ss.).

Con todo, habrá que esperar hasta 2017 cuando, en el marco de un Convenio de colaboración de investigación y puesta en valor de comienzo el proyecto de investigación sobre el muelle este-oeste por parte de la Universidad de Huelva conjuntamente con el Parco Archeologico di Ostia Antica. Así pues, desde ese año, se han venido desarrollando anualmente distintas campañas de excavación, análisis paramental y geofísica cuyos resultados suponen un importante conjunto de datos y el grueso del conocimiento que sobre esta estructura se tiene actualmente, todos ellos publicados en artículos de revistas, aportaciones en actas de congresos, seminarios y capítulos de libros (Bermejo *et al.* 2021 a, b y c; e-p a y b; Muñiz *et al.*, 2021; Marín *et al.*, 2021).

Bibliografía

Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R. e-p. b. "El muelle este-oeste de *Portus*, novedades geoarqueológicas en el contexto de los puertos imperiales", *Actas del Congreso Internacional Entre Mares, emplazamiento, infraestructuras y organización de los puertos romanos*, Irún, noviembre 2021.
 Bermejo, J., Campos, J.M.; Sebastiani, R., Bermejo A., Fernández, L., Marfil, F., D'ammassa, C. e-p a. "El muelle este-oeste de *Portus* y sus ambientes, primeros datos sobre su configuración arquitectónica", *Acti del VI seminario ostiense*, 10, 11 de marzo 2019, Roma.
 Bermejo, J., Campos, J.M.; Sebastiani, R., D'ammassa, C., Fernández, L., Bermejo A., Marfil, F. 2021. "El molo est-ouest a *Portus*. Un'analisi preliminare dalla archeologia della architettura." *Atti del V seminario Ostiense, 21-22 Febbraio 2018*, Rome.

Bermejo, J., Campos, J.M.; Sebastiani, R., Fernández, L., Marfili, F., Bermejo A., D'Ammassa, C., 2021b. "El denominado muelle de la linterna en Portus. Primeras investigaciones y resultados". *Actes du 12ème Colloque Historique de Fréjus 16 et 17 novembre 2018 – Fréjus. Les ports dans l'espace méditerranéen antique. Fréjus et les ports maritimes*. 303-316

Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R., Fernández, L., Bermejo, A., Marfili, F., D'Ammassa, C., Baena, E., Domínguez, E., Rodríguez, N. E., Sánchez, L.J. 2021c. "Los puertos imperiales de Roma: investigaciones geoarqueológicas en el muelle este-oeste de Portus", en *Campos, J.M., Bermejo, J. (eds) Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos. L'erna di Bretschneider. Roma*, 583-610.

Canina, L. (1830). *Indicazione delle rovine di Ostia e di Porto e della supposizione dell'intero loro stato delineata in quattro tavole*. Roma

Keay S, Millett M, Paroli L, Strutt K. 2005. *Portus: An Archaeological Survey Of The Portus Of Imperial Rome*. Archaeological Monographs of the British School at Rome 15. London: British School at Rome; 2005.

Lanciani, R. 1868. *Ricerche topografiche sulla città di Porto*, Roma

Lugli, G., Filibeck, G. 1935. *Il Porto di Roma Imperiale e l'agor portuense*. Roma.

Marín, C., Gómez, G., Ruiz, F., Rodríguez-Vidal, J., Gómez, P., Campos, J.M., Sebastiani, R., Bermejo, J., Muñoz, F., González-Regalado, M. L., Abad, M., Izquierdo, T. 2021. "Paleobiología del muelle de la linterna (Portus Roma)", en *Campos, J.M., Bermejo, J. (eds) Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos. L'erna di Bretschneider. Roma*, 635-654.

Mazzini, I., Faranda, C., Giardini, M., Giraudi, C., Sadori, L. 2011. "Late Holocene palaeoenvironmental evolution of the Roman harbour of Portus, Italy", *Paleolimnol.* 46, 243-256.

Muñoz, F., Belaústegui, Z., Gómez, P., Rodríguez, J., Bermejo, J., Campos, J.M., Ruiz, F., Cáceres, L., Marín, M., Gómez, G., Toscano, A., González-Regalado, M.L., Abad, M., Izquierdo, T. 2021. "El rol de la zonación icnológica-ecológica en el muelle de la linterna de Portus", en *Campos, J.M., Bermejo, J. (eds) Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos. L'erna di Bretschneider. Roma*, 611-634.

Panziera, C., Ricci, G., Sebastiani, R., Fiorentino, R. 2016. "Le Terme della lanterna", *Forma Urbis, Portus. Archeologia alle porte di Roma*, Anno XXI, n. 12, 41-43.

Verduchi, P.A. 2004. "Notizie e riflessioni sul porto di Roma". *Le strutture dei porti e degli approdi antichi* (Gallina, A. y Turchetti), II Seminario. Roma-Ostia Antica, 233-246.

3.

Aplicación y desarrollo de métodos y técnicas digitales en el estudio del muelle este-oeste de Portus

A. Bermejo, J. Bermejo

Centro de investigación en patrimonio histórico, cultural y natural. Universidad de Huelva

Resumen

A lo largo de diversas campañas de intervención en el muelle este-oeste de Portus entre los años 2019 y 2021, el grupo de arqueología de la Universidad de Huelva, Urbanitas. Arqueología y Patrimonio, ha desarrollado múltiples labores de análisis y teledetección con nuevas técnicas digitales aplicadas a la arqueología. En este sentido, en el siguiente capítulo se abordan todas las cuestiones metodológicas, así como resultados obtenidos relativos a los procesos de fotogrametría láser combinada y geofísica, la cual ha abarcado desde mediciones mediante tomografía eléctrica vertical hasta detección mediante georradar. Estos trabajos han aportado un nutrido conjunto de datos, que, de forma conjunta con los obtenidos mediante el proceso de excavación, refuerzan el conocimiento que a día de hoy se tiene del muelle este-oeste de Portus en cuanto a técnica edilicia, articulación de infraestructuras y estado de conservación.

Palabras clave

muelle; georradar; fotogrametría; tomografía eléctrica; Portus

Abstract

Throughout various intervention campaigns on the east-west pier of Portus between 2019 and 2021, the archeology group of the University of Huelva, Grupo Urbanitas. Archeology and Heritage, has developed multiple analysis and remote sensing tasks with new digital techniques applied to archaeology. In this sense, the following chapter will address all the methodological issues as well as the results obtained with respect to the combined laser photogrammetry and geophysics processes, which have ranged from detection by vertical electrical tomography to detection by georadar. This work has provided a large set of data, which, together with the results obtained through the excavation process, reinforces our current knowledge of the Portus east-west wharf in terms of building technique, infrastructure articulation and state of conservation.

Keywords

dock; georadar; photogrammetry; electrical tomography; Portus

Introducción: Nuevas tecnologías aplicadas a la investigación arqueológica

El desarrollo e incorporación de nuevos métodos no invasivos para la documentación, análisis e incluso la difusión del patrimonio, está suponiendo, cada vez más, un aporte fundamental de información en el ámbito arqueológico que se complementa con los métodos tradicionales de excavación y prospección superficial. En este sentido, y gracias al avance en las nuevas tecnologías, con microprocesadores y computadoras más rápidas y potentes, hoy en día contamos con una numerosa producción científica relacionada con el uso de estas herramientas (Grangeia y Matías 2004; Caro 2012; Cheli 2012; Ortiz 2013; Berenguer 2014; Charquero 2016; Karina y Arévalo 2014; Magalhães Barredo y Gaspar 2018; Bondsall 2019; Bermejo et al. 2021).

En este sentido, Portus también posee un amplio desarrollo de trabajos arqueológicos orientados desde la perspectiva de los métodos no invasivos, en donde destacan, sobre todo, los trabajos de tomografía eléctrica vertical, barrido magnético de protones libres, georradar y fotogrametría desarrollados por la British School y la Universidad de Southampton (Keay y Kay 2017; 2018; Kay et al. 2019; Keay Kay y Pomar 2021) (Figura 1), a los que han venido a sumarse los trabajos con este tipo de métodos desarrollados en el proyecto sobre el muelle de la linterna por parte de la Universidad de Huelva. Así pues, desde el año 2017, se han empleado diversas técnicas no invasivas como la fotogrametría láser combinada y la geofísica, mediante georradar y relevamientos eléctricos

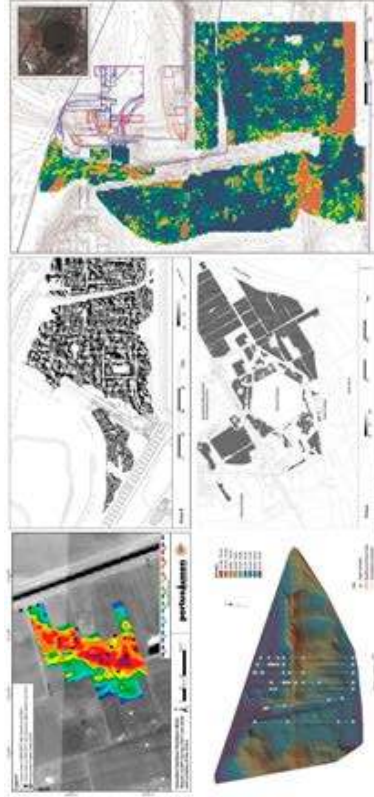


Figura 1. Diversos trabajos no invasivos llevados a cabo en el Parque Arqueológico de Ostia-Antica (a partir de Kay *et al.*, 2014 Figs. 3 y 4).

mediante tomografía eléctrica vertical, trabajos todos estos, incluidos en el marco de un protocolo de investigación firmado entre el Parco Archeologico di Ostia Antica y la Universidad de Huelva, así como en el contexto de los proyectos de investigación del Plan Nacional de I+D+i “Del Atlántico al Tirreno, los puertos atlánticos béticos y lusitanos y su relación comercial con Ostia Antica (DEATLANTIR)” y del Proyecto Arqueológico en el Exterior “Del Atlántico al Tirreno (DEATLANTIR): Investigaciones en las infraestructuras de Portus-Ostia Antica. El muelle de la Lanterna”.

El objetivo principal del empleo de estos métodos estaba orientado a la necesidad de conocer de forma más detallada el estado de conservación de las estructuras, así como obtener nuevos datos con respecto al sistema constructivo que vendrían a sumarse a los aportados por otros métodos, caso de la excavación.

Como consecuencia de la aplicación de estos métodos, la documentación mediante fotogrametría estándar de corto alcance y de láser combinada, se han podido obtener modelos escalados muy precisos, de altísima resolución, de todos los sondeos realizados, todas las estructuras documentadas, así como del propio muelle, lo que permite no sólo un cuerpo de infografía de alta resolución en 2D – 3D, sino un recurso digital en el que poder llevar a cabo procesos de topología y posterior anastilosis virtual mediante los cuales poder comprobar hipótesis iniciales de partida y plantear algunas nuevas.

Fotogrametría láser combinada

La fotogrametría láser combinada radica en la implementación y combinación de varios procesos fotogramétricos estándares de forma conjunta con el escaneo mediante el uso de equipamiento específico para la toma de datos láser masivos en formato nube de puntos. En este sentido, el principal beneficio que se obtiene de realizar este proceso combinado es la obtención de un modelo 3D de la superficie en alta resolución, el cual mantiene unos márgenes de error cercanos al 1-3 mm.

Es por ello por lo que la realización de estos trabajos ha supuesto un punto de partida desde el que analizar y comprender la estructura del así llamado muelle de la linterna, a nivel microespacial, al permitir un análisis con un margen de error mínimo de todos y cada uno de los elementos y unidades constructivas (positivas y negativas) que lo componen.

Estos trabajos se desarrollaron entre las campañas de 2019 y 2020, teniendo como principal objetivo la documentación de toda el área de estudio en extensión, con una superficie de análisis de 707,8 m², la cual comprende la suma total de la superficie escaneada (paramentos, estructuras y suelos) (Figura 2).

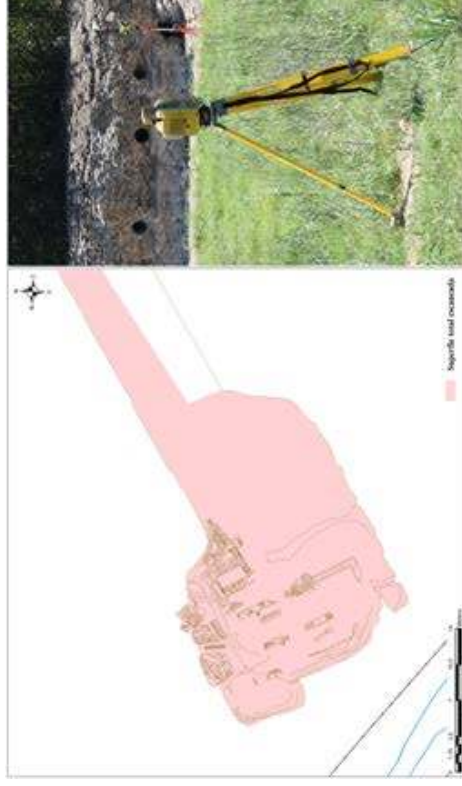


Figura 2. Área analizada mediante sistema fotogramétrico combinado.

En este sentido la fotogrametría convencional se define como un método de levantamiento indirecto que permite medir y registrar coordenadas tridimensionales y producir representaciones muy precisas (gráficas o fotográficas) de todo tipo de objeto, cuya imagen o imágenes puedan ser registradas mediante rayos de luz sobre soportes analógicos o digitales (Cheli, 2012: 25), esta fotogrametría denominada como fotogrametría de alcance corto (*close-range photogrammetry*) presenta múltiples ventajas a la hora de realizar un levantamiento 3D.

Su funcionamiento esta basado en la toma masiva de imágenes del área de estudio de forma consecutiva y lineal, manteniendo una separación constante entre imágenes y un grado de solape u *overlap* igual o superior al 70%. Esta disposición en la toma de datos es la que facilita el calculo de puntos y vectores de dirección en cada imagen y permiten obtener un modelo en tres dimensiones de la superficie en particular (Figura 3). En este sentido, cabe destacar la necesidad de contar con una serie de factores internos y externos que jugarán un papel esencial en el proceso fotogramétrico. Dentro del grupo de factores internos, se encuentran todos aquellos relacionados con el equipo fotográfico que se cuenta (cámara, objetivo, perniga/trípode...etc), mientras que en el grupo de los factores externos contamos con todos los aspectos relacionados con la climatología, presencia de agua o humedad, exceso de vegetación...etc.

Por su parte, el escaneado láser consiste en el empleo de un equipo específico (escáner geodésico) para la toma de millones de puntos con un margen de error milimétrico mediante un barrido parcial o total en 360° de una estructura, elemento, superficie u objeto. Este tipo de toma de datos tiene su fundamento en la teoría del espectro electromagnético que define la emisión o absorción de radiación de una sustancia expresada en frecuencia, términos de energía y longitud de onda. En este sentido la parte visible del espectro electromagnético es la luz, la cual queda definida como una composición de colores donde cada color representa una longitud de onda diferente. En este caso el uso de luz láser para realizar levantamientos 3D, emplea la medición de tiempo en la variante activa (Figura 4), característica definida como un sistema basado en la emisión de radiación controlada que no necesitan de luz ambiental para escanear y le confiere al proceso rapidez y precisión (Blais 2006). Por lo tanto, los escáneres calculan la distancia entre éstos y el objeto en función del tiempo de vuelo que transcurre entre la emisión del pulso láser y la recepción.

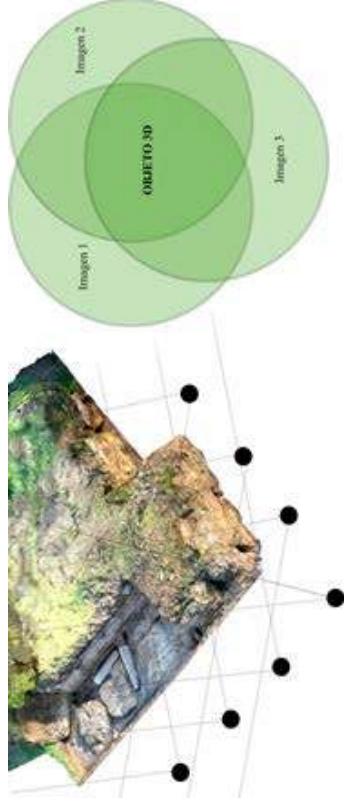


Figura 3. Esquema básico del funcionamiento de la fotogrametría.



Figura 4. Esquema básico sobre el sistema de medida láser.

Estos equipos incorporan un detector de alcance, el cual será el encargado de calcular la distancia a una superficie al controlar el tiempo de regreso (García-Gómez *et al.* 2011).

Teniendo esto presente, se debe considerar una serie de factores a la hora de realizar el escaneado para minimizar el factor error. En primer lugar, tenemos el objeto a documentar, el cual puede suponer la principal fuente de error en lo relativo a su capacidad de reflectancia, la cual irá en función de las propiedades del objeto, el color de la superficie, ángulo de incidencia, rugosidad y temperatura de la superficie (Ingsand y Shulz 2003). En segundo lugar, los factores ambientales, los cuales aglutinan una serie de variables como la temperatura ambiente, la atmósfera, interferencias de luz externas o la distorsión de movimiento, siendo esta última la más difícil de controlar, pues el objetivo principal del trabajo de escaneado es que no haya movimientos relativos entre el objeto y el escáner para evitar vibraciones y ruidos (Reshetlyuk 2006). Así pues, y con el posible margen de error provocado por estos factores ya calculado, la metodología a seguir es relativamente sencilla, utilizando una densidad de malla mas baja que la precisión por punto del escáner para evitar el sobremuestreo y simplificando el ruido, sobre todo a la hora de registrar diferentes nubes de puntos en una sola (Lerma y Bíosca 2008).

Fotogrametría estándar

El planteamiento fotogramétrico estándar llevado a cabo entre las campañas 2019 y 2020, se desarrolló en tres niveles básicos de altura con la finalidad de abarcar de forma uniforme y

completa todas las particularidades de cada paramento y estructuras que conformaba el muelle en su parte final. En este sentido, contamos con una primera secuencia de imágenes que fue tomada a una elevación absoluta del suelo de 0,90m, a la cual se le sumó una segunda secuencia a una altura fija de 1,40m que permitía un solape básico y eficiente en altura, la cual se vio reforzada finalmente con una tercera secuencia de imágenes dispuestas a una altura relativa de 1,90-2m conjuntamente, dichas tomas de imágenes se encontraban separadas linealmente 0,50m las unas de las otras, asegurando así de forma global un solape óptimo en altura y distancia.

A su vez, las sucesivas tomas de imágenes que compusieron estos tres niveles básicos de altura fueron reforzadas con 4 secuencias más de fotografías, así como con imágenes recogidas con un Drone, con alturas y distancias relativas con respecto a la estructura, en función del contorno/superficie de esta. Este aspecto se presentó como un aporte metodológico fundamental al presentar la estructura objeto de estudio múltiples oquedades y grietas las cuales requerían una atención especial a la hora de su documentación.

Seguidamente, fueron tomados una serie de puntos de control mediante el empleo de la estación total, los cuáles se emplearon en la geolocalización del modelo fotogramétrico en sus diversas fases de proceso y postproceso. Este paso permite posicionar y dimensionar de forma correcta el modelo 3D, obteniendo la escala de cada uno de los elementos georreferenciados global y parcialmente.

Finalmente, este nutrido cuerpo de datos fue sometidos a un proceso computarizado. En este sentido, cada vez más, el empleo de varios softwares específicos de forma conjunta está siendo la mejor forma para obtener resultados óptimos en fotogrametría a corto alcance. En este caso en particular, para el procesado y postprocesado de los datos fue necesario el empleo de diversos softwares como *Agisoft Metashape*, *3DF Zephyr-Aerial* y *Pix4D Mapper*. Para lo cual, tras cargar el conjunto de imágenes, los motores de trabajo de estos softwares trabajan en el cálculo de vectores y puntos referenciales, así como en el de colores para realizar tanto el modelo como la texturización fotorealística del mismo, apoyándose en el grado de solape empleado entre una imagen y otra, el cual en este caso rondaba el 80% (Figura 5).

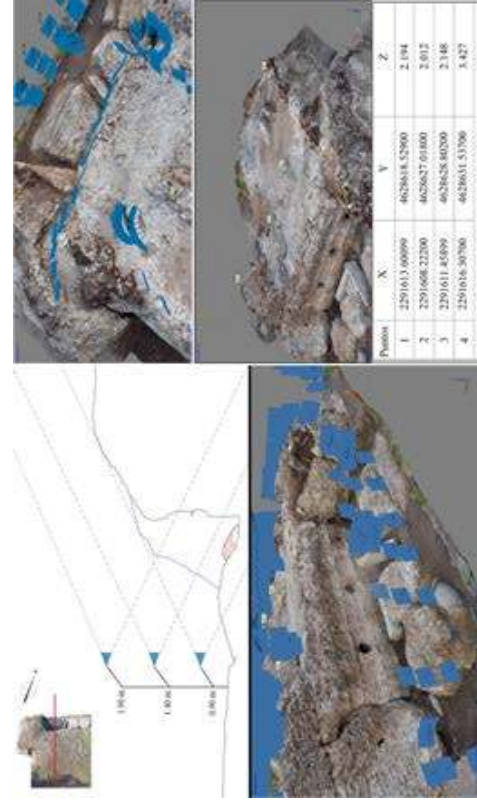


Figura 5. Planteamiento y resultados fotogramétricos de corto alcance en el denominado muelle de la linterna.

Escáner Láser

De forma conjunta con el planteamiento fotogramétrico estándar, se realizó otro mediante el empleo de un láser escáner de pulso (modelo *Topcon GLS-2000-Tipo L*). Las diferencias existentes entre el método estándar y este otro método empleado para realizar fotogrametría, radica en la precisión aportada por el escáner en las nubes de puntos densas. El equipo empleado permite un escaneo con proximidad de puntos que oscilan entre los 3,1 y 6,5mm, lo que permite obtener un modelo digital 3D de alta resolución, alcanzando valores cercanos a ± 1 mm de error, y un alcance (también ajustable) de hasta 500m.

Su funcionamiento en 360° horizontales y 360° verticales permite obtener una nube de puntos densa panorámica, no obstante, debido a las características de la estructura del muelle y su cabeza se hizo preciso plantear dos secuencias de tomas de datos, una en la zona baja y otra en la zona *supra* del molo, alternando escaneos a 6,5 mm y a 3,1 mm los cuales fueron mayoritarios.

Para ello, mediante el empleo de la estación total, se plantearon un total de 22 puntos de escaneo en la zona inferior y 5 en la zona superior. También, debido a la necesidad de la geolocalización de las diferentes nubes densas, se posicionaron un total de 5 puntos de control, complementados con hasta un total de 13 puntos de apoyo y 1 de carácter general para los prismas. Así mismo, para reforzar el posterior proceso de montaje de las nubes densas, se hizo necesario el planteamiento de 4 puntos auxiliares desde los cuales se realizarían escaneos de forma conjunta con algún punto de control. El posicionamiento de todos los puntos, respondieron a la configuración estructural del molo, así como a la necesidad de poseer un ángulo entre el cabezal del escáner y los puntos de apoyo, igual o inferior a 90°, con la idea de optimizar la toma de datos.

Así mismo, al revisar la configuración arquitectónica de la estructura, sobre todo en su zona baja, se consideró pertinente ampliar la toma de datos con una nueva secuencia en los puntos de la zona baja, pero a una altura variable entre los 0,20m y los 0,45m, debido a que se buscó obtener la mayor resolución de nubes concernientes a la estructura interna de la estructura del muelle a través de las negatividades dejadas por el propio sistema constructivo.

Siguiendo este planteamiento se realizaron un total de 51 escaneos, 29 de ellos a una ratio de separación entre puntos de 6,5mm, y 22 a una ratio de 3,1 mm. Para el procesado y postprocesado de datos escáner, fue preciso el trabajo conjunto de tres softwares específicos como MAGNET Collage, JRC 3D Reconstructor 4.0 y 3DF Zephyr Aerial. En ellos se trabajó con las diferentes nubes densas producidas por el escáner, para limpiar el ruido generado por la vegetación, realizar procesos de unión y afinamiento de las diferentes mallas, hasta obtener el resultado final que ofrece el procesado con estos softwares, pudiendo sectorizar las zonas de estudio por estructuras o por frentes de trabajo, e incluso obtener modelos digitales del terreno (MDT) de los mismos (Figura 6).

El principal resultado obtenido con este sistema combinado de toma de datos es un modelo fotogramétrico georreferenciado de alta resolución de todo el sector de la cabeza del muelle intervenido y su correspondiente modelo digital de elevación (Figuras 8-11). Asimismo, la obtención de un modelo digital completo de la estructura nos ha facilitado una fuente de información bastante amplia en lo que respecta al sistema constructivo empleado, en base a una serie de detalles que, a simple vista, por la dificultad del terreno o debido a la dimensión de la estructura, no se pueden apreciar.

Otro de los aspectos más interesantes arrojados por la toma de datos del escaneo láser, es la documentación de las negatividades dejadas por el sistema de encofrado empleado para la construcción del muelle y su cabeza. Gracias a la toma de datos a diferentes alturas, se pudieron georreferenciar la posición, el número exacto y la orientación de un total de 34 negatividades, las cuales en sí mismas

encierran un valioso conjunto de datos que nos permitirá reconstruir prácticamente a la perfección el sistema constructivo empleado (Figura 11).

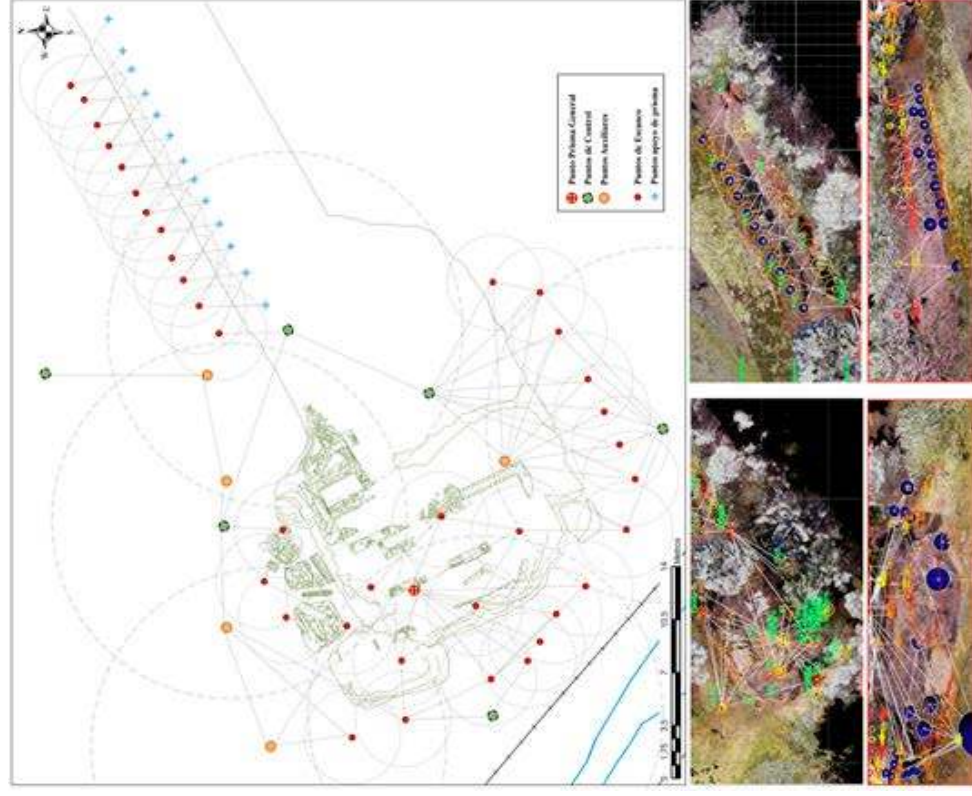


Figura 6. Planteamiento metodológico de escaneo láser de los trabajos realizados entre 2019 y 2020. Visualización previa de los resultados en MAGNET Collage.

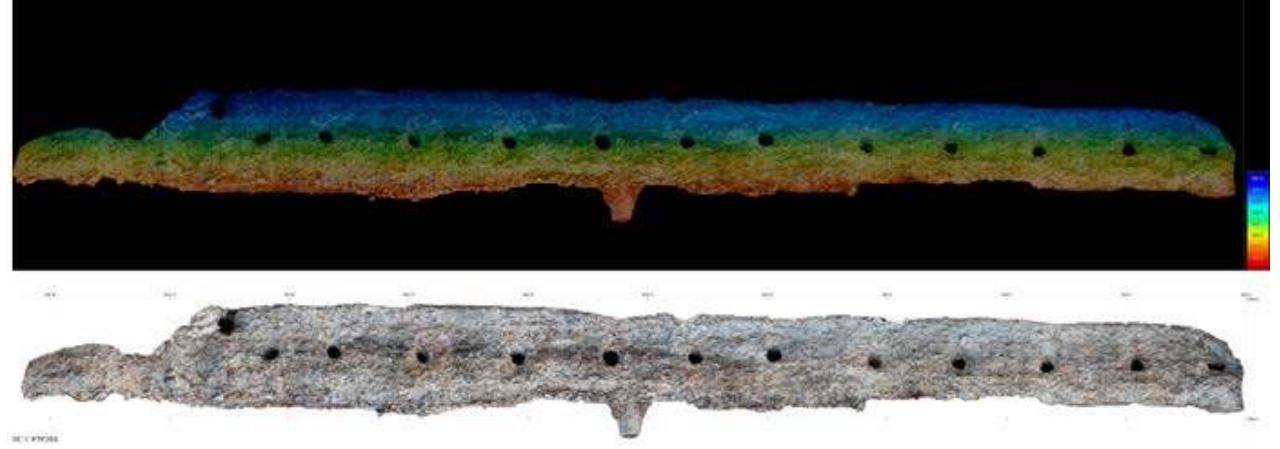


Figura 7. Ortoimagen del tramo final del Muelle de la Linterna en su cara Norte.

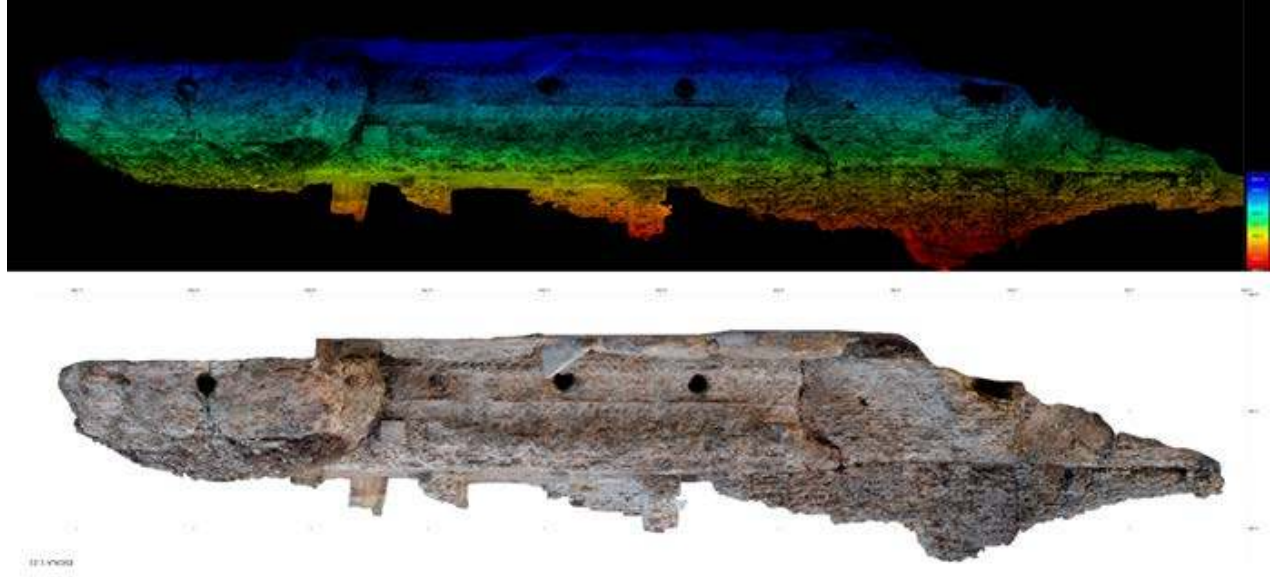


Figura 8. Ortoimagen de la cabeza del Muelle de la Linterna en su cara Norte

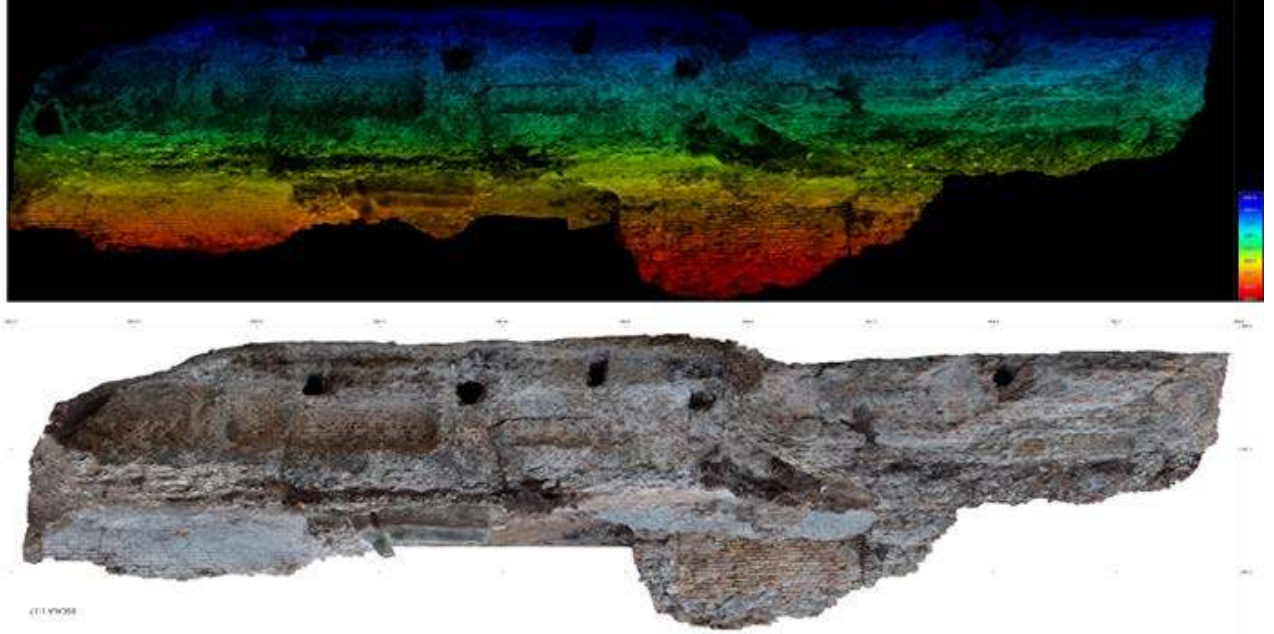


Figura 9. Ortomagen de la cabeza del Muelle de la Linterna en su cara Oeste.

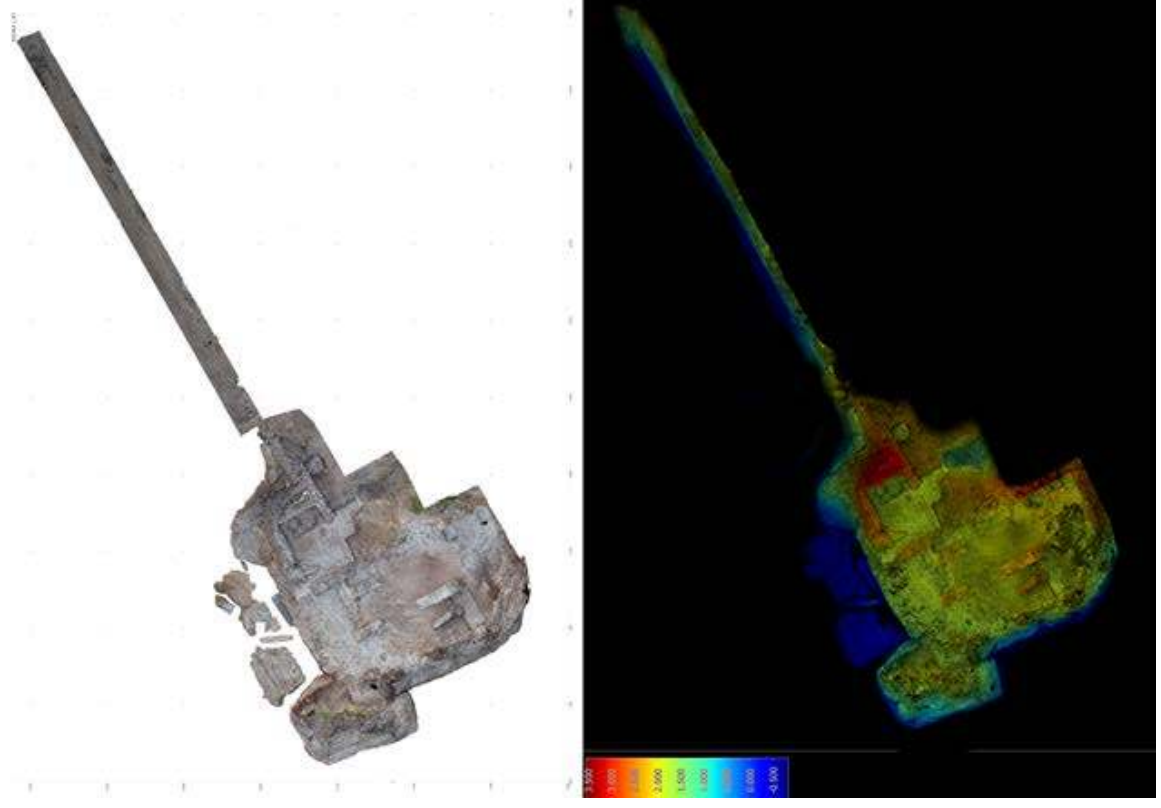


Figura 10. Ortofoto de toda el área escaneada.

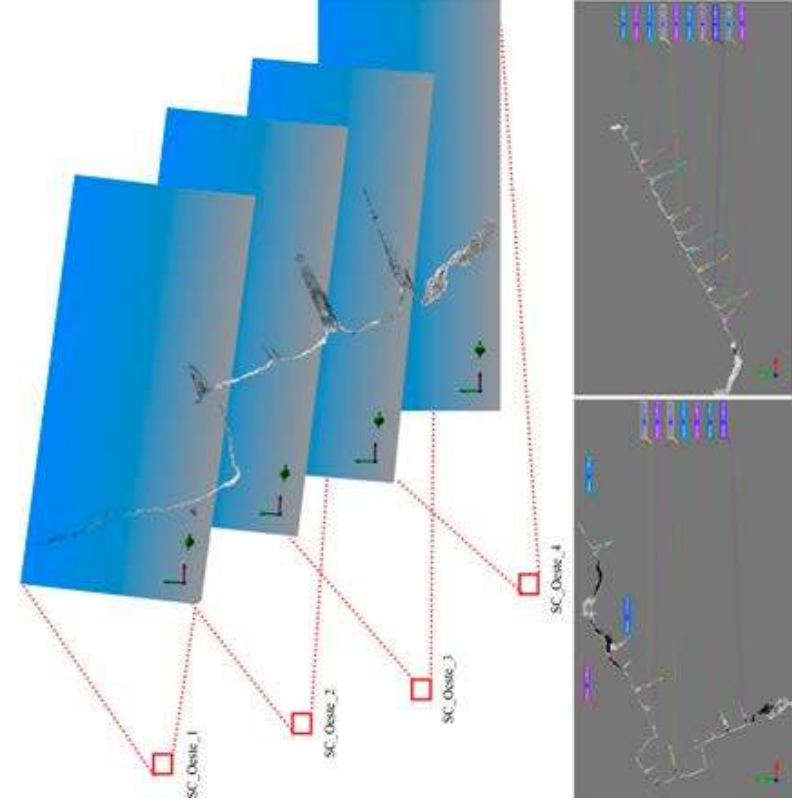


Figura 11. Imágenes de detalle con las medidas de las negativas extraídas (JRC-Reconstructor) en la sección transversal del muelle y la cabeza.

Métodos no invasivos: Georradar y Tomografía Eléctrica Vertical

Georradar

El georradar es un método de prospección geofísica cuya base radica en el empleo de ondas electromagnéticas las cuales son emitidas y recibidas por una antena de determinada frecuencia, y en su tiempo de viaje muestran determinadas anomalías magnéticas asociadas al subsuelo. Su aplicación en la arqueología permite la caracterización del subsuelo de forma no invasiva, lo que se configura como una herramienta muy útil para la identificación de estructuras enterradas y la delimitación de sectores de mayor interés a excavar.

De forma más específica, el método de georradar se basa en la emisión de ondas electromagnéticas de alta frecuencia hacia el suelo para que, de existir estructuras arqueológicas, (muros, cimientos o piedras sueltas), puedan reflejar una parte de la energía de las ondas. Por medio de una antena se registra la parte reflejada de las ondas, por lo que su amplitud y su tiempo transitorio resultan en la información sobre posibles estructuras en el suelo. La profundidad máxima y la nitidez de

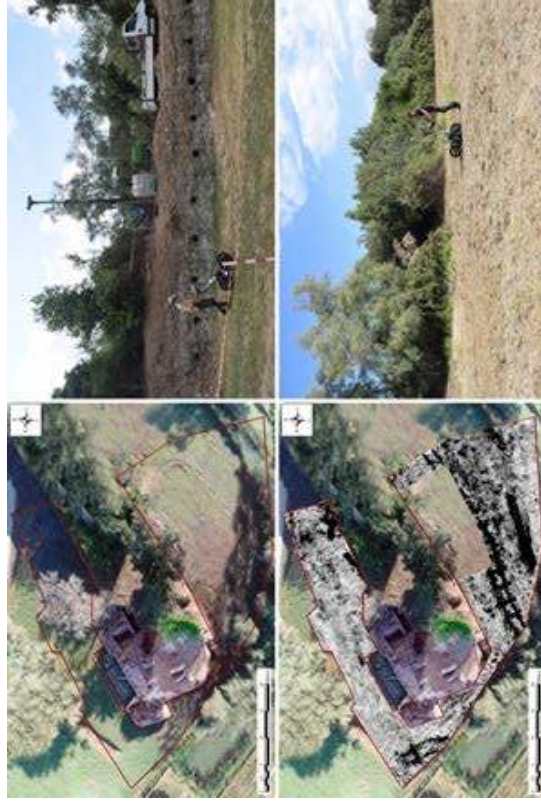


Figura 12. Área prospectada mediante trabajos de georradar y resultados preliminares.

las estructuras localizadas dependen mucho de los materiales y de la estructura/composición del suelo, por lo que generalmente la profundidad máxima es más grande en suelos arenosos en comparación con suelos ricos en arcilla. Además, la frecuencia de la antena genera una relación inversamente proporcional entre profundidad/resolución, es decir, frecuencias bajas (50 hasta 250 MHz, aproximadamente) permiten la penetración de 2 hasta 10 m de profundidad, pero se empobrece la resolución lateral, mientras que, por el contrario, antenas de alta frecuencia (400 MHz hasta 2 GHz) alcanzan una profundidad máxima de 2-5 m con una resolución lateral mejorada.

Asimismo, hay que tener en cuenta que las condiciones de la propagación de las ondas electromagnéticas dependen de las características eléctricas y magnéticas del suelo. Un parámetro clave es el contenido de agua del suelo, pues el líquido elemento tiene una permisividad o constante dieléctrica (ϵ) muy alta que causa un amortiguamiento fuerte de las ondas (más aún si es salada). Por este motivo suelos secos ofrecen mejores condiciones para mediciones de georradar en comparación con suelos saturados. Un segundo efecto importante tiene su origen en la presencia de minerales arcillosos. En suelos ricos en arcillas se observa una penetración escasa de las ondas electromagnéticas. Este efecto tiene su base en la existencia de agua cristalizada ligada en la estructura interna los minerales de arcilla.

La prospección georradar en el entorno del muelle Este-Oeste de Portus se realizó durante la campaña de 2021, mediante el empleo de un sistema de georradar MALÁ con receptor de fibra óptica modelo ProExplorer. Este equipamiento fue empleado de forma alterna con dos antenas de distinta frecuencia (500 MHz -250 MHz) integradas en un sistema de tracción manual tipo Rover que cuenta con un *encoder* integrado que recibe coordenadas de posicionamiento mediante RTK-GNNS Topcon modelo Hiper HR. En este sentido se prospectaron un total de 1265 m² (0,12 ha) abarcando los sectores Norte-Oeste y Sur del muelle mediante pasadas longitudinales que formaban un grillado cuya finalidad es obtener un radargrama más denso y tupido con mayor presencia de conexión de datos entre anomalías (Figura 12).

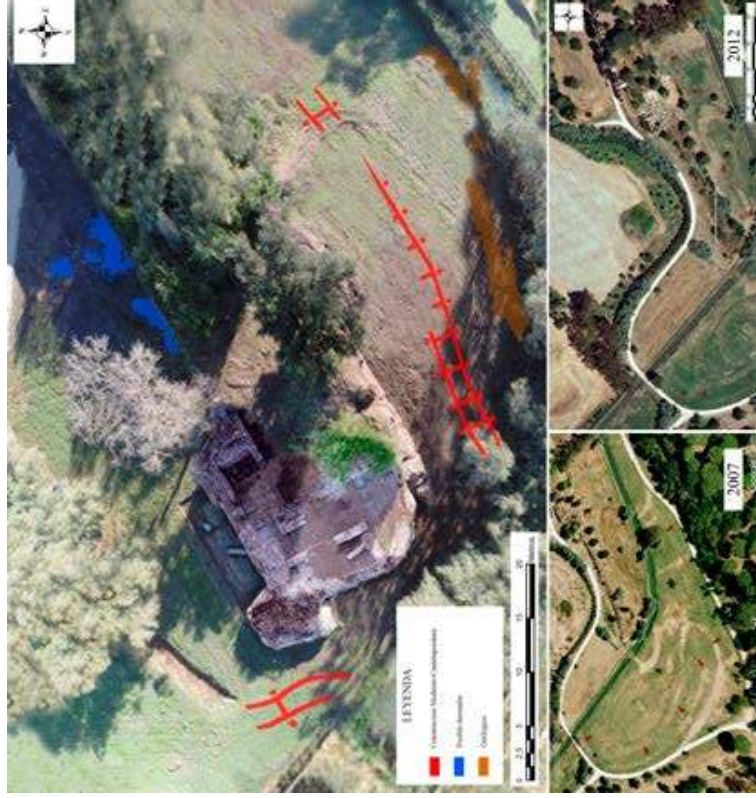


Figura 13. Interpretación de los resultados obtenidos mediante georradar. Imágenes satelitales con indicación de los *crop-marks* provocados por la valla del Zoo-Safari.

La alta resistencia aportada por el sustrato geológico del entorno inmediato del muelle, vino determinado por la presencia de niveles arcillosos y una tasa elevada de presencia de agua, lo que se tradujo en una dispersión de onda corta muy amortiguada que complejizó el postproceso y limitó el resultado de los datos brutos obtenidos durante estos trabajos. Aun así, el proceso de los mismos a través del software específico *Reflex2D-3D*, permitió definir un conjunto de anomalías entre profundidades variables de -5 cm y -2 m cuya interpretación nos permitió constatar la presencia de diversos elementos constructivos moderno-contemporáneos relacionado con los sistemas de seguridad del parque zoológico ubicado aquí en la segunda mitad del siglo XX y posibles derrumbes de la estructura principal, así como la presencia de algunas anomalías de naturaleza geológica (Figura 13).

Tomografía Eléctrica Vertical

La determinación y cálculo de resistividad real en el sistema 1D, 2D y 3D, se basa en una serie de algoritmos de cálculo directo-inverso como resultado de una lectura de resistividad eléctrica en la distribución del subsuelo (Loke y Barker 1996). En este sentido, la resistividad irá determinada

por un conjunto de factores asociados a la composición geológica del área de estudio, en donde los factores de humedad positiva brindan un entorno, a priori favorable, para la lectura de dicha resistividad. Esto es debido a que los suelos húmedos y con alta presencia de agua en el terreno, así como los suelos arcillosos, tiene valores muy bajos de resistividad lo que permite una conducción eléctrica óptima (Keller y Frischknecht 1966).

Teniendo presente las limitaciones propias de la toma de datos 1D, los relevamientos eléctricos en 2D y 3D son las técnicas comerciales más usadas en la práctica, con el desarrollo relativamente reciente de instrumentos de resistividad multielectródos (Griffiths *et al.* 1990) y el *software* de inversión de datos (Loke y Barker 1966). Así pues, y entendiendo el modelo bidireccional (2D) como el más preciso, donde la resistividad cambia tanto en la dirección vertical como en la horizontal a lo largo de la línea de relevamiento (Griffiths y Barker 1993; López *et al.* 2010), la obtención de un modelo tridimensional (3D) de resistividad se obtiene mediante la superposición de varios modelos bidireccionales a través de una metodología de campo específica, el grillado.

Estas mediciones se efectúan de forma generalizada empleando un determinado número de electrodos (240 más) conectados a un cable multi-nodo, el cual permite una distancia interelectródica constante entre los nodos adyacentes. Así mismo, la cantidad de datos que se puede obtener para cada espaciamiento entre electrodos en cada caso, donde el número de electrodos es variable a lo largo de una línea de sondeo, depende del tipo de configuración electrónica o arreglo que se emplee (Wenner, Dipolo-Dipolo, Polo-Polo...etc.).

En este sentido, el grupo de arreglos mas común para la obtención de imágenes de resistividad eléctrica son, *Dipolo-Dipolo*, *Wenner-Schlumberger*, *Gradiente*, *Polo-Polo-Dipolo*, existiendo una serie de características por cada arreglo las cuales deben ser tenidas en cuenta a la hora de realizar la medición, pues en función de la profundidad, la sensibilidad a los cambios horizontales/verticales de la resistividad, así como la cobertura horizontal de datos y la relación de la señal/ruido, determinarán en mayor o menor grado la calidad de los resultados obtenidos.

Así pues, en función de su aplicación al ámbito arqueológico, los arreglos más populares para el sondeo mediante tomografía eléctrica vertical son el *Gradiente* y el *Dipolo-Dipolo* (Griffiths y Turnbull 1985; Griffiths Turnbull y Olayinka 1990; López 2010). Por lo general el arreglo tipo *Gradiente* es más operativo para la resolución de los cambios de resistividad vertical provocados por ejemplo por un cambio en la composición del estrato, pero bastante pobre en la detección de dichos cambios derivados por la presencia de estructuras verticales estrechas. Para resolver esta carencia, el arreglo tipo *Dipolo Dipolo* se presenta como el más eficiente a la hora de detectar cambios horizontales, de modo que es más útil para detectar estructuras verticales como muros enterrados o cavidades. En definitiva, la combinación de ambos arreglos en una misma medición, se configuran como la base principal y más favorable para obtener una lectura veraz y completa de un sondeo arqueológico.

Los trabajos de tomografía eléctrica vertical en *portus* se realizaron en la campaña de 2021, utilizando un instrumento de resistividad tipo *ABEM Terrameter modelo LS2 Advanced*, equipado con 2 cables de multiconexiones nodales de 24 tomas de salida cada uno y 48 puentes multislida. Se realizaron dos conjuntos de recolección de datos en dos modos o arreglos diferentes. *Dipolo-Dipolo* y *Gradiente*, mediante el uso de 6 carriles de 23 m separados por 1 m entre sí (Figura 14). Para la corrección geográfica de los datos se utilizó un GPS Topcon modelo *Hipe HR* y tres softwares específicos *Res3Dinv* y *Voxler V4*.

Como hemos comentado con anterioridad, si el terreno presenta humedad, a priori es más conveniente para obtener mejores resultados, pues dado que la conductividad del agua permite una menor resistividad, cualquier elemento no conductor quedaría bien reflejado en nuestro relevamiento 2D-3D. No obstante, la elevada presencia de agua puede, y en este caso en concreto ha sido así, alterar la lectura de aquellos elementos con alta resistividad, pero de naturaleza porosa

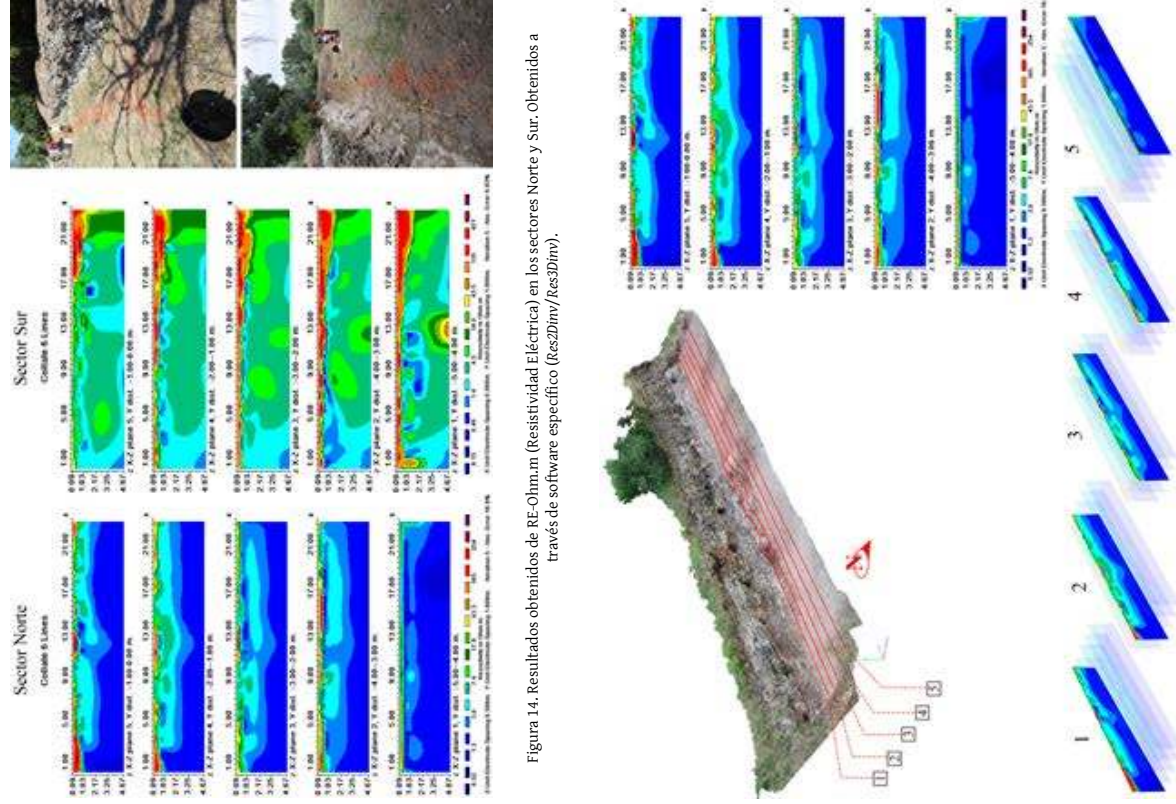


Figura 14. Resultados obtenidos de RE-Ohm.m (Resistividad Eléctrica) en los sectores Norte y Sur. Obtenidos a través de software específico (Res2Dinv/Res3Dinv).

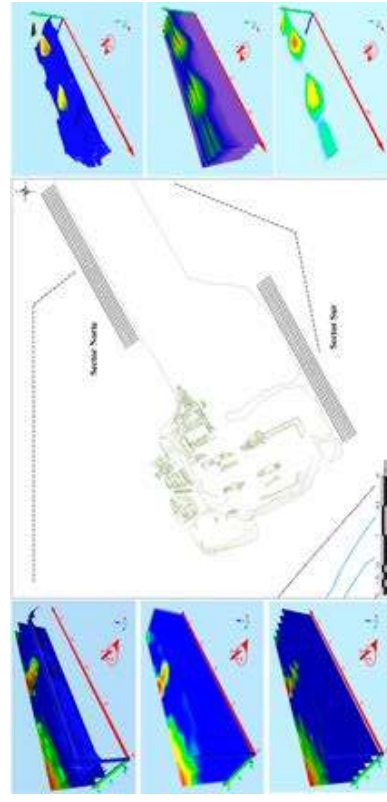


Figura 16. Interpretación tridimensional de los resultados de resistividad (RE-Ohm.m) obtenidos en ambos sectores a través de software específico (Voxler v4).

u orgánica que han absorbido agua. En este sentido los resultados obtenidos en el muelle de la linterna tanto en el sector Sur como en el Norte, únicamente reflejan unos picos elevados de alta resistividad en las capas más superficiales relacionados sin duda con elementos de derrumbe procedentes de la estructura, y de forma conjunta con dichos picos, un corte de conducción leve-moderado, que evidencian un cambio en la resistividad a partir de los -2m aprox que se mantiene constante a lo largo de la lectura, evidenciando la presencia de la plataforma documentada mediante medios mecánicos en la campaña de 2019, la cual refleja en estas lecturas, debido a su configuración compuesta por elementos porosos o dispersos que permiten la captación y el filtrado de agua, una resistividad moderada o leve frente a la resistividad alta o muy alta que debería reflejar si no contuviese agua. (Figuras 15 y 16).

Conclusiones

Los resultados obtenidos en los trabajos no invasivos, tanto la fotogrametría láser combinada como la geofísica con georradar y de tomografía eléctrica vertical, han venido a configurarse como un cuerpo de datos muy significativos en el análisis y comprensión del muelle este-oeste. En primer lugar, la obtención de modelos 3D de alta resolución del cuerpo principal del muelle, así como de sus infraestructuras, ha permitido conocer al detalle elementos de su aparejo que, de forma conjunta con el análisis edílico convencional, corroboran un sistema constructivo caracterizado por el encofrado como solución principal para el alzado del muelle, en una dinámica en donde los vertidos de *cementum* se acoplan longitudinalmente a lo largo de diversas ampliaciones en diferentes fases cronológicas.

Esta dinámica constructiva se ha visto corroborada por los trabajos de excavación, los cuales son abordados detenidamente en los capítulos 4 y 5 de esta monografía. Gracias a estas labores que implicaron la remoción de tierra, se han documentado los restos pertenecientes a la estructura línea que conformaba ese encofrado, y sus diferentes niveles de relleno y de nivelación superior para la construcción y desarrollo en altura del muelle. Un sistema compuesto por una plataforma longitudinal paralela al muelle que ejercía como un corredor desde el que poder desarrollar los trabajos de construcción, la cual, además, ha quedado documentada mediante los trabajos de geofísica tanto por su lado norte (documentado mediante trabajos de excavación) como por su lado sur, evidenciado únicamente mediante dichos trabajos de detección.

Figura 15. Esquema de ubicación e interpolación de los resultados de RE-Ohm.m del sector Norte.

En definitiva, el desarrollo e implementación de estos nuevos métodos y técnicas no invasivas en los trabajos de excavación y documentación del muelle este-oeste han supuesto un punto de apoyo significativo en el avance sobre el conocimiento del mismo. Esto ha permitido contrastar los datos de estas labores con los resultados que se iban obteniendo campaña tras campaña, y aportando en mayor medida, distintos enfoques desde los que abordar su estudio. Asimismo, estos trabajos abren un prometedor camino para futuros proyectos de investigación en esta estructura, la cual aún presenta sugerentes interrogantes por responder.

Bibliografía

- Berenger, F. 2014. Aplicación de técnicas geodésicas y técnicas avanzadas de captura, escáner láser y termografía en el estudio patológico de la estructura y la cimentación en la restauración integral de la Catedral de Santa María de la Asunción de Coria. Tesis doctoral inédita. Universidad de Extremadura.
- Bermejo, J., Bermejo, A., Campos, J.M. y Fernández, L. 2021. Actividad Arqueológica Preventiva de Estudio Diagnóstico, restauración y puesta en valor del Yacimiento del Eucalipital. (PuntaUmbria, Huelva). Memoria de Intervención inédita.
- Blais, F. 2006. Terrestrial Laser Scanning. in *International Summer School, Digital Recording and 3D Modeling*. Aghios Nikolais. Crete. Greece.
- Bonsall, J. (ed.) 2019. *New Global Perspectives on Archeological Prospection*. Oxford.
- Caro, José L. 2012. *Fotogrametría y modelado 3D: un caso práctico para la difusión del patrimonio y su promoción turística*. Madrid MEC, CNREE
- Charquero, A.M. 2016. Práctica de la fotogrametría digital en Arqueología. *Dama* 1: 139-157.
- Cheli, A. E. 2012. *Introducción a la Fotogrametría y su evolución*. Argentina: Hespérides
- Fernandes, A.J., Luiza, A. Gaspar, M. 2018. De Volta ao passado: A Aplicação da fotogrametría para registro arqueológico 3D. *Revista de Arqueologia* 31: 185-207.
- Gangreña, C. y Matías, M. 2004. *Técnicas de georadar em prospección arqueológica: Anção e S. Martinho de Arvore*. Revista Portuguesa de Arqueologia vol. 7, 2: 427-434.
- García-Gómez, I., Fernández, M. y Mesanza, A. 2011. Laser escáner y nubes de puntos. Un horizonte aplicado al análisis arqueológico de edificios. *Arqueología de la arquitectura* 8: 25-44.
- Griffiths, D.H. and Barker, R.D., 1993. Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex geology. *Journal of Applied Geophysics*, 29, 211-226.
- Griffiths, D.H. and Turnbull, J., 1985. A multi-electrode array for resistivity surveying. *First Break* 3 (No. 7), 16-20.
- Griffiths, D.H., Turnbull, J. and Olayinka, A.I., 1990. Two-dimensional resistivity mapping with a computer: controlled array. *First Break* 8, 121-129.
- Ingesand, H., Ryf, A., y Schulz, T. 2003. Performances and experiences in terrestrial scanning. In *Proc. Optical 3D measurement Techniques*. Zurich, Switzerland.
- Kay, S., Pomar, E., Keay, S., Strutt, K., Chapkanski, S., Goiran, J.P. 2019. Integrating geophysical and geoarchaeological surveys for the reconstruction of a Roman Port infrastructure: the Claudian Harbour at Portus. in J. Bonsall (ed.) *New Global Perspectives on Archeological Prospection*: 99-103. Oxford.
- Keay, S., Parcak, S.H. y Strutt, K. 2014. High resolution space and ground-based remote sensing and implications for landscape archaeology: the case from Portus, Italy. *Journal of Archaeological Science*, 52: 277-292.
- Keay, S. Kay, S. y Pomar, E. 2021. The Roman Ports Project fieldwork at Portis (Comune di Fiumicino, Provincia di Roma, Regione Lazio). *Papers of the British School at Rome*, Volume 89: 346 – 349.
- Keay, S. and Kay, S. 2017. The Roman Ports Project. *Papers of the British School at Rome*. 13. 220-225.
- Keay, S. and Kay, S. 2018. The Roman Ports Project. *Papers of the British School at Rome*. 86. 317-320.
- Keller, G.V and Frischknecht, F.C., 1966. *Electrical methods in geophysical prospecting*. Pergamon Press Inc, Oxford.
- Lerma, J.L. y Biosca, J. 2008. Traducción Teoría y práctica del escaneado láser terrestre. Versión 5.
- Loke, M.H. and Barker, R.D., 1996b. Practical techniques for 3D resistivity surveys and data inversion. *Geophysical Prospecting*, 44, 499-523.
- López, A., Loke, H. M., Fantoni, G. O. y Rubí, E. C. 2010. Técnicas prácticas para investigación de resistividad en dos y tres dimensiones (Tomografía Eléctrica 2D y 3D). <http://www.geoelectrical.com/Articulo.pdf> (15/03/2021).

Ortiz, P. 2013. Digitalización automática del patrimonio arqueológico a partir de fotogrametría. *VAR. Volumen 4*, 8: 46-49

Reshetnyuk, Y. 2006. *Investigation and calibration of pulse time-of-flight terrestrial laser scanner*. Royal Institute of Technology (KTH) Department of Transport and Economics.

Rincón, I. K. Arévalo, B. 2014. Modelado de objetos arqueológicos: Una propuesta usando fotogrametría digital. *Ingeniería Ufpso Vol 7: 143-149*

4.

Considerando la construcción de Portus: la excavación del muelle de la linterna, nuevas aportaciones arquitectónicas y cronológicas

J.M. Campos¹, J. Bermejo¹, L. Fernández¹, A. Bermejo¹,
R. Sebastiani², C. D'Ammassa³

¹ Centro de Investigación en Patrimonio Histórico, Cultural y Natural, Universidad de Huelva.

² Soprintendenza Speciale Archeologia Belle Arti e Paesaggio di Roma.

³ Universidad de Huelva.

Resumen

El siguiente capítulo recoge los resultados de las actividades arqueológicas desarrolladas en el muelle este-oeste de Portus entre los años 2017 y 2021. Este muelle presenta a día de hoy un magnífico estado de conservación, si se le compara con otros de similares características. Los trabajos que se vienen realizando han permitido un mayor y mejor conocimiento de la estructura al poner de relieve interesantes y numerosos datos relativos a su sistema de construcción, cronología, así como diversas fases que fueron complejizando su fisonomía primitiva con el aditamento de ambientes, compartimentaciones, pantalanés, etc. Todo ello ha permitido ofrecer una imagen novedosa para este muelle, que lleva a establecer una cronología, al menos en sus últimos metros, bajointperial, con una importante transformación para momentos tardantiguos. Con todo, la presente investigación plantea nuevos interrogantes que deberán esperar a futuras fases de estudio, ya que apenas se han comenzado a conocer sus particularidades constructivas.

Palabras clave

muelle; encofrado; *caementicium*; severos; Portus

Abstract

The following chapter collects the results of the archaeological activities carried out on the east-west pier of Portus between 2017 and 2021. Today this pier is in a magnificent state of conservation when compared to others with similar characteristics. The works that are being carried out have allowed a greater and more comprehensive knowledge of the structure by highlighting interesting and numerous data related to its construction system, and chronology, as well as the phases that made its primitive appearance more complex with the addition of compartments, pontoons, etc. All of this has made it possible to offer a new picture of this wharf leading to the establishing a chronology, at least for its last meters, of the late imperial period, with an important transformation in Late Antiquity. However, this research raises new questions that will have to wait for future phases of study, since the specifics of its construction have barely begun to be known.

Keywords

dock; formwork; *caementicium*; Severan dynasty; Portus

Introducción

La dársena del puerto de Claudio se encontraba protegida por dos grandes muelles rectilíneos dispuestos respectivamente en dirección norte-sur y este-oeste que definen los lados occidentales y septentrionales del canal de embocadura al puerto hexagonal de Trajano (Figura 1). De aquellos dos, el muelle este-oeste presenta unas medidas 150 metros de longitud por 8 de ancho, con puntos en los que alcanza hasta los 11 m, con numerosas edificaciones y estructuras sobre su parte superior correspondientes a numerosas fases edilicias que, de manera diacrónica, se suceden desde época fundacional hasta los momentos de abandono de la estructura en los albores del medievo (Figura 2).

En la base de este muelle se aprecian interesantes elementos constructivos correspondientes a sus sistemas de cimentación, igualmente, en la zona superior del extremo occidental del mismo, las investigaciones de inicios del s. XX plantearon la existencia de un faro o *lanterna*, siendo a partir de



Figura 1. Indicación de la ubicación del muelle este-oeste en el área arqueológica de Portus, actualmente y en época antigua.



Figura 2. Estructuras en la zona superior del muelle.

estos momentos conocido con ese sobrenombre (Ugli y Filibeck, 1935, 81). En teoría este muelle y su faro formaban parte del sistema de circulación interna de *Portus*, especialmente indicaba la entrada a la dársena hexagonal. Además, en el contexto de nuestras investigaciones se ha puesto de relieve que esta estructura protegía del proceso de colmatación el área más interna de *Portus*, donde se encontraban los denominados *grandi magazzini di Traiano*, el canal de acceso a la dársena interna y al *canale trasverso di collegamento*.

En síntesis, se trata de un muelle interno en sentido este-oeste el cual permitía la entrada y salida de las embarcaciones desde la dársena exterior del puerto de Claudio hacia la hexagonal de Trajano. Desde el punto de vista arquitectónico-arqueológico esta estructura posea un grado de conocimiento menor en el contexto de las más recientes investigaciones del área arqueológica. Desde el año 2017, fecha en la que se iniciaron los trabajos de investigación de manera ininterrumpida hasta el presente, el conocimiento sobre este muelle ha visto un crecimiento exponencial. En efecto, la realización de un conjunto de actividades, excavación, prospección geofísica, estudios geomorfológicos, paleoambientales, etc. (algunos expuestos en capítulos precedentes) ha permitido la obtención de un importante conjunto de datos de variada naturaleza, que han posibilitado una primera aproximación del muelle, al menos en los últimos treinta metros.

El punto de partida se encuentra en la intervención realizada en el sector norte del extremo final del muelle. En dicha campaña se realizó una limpieza superficial y un sondeo que supuso el primer acercamiento a la configuración de la estructura. Los datos obtenidos se verían implementados con aquellos obtenidos en la intervención realizada la campaña siguiente, 2018, al actuar sobre el sector oeste del muelle y obtener un valioso conjunto de datos sobre los procesos posicionales y colmatación de las inmediaciones del mismo. Estas actividades seguirán con la campaña de 2019, anualidad en la que se decidió excavar en la parte superior y ofreció por vez primera una imagen nítida de los niveles de uso y ocupación. La zona superior presentó un esquema y distribución arquitectónicos muy complejos, al documentarse numerosas fases edilicias que, de manera diacrónica, se superponían las unas a las otras. A la luz de los datos obtenidos, la anualidad de 2020 continuó con la intención de proseguir, por un lado, con la limpieza y análisis de la vertiente sur del muelle y, por otro, con la realización de una excavación en la norte, con el objetivo de conocer su sistema constructivo en cimentación, así como la cronología de su fundación. Finalmente, el quinquenio investigador se completó en la campaña de 2021 con el desarrollo de una prospección geofísica en todo el entorno del extremo final del muelle, lo que ofreció interesantes anomalías relacionadas con la cimentación del mismo.

De manera paralela, en todas las campañas se implementó un programa destinado a la obtención del escaneado láser del muelle, para ello cada anualidad comportó el estudio arqueoarquitectónico de una zona del mismo, su documentación gráfica y, finalmente, su planta y alzado fotogramétrico. Sin lugar a dudas, esta documentación supone un importante valor añadido para la investigación de la estructura, al obtener un modelo tridimensional con una altísima precisión y resolución.

Metodología

Por cuanto respecta a la metodología seguida durante las actividades, esta ha comportado diversas técnicas y tareas, desde el proceso de registro en campo, pasando por la obtención de muestras y la realización de analíticas, entre otras. Desde el primer momento la matriz metodológica contó con la participación conjunta de diversos especialistas, por ello que, en la concepción de nuestras investigaciones, se ha contado con una aproximación multi e interdisciplinar, al presentar un estudio con metodologías imbricadas entre distintas especialidades y campos de conocimiento, arqueólogos, geólogos, geofísicos, paleontólogos, paleobotánicos y restauradores. La presente monografía recoge de manera detallada, a través de diversos capítulos, el resultado de las mismas.

a) Metodología excavación-registro

En relación con la metodología de excavación-registro empleada se han seguido los criterios estratigráficos asentados dentro de la comunidad científica, partiendo de los presupuestos universales de los sistemas de registro Barker (1977), Harris (1991) y Carandini (1984); en vigor en la Comunidad Europea en la actualidad, cuya materialidad radica en la excavación de los estratos, denominándolos en este caso Unidades Estratigráficas (UE), en orden inverso a su formación/ deposición, y estableciendo sus relaciones a través de diagramas y matrices con otros elementos inmuebles o acciones detectables a partir de la excavación arqueológica (*interface*). El sistema de registro arqueológico de campo utilizado se basa por tanto en los conceptos harrisianos, la definición de Unidades Estratigráficas durante el trabajo de campo, estableciendo de tal manera las relaciones de cronología relativa entre ellas (superposición, contacto, corte, etc.). La ordenación cronológica precisa de las mismas se ejecuta en un momento posterior mediante el análisis de los restos de cultura material aparecidos en el interior de cada UE (horizontes muebles), independientemente de que esta sea sedimentaria, negativa (=acción o *interface*) o constructiva (=UC), dotando al final a cada agrupación cronológico-cultural significativa, denominada Período o Fase, de unas precisiones formales bien establecidas. La retirada de las unidades estratigráficas en toda esta amplia superficie se realizó siguiendo su estructura deposicional, respetando las capas naturales o antrópicas, realizándose la excavación por medios manuales a partir de pequeñas cavas de unos 10 cm de profundidad que permitiesen registrar adecuadamente la extensión de dichas unidades y su contenido material.

La información generada por la excavación y documentación de las diversas unidades arqueológicas sedimentarias o constructivas fue volcada durante los trabajos de campo en fichas normalizadas, adaptadas a los condicionantes metodológicos antes enunciados, que permiten una sistematización básica de las informaciones aportadas por el proceso de investigación de campo. En este sentido, nuestros presupuestos metodológicos hacen que las fichas de excavación y de registro sean los elementos de trabajo cotidiano durante el trabajo de campo. El formato de aquellas responde en general a una adaptación de criterios universales planteados para la excavación del yacimiento francés de *Lattara* (Lattes, Francia) (Py y Adroher, 1991), cuya metodología de trabajo el grupo de investigación lleva años aplicando en los diversos proyectos nacionales e internacionales en los que se encuentra inmerso. Dicho sistema de registro permite por tanto la obtención del mayor porcentaje de información durante el proceso de excavación, así como un ágil inventariado y procesado preliminar de los restos de la cultura material aparecidos (Figura 3).

De manera conjunta, durante el proceso de excavación se contó con la presencia de especialistas en restauración y conservación de bienes, los cuales supervisaron las extracciones del material hallado, controlando y previendo las posibles causas de deterioro en el momento de la exhumación, así como el análisis de las afecciones de los conjuntos estructurales del muelle y los restos edilicios de su parte superior. Finalmente, la actividad desarrollada comportaba la actuación en materia de consolidación y restauración de todos los paramentos que habían sido desbrozados, limpiados y excavados, ofreciendo al órgano de dirección y gestión del Parco Archeologico di Ostia Antica, un programa anual de mantenimiento ante afecciones.

Por otro lado, el análisis paramental o constructivo, siempre estuvo fundamentado en el método estratigráfico Harris (1991), aplicado al estudio de los elementos arquitectónicos correspondientes a los conjuntos estructurales pluriestratificados, pudiendo encontrar tanto unidades constructivas positivas como negativas, considerando que a diferencia de la formación de los estratos del subsuelo—donde actúan agentes naturales y humanos—un edificio es producto exclusivamente de la acción humana (Caballero, 1987, 30). Este análisis igualmente estuvo apoyado por la realización de una serie de fichas normalizadas, anteriormente probadas en otros yacimientos y elementos constructivos (Figura 4).

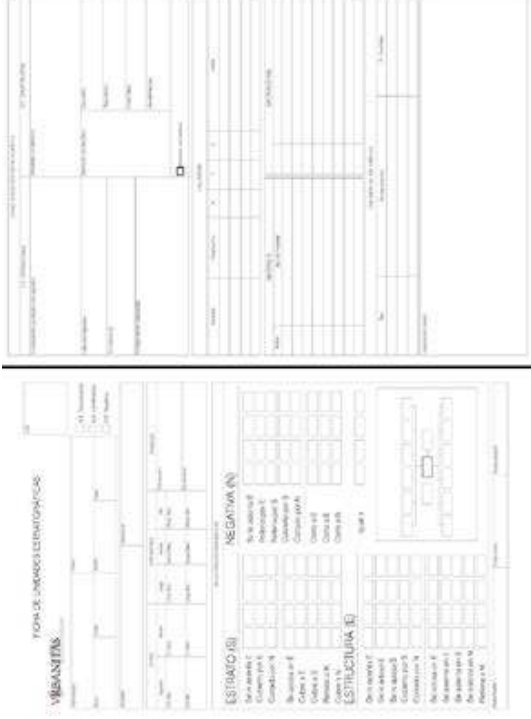


Figura 3. Ejemplo de ficha de las Unidades Estratigráficas.

En línea con lo anterior, debemos tener presente que la arqueoarquitectura ha evolucionado hasta el punto de que actualmente se encuentra plenamente incorporada en los planes de estudio de arquitectura, arqueología, restauración, etc., y es hoy en día un método totalmente consolidado (Carandini 1984; Caballero 1987; 1996; Harris 1991; 2003; Parenti 2003; Tabales 1997; Tosco 2003; Giannichedda 2004; D'Ulizia 2005; Lagomarsino y Boato 2010; Giannichedda, 2016). Gran parte de esta evolución se debe a los estudios realizados en el ámbito de la arqueología medieval por el estado de conservación de gran parte de sus construcciones que han dado pie a identificar las limitaciones del trabajo original de Harris y han tratado de dar solución a los problemas derivados de la extrapolación de su metodología a las estructuras en pie (Harvey 1997; Parenti 2003; Mañana, Blanco-Roeta y Ayán 2002; Bogriolo y Cagnana, 2012; Hester, Shafer y Feder, 2016).

b) Metodologías y técnicas del campo de las ciencias experimentales: Análisis polínicos, paleontológico, de macrorestos y petrologicos.

Análisis polínico

El muestreo se ha llevado a cabo en diferentes zonas de las columnas sedimentarias extraídas mediante perforación. Previo al muestreo y con la ayuda del equipo responsable de la excavación, se seleccionaron las unidades e interfaces de mayor interés, teniendo en cuenta las características del estrato arqueológico y la conformación de la ensenada. Habida cuenta del proceso de extracción, a través de sondeos rotatorios y su traslado a laboratorio, las muestras fueron tomadas en dicho ambiente, siendo tratadas por el método químico clásico para yacimientos arqueológicos con concentración polínica mediante flotación en licor denso de Thoullet, adaptando las modificaciones expuestas por Goeury y de Beaulieu (1979). La cantidad de sedimento utilizado inicialmente ha sido de 30gr por muestra. El polen extraído fue finalmente montado en preparaciones microscópicas de tipo móvil.

Análisis paleontológico

Los análisis dentro de este campo han estado centrados en el estudio icnológico de determinadas zonas del muelle, con la intención de determinar las interacciones entre los seres vivos y el sustrato, enfatizando el modo en que los animales y plantas, a partir de uno o varios tipos de comportamientos, dejan un registro de tal actividad, ya sea a través de bioturbación o bioerosión (Buatois y Mángano 2011). Para el caso del muelle se establecieron determinadas zonas de especial interés, las cuales fueron testeadas y muestreadas de cara a la restitución de los diversos episodios de vida del muelle y el paleoambiente circundante. El estudio de las estructuras tanto de bioturbación como de bioerosión han aportado interesantes datos para la comprensión del muelle y sus distintas fases evolutivas (Muñiz et al. 2020).

Análisis de macrorestos

La identificación de especies vegetales realizada a partir del análisis paleobotánico de los macrorestos (maderas, carbones, frutos, semillas) ha supuesto una aportación esencial en nuestras investigaciones. Las implicaciones culturales que de ello se han derivado, surgen de la interpretación de dichos resultados a la luz de la información cultural generada en el sitio. La disposición de muestras presenta tres modelos básicos: las muestras identificables a simple vista, las muestras dispuestas en contextos abiertos, y las muestras dispuestas en contextos cerrados. En los dos últimos casos, es necesario determinar el procedimiento de recuperación de muestras. En el área del muelle se han empleado, como viene siendo habitual hasta ahora, los dos métodos clásicos: el de flotación, y el de tamizado en seco. Para ello se recogieron la totalidad de las muestras observables a simple vista, incluyendo agregados terrosos con previsible abección por fuego, que pudieran contener carbones en su interior. En relación a los contextos abiertos se tomaron aquellas muestras que los procesos de recuperación ofrecieron al tratar sistemáticamente las distintas unidades sedimentarias. En cuanto a los contextos cerrados, se recogió la totalidad del

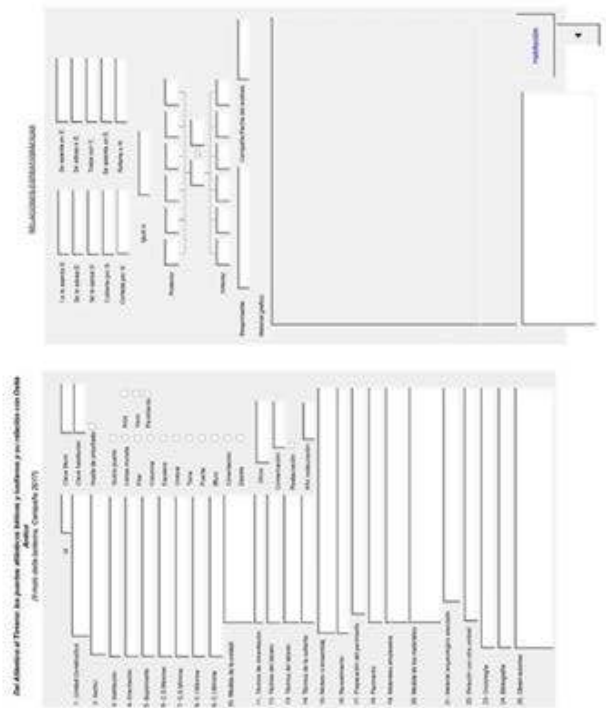


Figura 4. Ejemplo de ficha de las Unidades Constructivas.

contenido o sedimento interior, que ha sido convenientemente procesado para extraer la totalidad de muestras insertas en ellos. Este tipo de información tiene un altísimo valor cultural, pues se trata de muestras asociadas a contextos muy específicos, de funcionalidad clara y, por tanto, de alta potencialidad interpretativa, caso de las maderas empleadas en la cimentación del muelle.

El análisis paleobotánico propiamente dicho se realizó, por tanto, con muestras limpias, acondicionadas, y seleccionadas por sus características físicas para asegurar identificaciones positivas, entendiendo como tales a aquellas que permitieron alcanzar, como mínimo el rango taxonómico de familia.

Análisis petrográfico y caracterización mineralógica de muestras pétreas y de caementa

De cara a la realización de análisis petrográficos y mineralógicos se tomaron determinadas muestras representativas de diversas muestras pétreas recuperadas en los testigos obtenidos mediante sondeos rotatorios realizados en el cuerpo del muelle. Para dichos análisis se tomaron entre 15-20 gr. de muestra. De las mismas se realizaron diversas preparaciones, láminas delgadas, tacos pulidos, con procesos de tinción distintos. Este proceso vino continuado con la realización de la caracterización mineralógica-petrográfica mediante el uso de lupa binocular, empleo de DRX y microscopía electrónica de barrido. Las muestras analizadas han sido extraídas de diversas zonas de la cimentación del muelle y a variada profundidad, con la intención de testear tanto el material volcánico empleado como árido en la elaboración del cemento, así como muestras del material resultante del proceso físico-químico que da lugar al propio *caementum*. Actualmente, los estudios petrográficos se encuentran en proceso, de lo que suponen una aportación a futuro en el contexto del proyecto sobre el muelle de la linterna.

Intervenciones en el muelle de la linterna: 2017-2021

El conjunto de todas las intervenciones realizadas en la parte final del muelle y su entorno (Bermejo et al., e.p. a; e.p. b; Bermejo et al. 2021a, 2021b; 2021c; 2023; Bermejo, Campos y Sebastiani e.p.; Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.) han abarcado una superficie de 2500 m2 aproximadamente, divididos en diversos sondeos de excavación a los pies del muelle y en la zona de tránsito, así como una amplia zona de prospección geofísica mediante el empleo de georradar y tomografía eléctrica vertical. A continuación, se detallan las distintas anualidades y sus resultados.

Campaña 2017

La primera campaña de excavación en el muelle este-oeste tuvo como objeto de estudio el área más occidental de la estructura en su sector norte, mediante la realización de una limpieza superficial de la misma, su estudio paramental, así como la realización de un sondeo. Estas actividades supusieron una primera toma de contacto con el muelle, el cual se perfiló con un enorme potencial (Tabla 1).

Cronología	UU.EE. y descripción
Abandono del muelle (<i>Post quem</i> mediados del siglo VI d. C.)	UE 1004 - Depositional castaña con numeroso material constructivo fruto del abandono y amortización del puntal del muelle
Nivel de colmatación de la zona mareal próxima al muelle (<i>Post quem</i> mediados del s. V d.C.)	UE 1012 - Depositional gris rosácea (7,5 YR 6/2), sobre la unidad de destrucción
Niveles de colapso y derrumbe de las estructuras del puntal del muelle (Primera mitad del siglo V d. C.)	UE 1009 - Depositional de tonalidad amarillenta (5Y 7/3), sobre la que se depositaron las columnas y el potente nivel de derrumbe de las paredes del muelle UE 1017 - Depositional con importante cantidad de material constructivo (entre ellos una columna)
Niveles de uso del muelle, con línea mareal (<i>Ante quem</i> mediados del s. V d.C.)	UE 1014 - Depositional grisácea-verdosa (Gley 1 5/11) UE 1015 - Depositional castaña-rojiza (5YR 3/4)

Tabla 1. Cuadro cronostratigráfico de la campaña 2017.

Sondeo I

El comienzo de los trabajos de excavación comenzó con la retirada de una primera unidad sedimentaria conformada por los materiales procedentes de la parte superior del muelle (UE 1004). Este nivel sedimentario supone el último momento de cubrición de la pared o frente del muelle, con una matriz de tierra castaña poco compacta, con abundante presencia de fragmentos de material laterítico, tégulas, cubilia, así como numeroso material pétreo. De entre los primeros se constataron diversos sellos latericios de finales del s. II d.C. y comienzos del III (Figura 5).

Seguidamente, bajo la unidad superficial se constató una unidad sedimentaria (UE 1012), con una tonalidad gris rosácea (7.5YR 6/2, código Munsell), con una destacada potencia que comprende entre los 0,16m a los -0,45m (Figura 6).

Los materiales recuperados en la misma venían representados por galbos de cerámica fina, producciones ARSW, de transporte y/o almacenaje, siendo la única pieza identificada un borde de ánfora tipo Keay 55, con una amplia cronología desde el s. IV al VI d.C. (Figura 7) (Keay, 1984; Reynolds, 2003, 575, fig. 4.1.).



Figura 5. Sello laterítico.



Figura 6. Vista general del proceso de excavación del Sondeo I.



Figura 7. Pivote de ánfora
Key 55.

Una vez retirada esta unidad deposicional, inmediatamente debajo, se documentaron diversos elementos arquitectónicos, un conjunto de fragmentos de columnas de diversa factura y tipo de mármol, que revelaban un proceso de colapso y derrumbe procedente de la parte superior del muelle (Figura 8). De éstas, la de mayores dimensiones, ubicada en sentido horizontal este-oeste, conserva 2,15m de largo, por 0,67m de ancho, por 0,30m de altura. La segunda, depositada con un marcado buzamiento en sentido norte-sur, posee 2,10m de largo, por 0,62m de ancho, por 0,28m de altura. Junto a este destacado escenario arquitectónico, son detectadas otras piezas constructivas en piedra en un número considerable (Figura 9). Su característico vaciado central, hace pensar en una funcionalidad de anclaje o entalle de diversos elementos constructivos. Asociada a una de ella se documentó una fosa de expolio, de época medieval a tenor del escasísimo material documentado.

A medida que se retiraba la deposicional que cubría los materiales arquitectónicos enumerados, se pudo documentar un estrato generalizado por toda el área con una matriz de coloración amarillenta (5Y 7/3) y consistencia limosa (UE 1009). Esta nueva unidad sedimentaria se apoya en los restos de un potente derrumbe conformado por grandes fragmentos de paredes procedentes del muelle que cayeron a plomo sobre el antiguo lecho a los pies del mismo (Figura 10).



Figura 8. Elementos arquitectónicos ubicados a los pies del muelle.

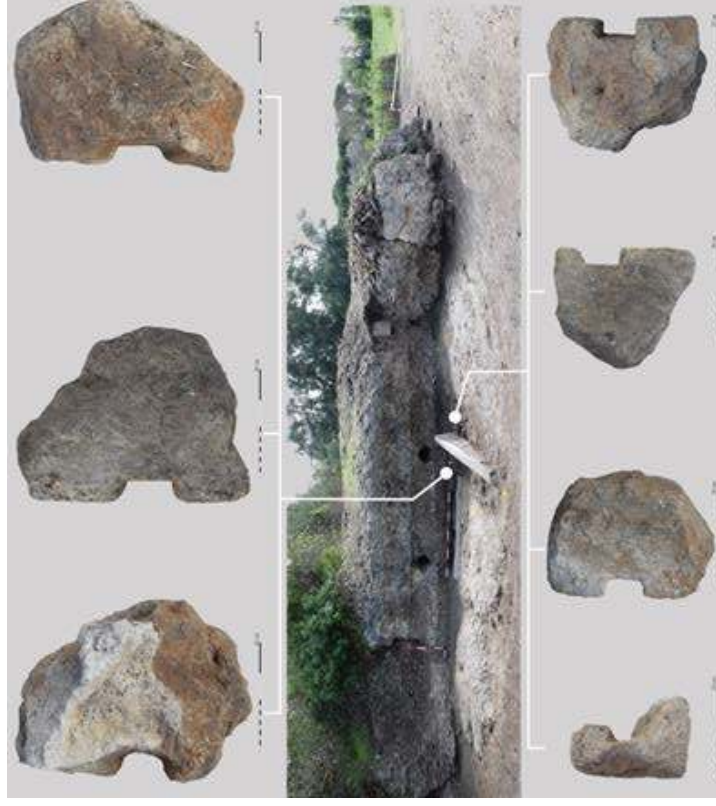


Figura 9. Piezas constructivas realizadas en material pétreo con engaste de sección cuadrangular ubicadas a los pies del muelle.



Figura 10. Derrumbes documentados a los pies del muelle.

La cultura material recuperada de estos niveles ofrece paredes de envases de transporte, jarras, ollas de producción local datadas entre inicios del siglo V y finales del VI (Sagui, Ricci y Romei, 1997, 45, fig. 7; Francovich y Valenti, 1997, 133-134, tav. IIIa, IIIb, IV) junto con una importante presencia de malacofauna, y restos de *teselae* y material marmóreo (Figura 11).



Figura 11. Elementos procedentes de los niveles sedimentarios asociados a los derrumbes.



Figura 12. Fragmento marmóreo de *giaillo antico* con marcas de trabajo.

Debido al interés que mostraba la zona intermedia entre los derrumbes y la base del muelle, se decidieron concentrar los esfuerzos en esa zona. De tal forma al profundizar en la excavación se puso al descubierto una nueva unidad sedimentaria (UE 1017). Asociada a esta unidad se documentó un nuevo fragmento de columna, con una importante bioerosión. A diferencia de otras unidades, las evidencias materiales son bastante reducidas, concretamente sólo se pudieron recuperar dos piezas de mármol; una placa con muestras de bioalteración, y un fragmento trabajado de *giaillo antico* (Figura 12).

Finalmente, y como cierre de la actividad, se decidió profundizar en el registro en el ángulo suroccidental del corte, tomando como límites el final de una de las columnas y la estructura del propio muelle. En este rebaje se documenta un nuevo episodio sedimentario (UE 1014), con unas cotas de excavación que oscilan entre los -0,56m y los -0,74m, sin llegar a agotarlo. Su matriz se define como arcillosa de tonalidad gris verdosa (Gley 1 5/11), con una destacada concentración calcárea. Entre los restos materiales recuperados se encuentra un nuevo ejemplar de columna de dimensiones mucho más reducidas, concretamente de 0,60m de longitud por 0,50m de ancho, de la cual no se ha podido determinar su altura por no haberse excavado. Incluido en su matriz se encuentra un importante conjunto de paredes de cerámica de mesa de pastas naranjas, así como algunos amorfos pertenecientes a grandes contenedores para el transporte y/o almacenaje, de los que sólo se puede identificar un borde de ánfora africana Key 25C (Figura 13) (Moliner, Bien y Bonifay, 2007, 276, fig. 6.7.; Piton, 2007, 288, fig. 2, 12-14; Remolà, 2000, 131, fig. 28.1-4), aportando una cronología para el episodio que abarca desde inicios del siglo IV d. C. hasta la primera mitad del V d.C. Junto a ellos se encuentra un fragmento de mármol y dos pequeñas teselas.

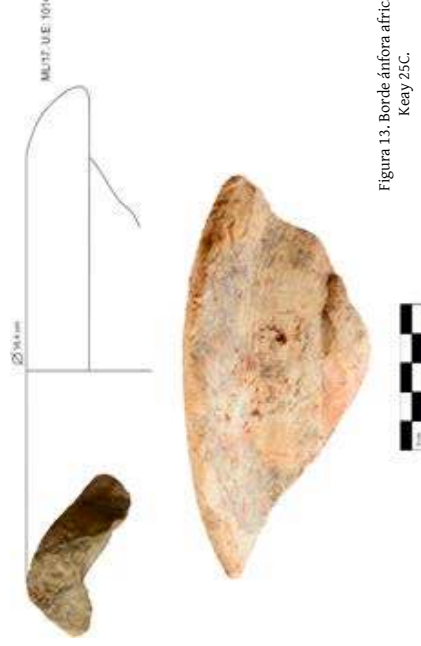


Figura 13. Borde ánfora africana Key 25C.



Figura 14. Proceso de excavación de la cota realizada en el ángulo suroccidental del Sondage I.

La excavación se cerró con la retirada parcial de la sedimentaria siguiente, de morfología arcillosa, y tonalidad castaña-rojiza como consecuencia del alto grado de descomposición del importante paquete de malacofauna contenido en este episodio (5YR 3/4) (UE 1015). Pese a lo reducido de la muestra de excavación, entre los materiales arqueológicos pudimos documentar numerosas paredes de envases de transporte que no fueron levantados dada las limitaciones temporales de la excavación (Figura 14), salvo un borde de una LRA I (Zanini, 2003, 385, fig. 5; Airó y Rizzi, 2012, fig. 5e) y un fragmento de ARSW en la forma Hayes 73 A (Hayes, 1972, 123), que aportan una cronología comprendida entre finales del siglo IV d.C. al VII d. C. (Figura 15). Junto a ellos aparecen los mismos ejemplares de moluscos vistos para otras unidades.

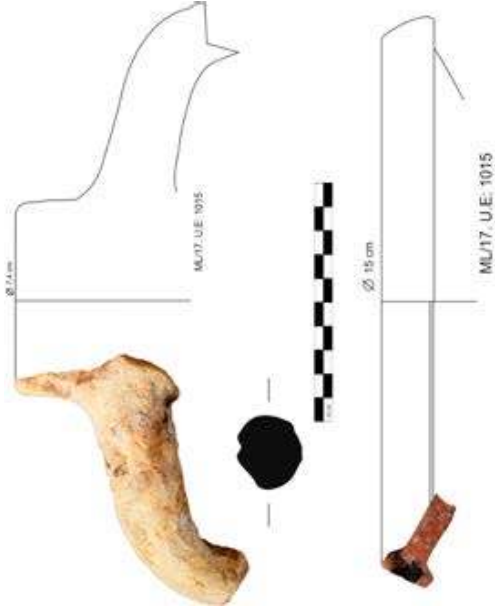


Figura 15. Fragmento de LRA I y borde de ARSW correspondiente a la forma Hayes 73A.

Campaña 2018

La actividad desarrollada en la anualidad de 2018 comportó dos frentes de actuación, por un lado, se prosiguió con las labores de excavación iniciadas en el sondeo I del año anterior y, por otro, se decidió ampliar la zona de exploración al ubicar un nuevo sondeo en el extremo final del muelle, su pared oeste. Esto supuso un mejor conocimiento de la estructura, sus procesos constructivos y posdeposicionales, como recoge su cuadro cronoestratigráfico (Tabla 2).

Cronología	UU.EE. y descripción
Fase V Niveles contemporáneos	Superficial 2000 – Unidad sedimentaria contemporánea 2001 – Unidad sedimentaria contemporánea 2002 – Derrumbe en UU.EE. 2000-2001 2003 – Deposicional bajo UU.EE. 2000-2001
Fase IV Niveles de amortización y abandono (Pest quem primera mitad del s. V d.C.)	2004 – Derrumbe de la parte superior del molo 1015 – Sedimentaria con alta presencia de material cerámico (Sondeo-I) 2005 – Sedimentaria en Sondage II de disposición y coloración similar a UE 1015
Fase III Niveles de colmatación	2006 – Negativa bajo UE 2005 2007 – Sedimentaria que rellena a UE 2006 2008 – Negativa bajo UE 2005 2009 – Sedimentaria bajo UE 2005 que rellena a UE 2008 y se apoya en UE 2013
Fase II Construcción del refuerzo occidental	2012 – Refuerzo occidental 2015 – Cimentación del refuerzo occidental
Fase I Construcción de la cabeza del muelle (Pest quem mediados s. III d.C.)	2011 – Primera tongada de la cabeza del muelle 2010, 2013 – Cimentaciones de la cabeza del muelle 2014 – Nivel sedimentario de paleo-marisma

Tabla 2. Cuadro cronoestratigráfico de la campaña 2018.

Sondeo I

Con la intención de profundizar en los datos que ofreció dicho sondeo en la anterior anualidad, se decidió continuar con la excavación de parte del mismo. Concretamente se realizó una pequeña ampliación hacia el norte, de lo que el sondeo alcanzó una superficie superior a los 30 m² y, además, se profundizó en el registro al seguir rebajando la unidad sedimentaria localizada a los pies del muelle, en su ángulo sureste, la cual ofreció numeroso material cerámico. En este sentido, el proceso de excavación de este nivel sedimentario (UE 1015) aportó un interesante conjunto de fragmentos de ánforas LRA1, LRA2 (Peacock y Williams, 1986; Bonifay y Ville dieu, 1989; Bonifay y Piétri, 1995) y otras tipo Keay 36-A, Almagro 51C (Keay, 1984), así como producciones de ARSW D en su forma 61B de Hayes (Hayes, 1972, 104), fechando estos niveles de amortización en una fecha posterior a mediados del s. V d.C. (Figura 16). De ello se deduce que para estos momentos el nivel mareal se encontraba bastante retirado del muelle, siendo esta zona un espacio de marisma bastante colmatado.

Por cuanto respecta a la ampliación, se procedió a realizar un rebaje generalizado de escasos 10 cm de potencia, en todo el sector ya intervenido en la cara norte del muelle con el objetivo de obtener más datos de los derrumbes constatados en la campaña anterior. Durante esta actividad se documentó una estructura compuesta por una serie de elementos lateríticos alineados en la parte más occidental que probablemente formase parte de éste en origen, pero que parece mostrar una reutilización a modo de rampa o plataforma. Esta idea, del aprovechamiento de un antiguo derrumbe, viene avalada como decimos por la reutilización de material y su disposición de manera intencionada y regularizada conformando una alineación. Como elemento de aprovechamiento se documentó un sello sobre ladrillo que parece corresponderse con una producción fechada entre el 160-169 (Steinby, 1974-75, 70 y ss.) y con la siguiente inscripción: Línea 1) *EX PRAEAD AVGVSTOR OPVS DOL*; Línea 2) *EX FIGOCANIS HERMETIANIS*; línea 3) *ET VRIBICI*; restitución completa: *Ex praead (is) Augustor (um) opus dol (iare) ex fig (linis) Oc'e'lanis Hermetiani et Ur'bi'ci*. (Figura 17).



Figura 17. Fragmento laterítico con sello de fábrica procedente de las remodelaciones del derrumbe.

Sondeo II

Como se indicaba líneas más arriba, conjuntamente se planteó la excavación del sector más occidental del muelle mediante la realización de un sondeo de 11 m de largo por 3 m de ancho, el cual fue excavado siguiendo la forma de la estructura, y por ello quedó configurado con un leve primer momento se planteó dicho sondeo con una extensión en torno a los 20m², tras retirar unos 50 cm, se decidió concentrar los esfuerzos en dos zonas de menor tamaño, una en su extremo norte y otra en el sur, con el objetivo de obtener una lectura estratigráfica completa en estas áreas. El proceso de excavación comenzó con una primera actividad de limpieza de la zona, lo que permitió una lectura clara del área. La primera unidad documentada (UE 2000) a una cota de -0,27m tras la retirada de la superficial presentaba una amplia variedad de materiales cuya cronología abarcaba desde época clásica (*terra sigillata*) hasta nuestros días -plástico y vidrio moderno- y que se extendía por toda la parte externa del corte hasta alcanzar una cota de profundidad de -0,42m. Este nivel parece corresponderse con el depósito de tierra de la excavación del canal, apostado a escasos tres metros, del programa de bonifica.

Tras esta unidad, se constataron otros dos niveles deposicionales (UUEE 2001 y 2002) y un derrumbe (UE 2004), conformado por el acumulo de piedras, cascotes y material diverso de la pared del propio muelle y las estructuras que albergó en su zona superior. La primera de estas unidades no presentaba material contemporáneo y apenas contenía material constructivo a excepción del mencionado derrumbe. La segunda, se localizó más hacia el este, prácticamente donde el sondeo hace el quiebro para adaptarse a la morfología del muelle. Esta unidad cuya cota máxima de profundidad se encontraba a -0,37m, presentaba una tonalidad verdosa y contrastaba con el tono castaño (10 YR brown 5/3) de las anteriores. En estas primeras unidades deposicionales se recuperó la gran mayoría del material arqueológico, varios elementos metálicos, restos óseos, y material constructivo, algunos de ellos con decoración figurativa o sellos, y algunas piezas marmóreas (Figura 19). Dentro de este repertorio destacó un fragmento de placa cerámica de unos 15 cm por 26 cm con unas incisiones lineales realizadas que, tras su estudio mediante análisis de imagen multiespectral, reveló la presencia de una representación figurativa de una embarcación (Figura 20). Entre los elementos cerámicos recuperados en estas unidades se ha recuperado un elenco diverso desde

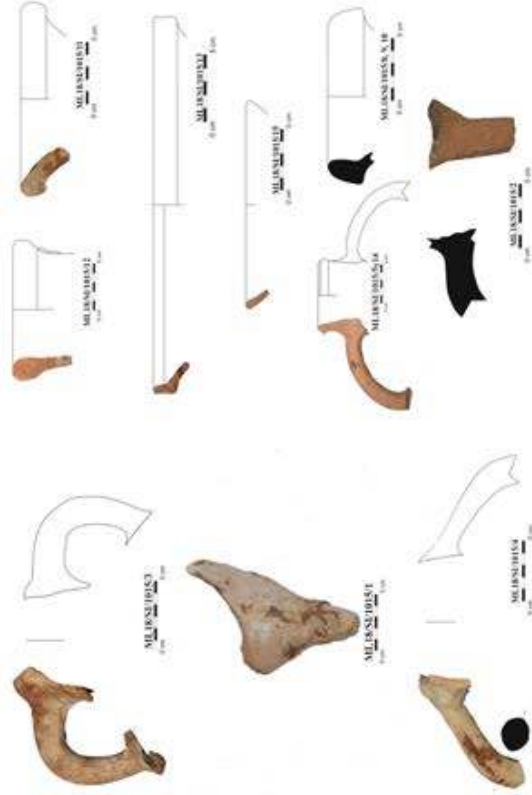


Figura 16. Elementos cerámicos procedentes de la cata practicada en el ángulo suroccidental del Sondeo I.



Figura 18. Vista aérea del extremo del muelle con indicación de la ubicación del Sondéo.



Figura 19. Elementos metálicos, restos óseos, y material constructivo, algunos de ellos con decoración y sellos lateríticos, procedentes del Sondéo 2.



Figura 20. Fragmento de ladrillo con decoración figurativa de una embarcación.

el punto de vista cronotipológico, ánforas Dressel 20, Keay 25; cerámica común, *lageneae*, de cocina africana representada por platos Ostia 1 y III (267) y una forma 32 (Arévalo y Bernal, 2007: 400; Hartley y Dickinson, 2011: 8 (Figura 21)).

La continuidad del proceso de excavación en el Sondeo 2, dio paso a la aparición de un nivel sedimentario (UE 2005) a unas cotas de profundidad que oscilaban entre los -0,59 y -0,77 m.s.n.m. cuya tonalidad y coloración era idéntica a la que presentaba la deposicional documentada en la cata realizada al interior del Sondeo 1 en la campaña de 2017 (UE 1015). Una coloración rojiza (5YR dark reddish brown 3) que podría haberse producido por la oxidación de materia orgánica, conformada en un ambiente de cambio constante provocado por las sucesivas subidas y bajadas de la marea.

Fue en este punto de la excavación donde se decidió concentrar los esfuerzos en dos puntos concretos, los extremos norte y

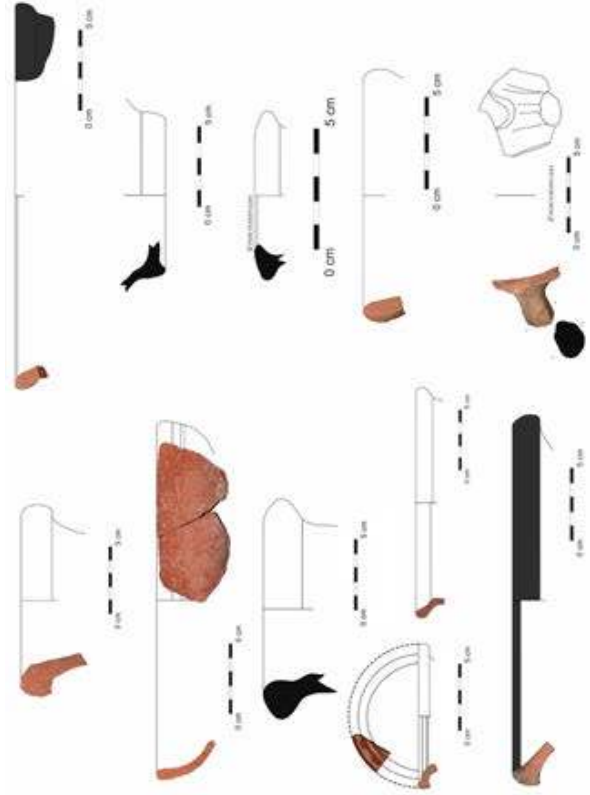


Figura 21. Material cerámico procedente del Sondeo 2.

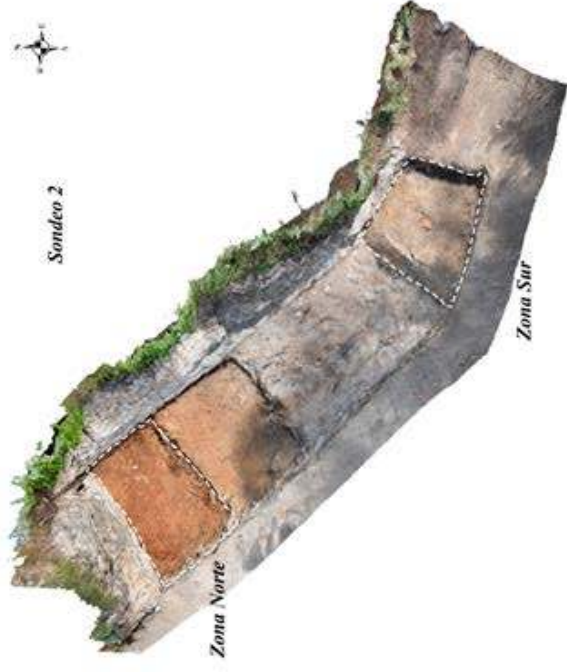


Figura 22. Ortoimagen del Sondeo 2 con indicación de las áreas norte y sur excavadas.

sur del Sondeo. La elección de estos puntos responde a dos cuestiones, la primera, determinar cómo se relacionaban el refuerzo occidental con el cuerpo central del muelle en su cimentación, permitiendo confirmar la construcción posterior de este conjunto como se había planteado con los análisis arqueoarquitectónicos durante la campaña anterior; y por otro, contrastar si la planta actual del muelle en su parte sur era la original o se debía a una pérdida de masa (Figura 22).

En la zona norte, bajo el último nivel descrito con anterioridad, se identificaron una serie de unidades deposicionales (UUEE 2006, 2007, 2008 y 2009) que colmataron la zona hasta alcanzar el inicio de la cimentación del refuerzo occidental y del muelle (UE 2015). A una cota comprendida entre los -0,9 y -1,02 metros, se advirtió una serie de cambios en la tonalidad que fueron identificados como posibles negativas correspondientes a fosas de funcionalidad desconocida, a una profundidad, donde la aparición del nivel freático impidió continuar con la intervención en esta zona y obtener más datos acerca de dichas cimentaciones (Figura 23).

Por su parte, en la zona sur, se identificó una unidad que ha permitido profundizar en la comprensión de los aspectos relacionados con el sistema constructivo de esta zona del muelle. Esta unidad (UE 2010), se corresponde con los restos de uno de los vertidos de *caementum* que conformó la cimentación del muelle (UE 2013), el cual presentaba un ribete o saliente que permitió sellar los sedimentos (UE 2014) sobre los que se asentó la construcción de la estructura. Estos niveles sedimentarios venían representados por una importante y numerosa presencia de fauna marina, principalmente *cerastoderma* y crustáceos decápodos; una importante colonia encontrada en posición de vida, tal y como atestiguan sus restos. Todo esto resulta de especial interés ya que nos transmite un momento y ambiente determinado para la construcción de este muelle, definidos como un espacio de marisma o lagunar de escasa profundidad (Figura 24).



Figura 23. Niveles iniciales de colmatación del muelle en el sector norte del Sondeo 2.



Figura 24. Nivel sellado por vertido de *caementicium* en el sector sur del Sondeo 2.

Campaña 2019

La intervención arqueológica del 2019 supuso un cambio sustancial con respecto a las realizadas en años anteriores, concretamente se planteó intervenir sobre el puntal del muelle con el objetivo de conocer la posible existencia de restos constructivos en su superficie, su funcionalidad y su secuencia estratigráfica, lo que vino a complementar el panorama que ya se tenía sobre los últimos

niveles de uso y abandono obtenidos en campañas anteriores (Tabla 3). Conjuntamente se practicó un sondeo (sondeo III) en el lado norte del muelle, a sus pies, con la intención de profundizar en el conocimiento de su cimentación. En definitiva, el objetivo primordial era conocer cómo y cuándo se construyó el muelle y su cabecera, al tiempo que se determinaba su evolución histórica y las posibles reformas experimentadas hasta su fase final de abandono y amortización.

Cronología	UU.EE. y descripción
Niveles contemporáneos	UE Superficial UE 1 - Depositional bajo UE Superficial zona sur Sector A UE 2 - Depositional bajo UE Superficial zona norte Sector A UE 36 - Depositional bajo UE Superficial Sector B UE 3001 - Depositional bajo UE Superficial del Sondeo III
Niveles de abandono y colmatación (Post quem meditados del s. VI d. C.)	UE 8 - Dintel marmóreo en posición secundaria UE 22 - Depositional de la esquina noroccidental UE 26 - Derrumbe bajo UE 22 al sur de UE 20 UE 27 - Derrumbe bajo UE 22 al sur de UE 14 UE 23 - Derrumbe al norte de UE 3 UE 37 - Depositional entre UU.EE. 15 y 40 UE 10 - Depositional bajo UE 1, sondeo comprobatorio a los pies de UE 3 UE 17 - Depositional en el extremo norte bajo UE 12 UE 28 - Depositional entre UU.EE. 14 y 19 UE 29 - Depositional bajo UE 1, sondeo comprobatorio en la esquina conformada por UU.EE. 3 y 4 UE 31 - Depositional bajo UE 1, sondeo comprobatorio entre UE 8 y UE 24 UE 32 - Depositional bajo UE 29 UE 3002 - Depositional bajo UE 3001 del sondeo III UE 3003 - Depositional bajo UE 3003 del sondeo III
Última fase de uso y remodelaciones internas de los espacios funcionales (Mediados del VI d.C.)	UU.EE. 6 y 7 - Pilar interior meridional UE 13 - Muro de carga de la escalera UE 14 - Pilar interior septentrional UE 16 - Primer peldaño de la escalera UE 19 - Muro norte Sector A (N-S) UE 20 - Muro noroeste Sector A (E-O) UE 40 - Muro oeste Sector B UE 49 - Muro adosado a UE 41, Sector B UE 44 - Sedimentaria bajo UE 13 UE 45 - Sedimentaria bajo UE 5 UE 46 - Sedimentaria bajo UE 14
Ampliación de la cabeza del muelle (Mediados/finales del V d. C. - comienzos del VI d. C.)	UE 39 - Coronamiento de la plataforma añadida UE 38 - Muro norte de la estructura cuadrangular Sector B UE 41 - Muro oriental de la estructura cuadrangular Sector B UE 47 - Muro sur de la estructura cuadrangular Sector B
Reestructuración morfológica y funcional del puntal del muelle (mediados del siglo V d. C.)	UE 3 - Muro oriental Sector A UE 15 - Muro nororiental Sector A UE 4 - Muro suroriental Sector A UE 9 - Muro suroccidental Sector A UE 24 - Muro occidental Sector a
Ampliación del muelle (Post quem meditados del siglo III d. C.)	UU.EE. 11, 18, 21, 25, 30, 35, 43 y 51 - Pavimentación superior del puntal del muelle UE 42 - Cimentación del muro perimetral del puntal del muelle
Construcción del muelle (Primera mitad del siglo III d. C.)	UE 3004 - Encofrado de madera del muelle, Sondeo III UE 3005 - Sedimentaria sobre la que se asienta la UE 3004, Sondeo III

Tabla 3. Cuadro cronoestratigráfico de la campaña 2019.

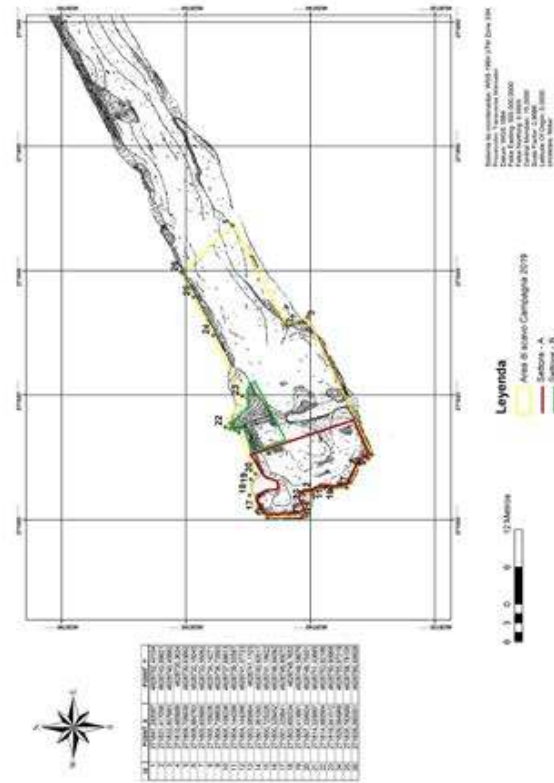


Figura 25. Plano de ubicación de los sectores intervenidos durante la campaña de 2019.

Dado que la zona a intervenir en la superficie del muelle era sumamente amplia, se planteó una división en dos sectores (Figura 25); estos fueron denominados A y B, el primero, considerablemente más amplio localizado en el extremo occidental de la cabeza, y el segundo en la zona nororiental.

Sector A (Figura 26)

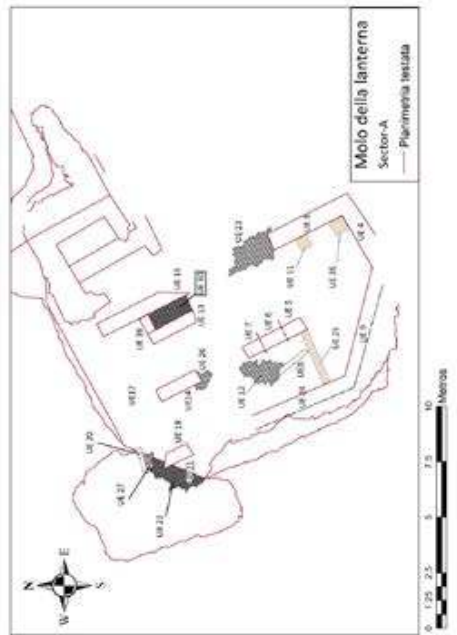


Figura 26. Planimetría con indicación de las unidades constructivas y deposicionales constatadas en el Sector A.



Figura 27. Indicación de la separación entre las unidades deposicionales 1 y 2, empleada como elemento fronterizo entre los Ambientes I y II.

La excavación se inició con la retirada de la unidad superficial del Sector A, caracterizada por presentar una matriz de tonalidad castaña fuertemente alterada por la cubierta edáfica que durante años había colonizado este extremo del muelle. Bajo ella se constataron dos nuevas unidades estratigráficas, UUEE 1 y 2 (Figura 27), la primera con una coloración tipo 5YR y la segunda 5YR 3.2. La matriz de ambas nos ofreció un registro material mayoritariamente compuesto por artefactos de época moderna-contemporánea, entre ellos varias vainas de latón pertenecientes a proyectiles militares, no obstante, también se recuperaron varios fragmentos de producciones ARSW en las formas 91, 238, 196A/B y 99 de Hayes (Figuras 28 y 29), vidrio, metal, restos óseos, teselas, cubilia, sellos latericios y de manera destacada parte de una inscripción sobre soporte de mármol (Figura 30). Su desigual tonalidad y morfología nos valió para dividir este sector de la excavación en dos ambientes diferentes a efectos metodológicos (ambiente meridional I y septentrional II), pues como se expone a continuación nos encontramos ante un único espacio funcional.

En el ambiente I o meridional, bajo la UE 1, se documentó una unidad murada, en parte ya visible en superficie (UE 3 - Figura 31-), dispuesta en sentido norte-sur. Esta se encontraba arruinada en su extremo más septentrional como así evidenció el derrumbe UE 23 (Figura 31); sin embargo, por su extremo meridional aún conservaba su relación de ligazón con una segunda estructura edilicia (UE 4), dibujando en planta lo que parecía ser la esquina suroccidental de un edificio adaptado a las propias dimensiones de la cabeza del muelle (Figura 31).

Aunque la maleza impedía que se pudiese constatar el trazado continuo de este segundo paramento, se intuía la conservación de su perímetro completo bajo ella; tal es así que volvía a emerger por su esquina suroccidental (UE 9) (Figura 32).

Su estado de conservación en este extremo es bastante deficitario, de hecho, el muro pasa de once hiladas en la parte occidental a escasamente tres en el lado oriental, pese a ello aún se mantenía en pie su solución de esquina a través de una relación de trabazón con un tercer paramento (UE 24) (Figura 32), el cual prolongaba su construcción sin solución de continuidad a lo largo de toda el área de excavación de los Ambientes I y II (unas tres hiladas en el mejor de los casos). La técnica

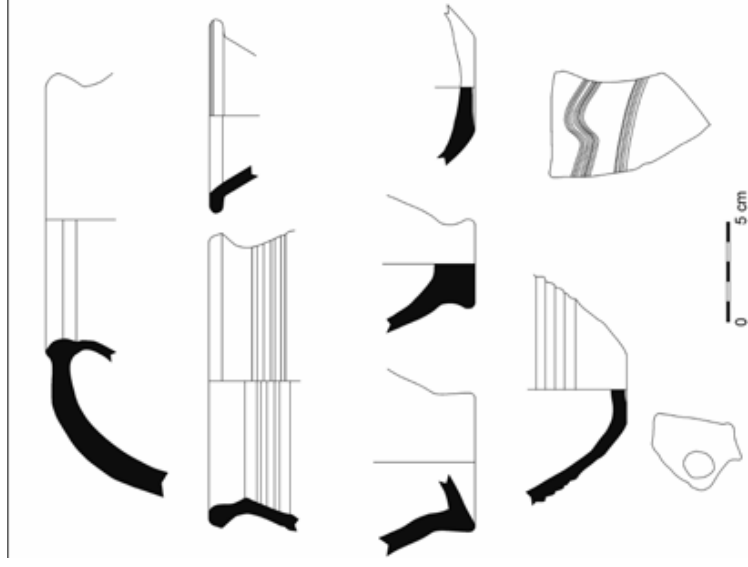


Figura 29. Material cerámico procedente de la UE 2.



Figura 30. Fragmento de mármol con inscripción recuperado en la UE 2.

edilicia empleada para todos estos paramentos fue el *opus testaceum*, consistente en el empleo de ladrillos seccionados intencionadamente en forma de cuñas para ser empleados en su revestimiento exterior, y un núcleo interior de argamasa. Gracias a su desarrollo en altura sabemos que sus juntas o intersticios fueron realizados con argamasa de cal.

En la zona centro del Ambiente 1, también bajo la UE 1, se exhumó una segunda obra constructiva, en este caso correspondiente a un pilar divisorio del interior del habitáculo que estábamos excavando (Figura 31). Su edilicia, completamente irregular, permitió diferenciar la existencia de tres unidades diferentes: un núcleo central conformado por un sillar de grandes

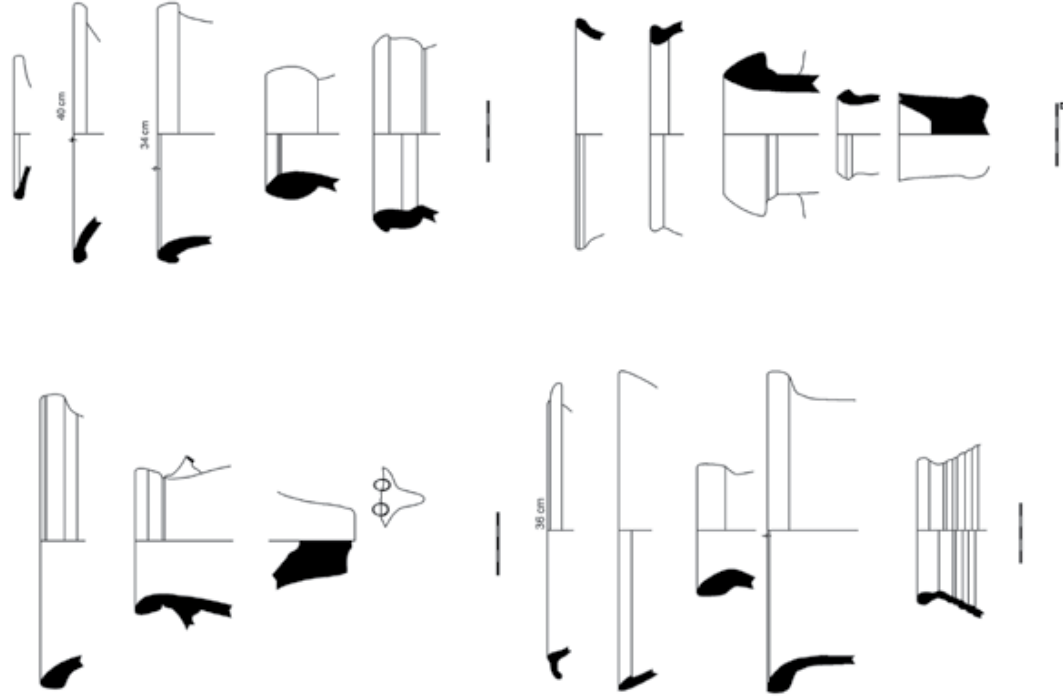


Figura 28. Material cerámico procedente de la UE 1.

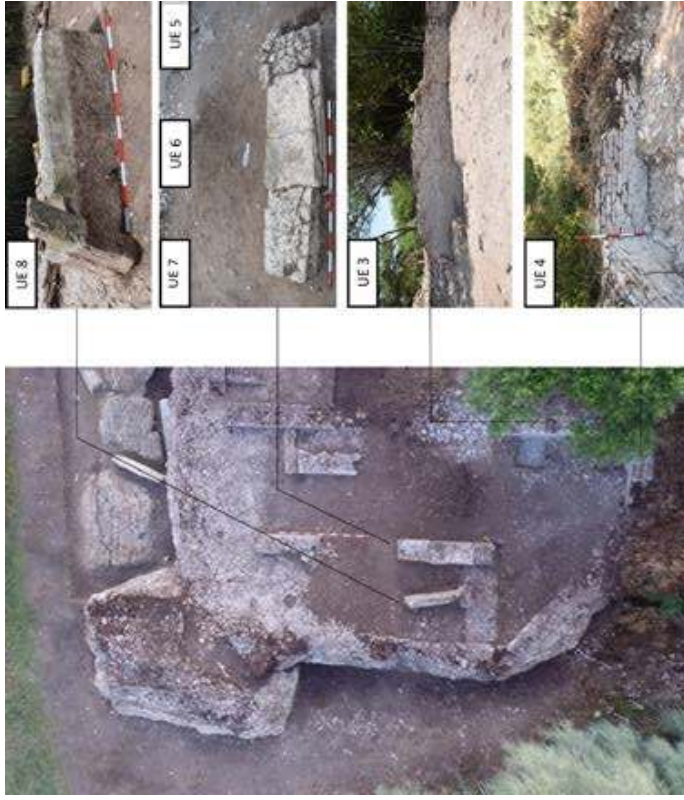


Figura 31. Imagen aérea del Sector de excavación A con indicación de las unidades constructivas constatadas en el Ambiente I.

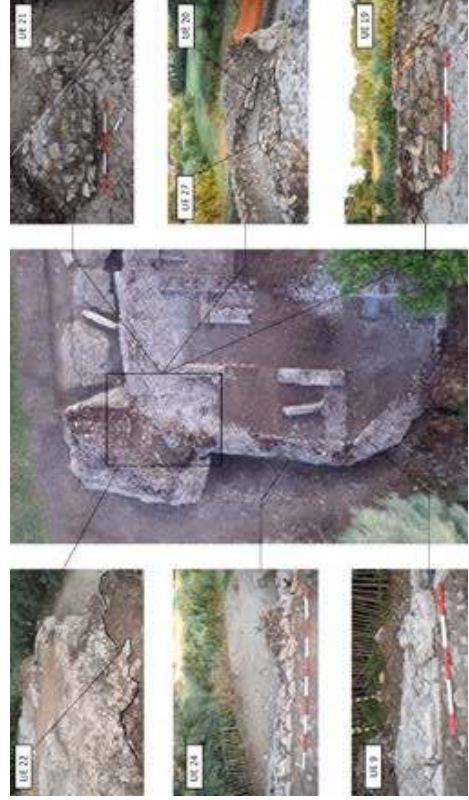


Figura 32. Imagen aérea del Sector de excavación A con indicación de las unidades constructivas constatadas en el área occidental del Ambiente II.

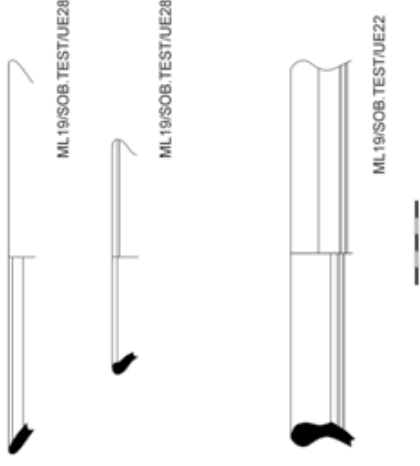


Figura 33. Materiales cerámicos procedentes de las UUEE 28 y 22.

dimensiones (UE 6), y dos pequeños poyetes situados en ambos extremos realizados en ladrillo, piedra y argamasa (UUEE 7 y 8).

A occidente de esta última construcción, también visible en parte desde el inicio de la excavación, se constató un elemento de ornamentación arquitectónica (UE 8), concretamente un dintel dispuesto en dirección norte-sur (Figura 31). Tanto su orientación, como su estado fragmentario, evidenciaban que se trataba de un material descontextualizado, muy posiblemente reaprovechado en una de las múltiples reformas que evidenciaría el análisis arqueoarquitectónico de este edificio. Concretamente, su posición delataba que se trataba de un derrumbe o un expolio, pues esta pieza, como ya hemos dicho, apareció fragmentada y acompañada por un potente nivel de derrumbe por su cara norte, el cual se prolongaba tanto bajo la UE 1, como la UE 2.

Entre este elemento ornamental y el paramento de cierre oriental (UE 24) se documentó una nueva unidad deposicional adosada a ambas unidades constructivas (UE 28). Esta se define a partir de la tonalidad 10 R 4/2, así como por un registro material compuesto por varios fragmentos cerámicos de época romana, entre los que destacan un borde de ARSW correspondiente a la forma 49B de Hayes y varias teselas (Figura 33).

Como dijimos al principio, por cuestiones metodológicas se decidió dividir el Sector A de excavación en dos Ambientes: el I al sur, bajo la UE 1, y el II al Norte bajo la UE 2. Centrándonos en el Ambiente II, las unidades estratigráficas constatadas han sido las siguientes: en la margen nororiental, la zona más conflictiva por sus implicaciones arquitectónicas que se explicarán en el siguiente capítulo, se constataron varias unidades paramentales. En línea con la construcción UE 24, pero sin relación directa entre ellas, se constató una nueva estructura paramental (UE 19 -Figura 32-). Como en el caso de la anterior presenta una disposición norte-sur, si bien su técnica edilicia es bastante descuidada, en su alzado se aprecia la reutilización de material latericio y pétreo trabados con mortero a base de cal. Al norte de la UE 19, muy posiblemente formando parte de una solución de esquina que no ha conservado su relación estratigráfica, se constató una segunda obra edilicia (UE 20 -Figura 32-). En este caso su orientación es este-oeste, aunque su técnica edilicia es idéntica a la del anterior paramento.

Asociada a estas unidades constructivas se constata la unidad deposicional UE 22 (Figura 32). Su composición morfológica estuvo definida por la tonalidad 5YR 4.1, y un registro material

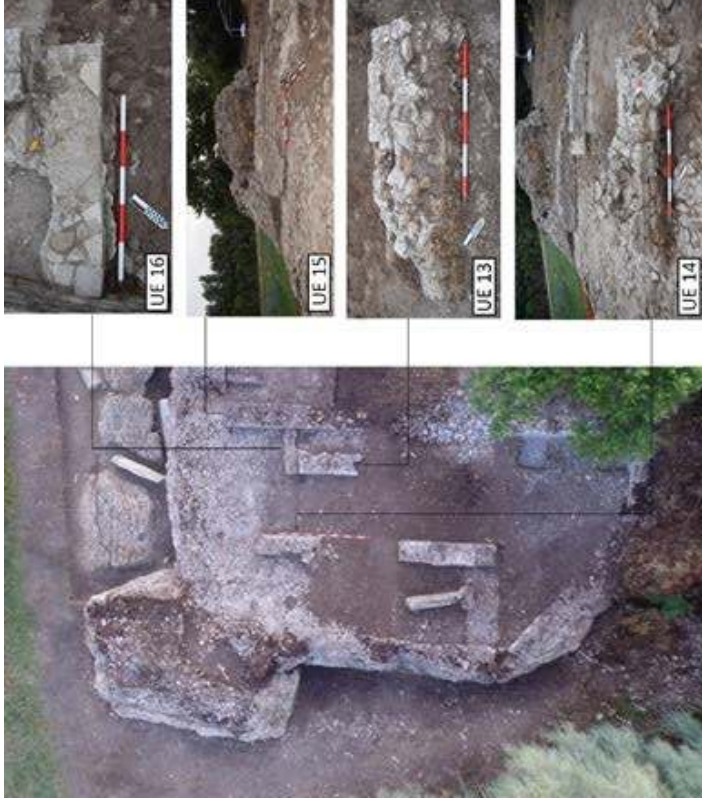


Figura 34. Imagen aérea del Sector de excavación A con indicación de las unidades constructivas constatadas en el área oriental del Ambiente II.

compuesto por fragmentos cerámicos de cronología romana, piezas marmóreas amorfas y material constructivo (Figura 33). Bajo ella se constatan dos unidades, las UUEE 27 y 26, la primera de ellas se corresponde con un derrumbe ubicado entre las UUEE 19 y 20 compuesto por abundante material constructivo, y la segunda al nivel de pavimentación de la cabeza del muelle trabajado a base de piedras de pizarras trabadas con argamasa de cal (Figura 32).

En la zona central del Ambiente II se constata un segundo pilar de carga o muro divisorio del edificio en línea con las UUEE 6, 7 y 8. En este caso, la UE 14 muestra una técnica edilicia completamente distinta (Figura 34), empezando por una mayor homogeneidad constructiva consistente en una obra de hiladas de ladrillos, tégulas y tufo, junto con un característico enlucido de cal por su cara este.

En el área centro-occidental, bajo la UE 2, se documenta un nuevo conjunto constructivo formado por las UUEE 13, 16 y 30 (Figura 34). Todos los indicadores nos hacen pensar que se trata del cuerpo de una escalera, donde la UE 13, dispuesta en sentido norte-sur y construida a partir de ladrillos y material pétreo, se correspondería con el muro de carga de dicha estructura, mientras que la UE 16, acomodada en perpendicular a la anterior, correspondería al primer peldaño de una sucesión de escalones en los que se empleó material pétreo y latericio reaprovechado. Entre ambas unidades se constata una unidad deposicional, la UE 30, de la que se pudieron recuperar fragmentos cerámicos y de vidrio, así como alguna tesela. Todo este conjunto estructural es soportado en su extremo



Figura 35. Imagen aérea con indicación de la ubicación de las UUEE 17 y 18.

oriental por el paramento UE 15 (Figura 34). Con toda probabilidad este muro es una continuación del denominado UE 3, si bien como ya expusimos líneas más arriba, entre ambos media un derrumbe (UE 23), así como un posible vano no constatado debido a que no se agotó el registro. A nivel edilicio desarrolla la misma técnica edilicia que todo el conjunto ya analizado.

A nivel de unidades deposicionales en este Ambiente II tenemos la UE 17 (Figura 35), definida a partir de la tonalidad 10 YR 4/2, y un registro material bastante generoso en comparación con el resto. Concretamente se recuperó un destacado conjunto cerámico en el que sobresalen cinco bordes de producción ARSW correspondientes a las formas 11, 48, 49, 251, 57A y 27, y un borde de *sigillata* itálica perteneciente a la forma 11, así como restos óseos, vidrio, malaco fauna y teselas (Figura 36). Bajo esta unidad se documenta la UE 18 perteneciente al nivel de pavimentación del muelle, igual a UE 21 (Figura 35).

Llegados a este punto de la excavación se plantea la necesidad de realizar tres pequeños sondeos comprobatorios en el Ambiente I con el objetivo de agotar registro y alcanzar su nivel de uso primigenio. En este sentido se plantean dos en la esquina sureste, entre las UUEE 3 y 4, y un tercero en la zona occidental, concretamente entre las UUEE 5, 8 y 9 (Figura 37).

En el primero de ellos, localizado a los pies de la UE 3, se documenta la UE 10 inmediatamente debajo de la UE 1. Esta se define a partir de la tonalidad 10 YR 4/2 y un registro material compuesto por elementos cerámicos, óseos, teselas y sellos lateríticos (Figura 38). Bajo él se constata el nivel de pavimentación ya exhumado en otras partes de la cabeza (UE 11= UUEE 18 y 21). En el segundo sondeo, ubicado justo en la esquina, pudo documentarse como bajo la UE 1 se disponía la UE 29. Esta presenta una tonalidad 10 YR 4/2, así como un pobre registro material conformado por un único fragmento cerámico. A diferencia del sondeo 1, bajo la UE 29 se constata una segunda unidad deposicional antes de llegar al nivel de pavimentación. Se trata de la UE 32, compuesta por un sedimento de tonalidad 7.5 YR 4/4, y un registro formado por varios fragmentos cerámicos y un sello latericio (Figura 39). El tercero, planteado en sentido longitudinal este-oeste entre el elemento ornamental y el paramento de cierre occidental, ofreció la siguiente secuencia estratigráfica. Bajo la UE 1 se documenta la UE 31 (igual a las UUEE 10 y 29), presenta una coloración tipo 10YR 4/2 y un registro material compuesto por varios fragmentos cerámicos, entre ellos un borde de ARSW correspondiente a la forma 14, y varias teselas. Bajo ella se documenta el pavimento de la cabeza del muelle ya expuesto con anterioridad (UE 29).

Con el fin de precisar la cronología de ciertos elementos constructivos se optó por plantear pequeñas catas bajo los elementos arquitectónicos UE 5 (pilar meridional), UE 13 (muro posible escalera) y UE 14 (pilar septentrional). La primera de ellas, bajo la UE 13, ofreció cinco bordes de los cuales uno se correspondía con la forma 61B de ARSW y un fondo de cerámica común, ambos contenidos en la UE 44 (Figura 40). La segunda, bajo el pilar sur, aportó un conjunto de 22 teselas

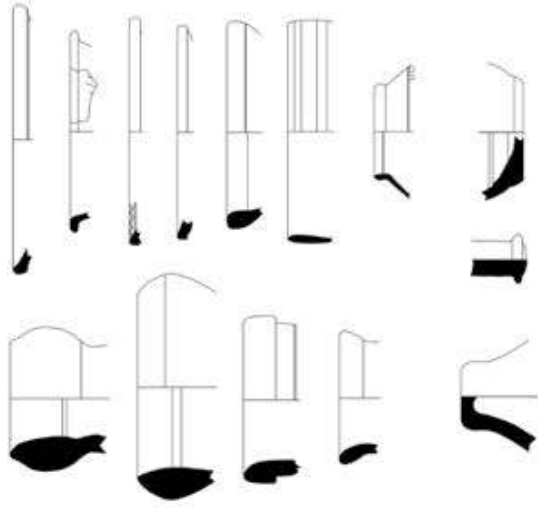


Figura 36. Material cerámico procedente de la UE 17.



Figura 37. Imagen aérea con ubicación de los sondeos comprobatorios practicados en el Sector A de excavación.

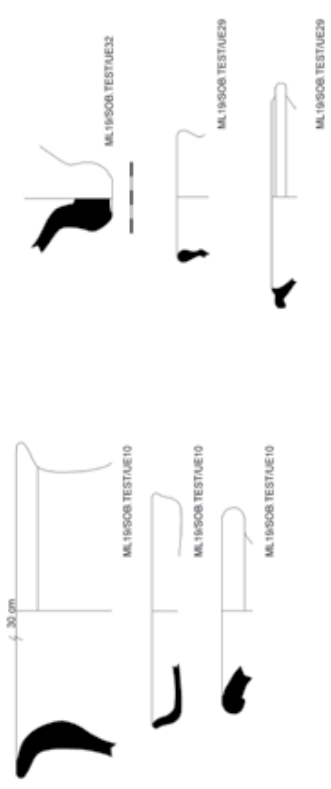


Figura 38. Materiales cerámicos procedentes de la UE 10.



Figura 39. Materiales cerámicos procedentes de las UUEE 31 y 29.



Figura 40. Materiales cerámicos procedentes de la UE 44.



Figura 41. Materiales cerámicos procedentes de la UE 45.

Figura 42. Materiales cerámicos procedentes de la UE 46.

monocromas y dos bordes cerámicos en la unidad sedimentaria UE 45 (Figura 41). La tercera por su parte aportó un conjunto de dos bordes de ARSW correspondientes a las formas 61A y 103B, ambos contenidos en la unidad deposicional UE 46 (Figura 42).

Sector B

Finalizada la excavación en el sector A, los trabajos se concentraron en la segunda área propuesta para la intervención de ese año (Figura 43). Como en el caso anterior, el desbroce previo a la intervención arqueológica había dejado a la vista la existencia de una estructura de planta cuadrangular conformada por las UUEE 38, 41, 47 y 49 (Figura 44), con un posible acceso ubicado en su extremo occidental¹.

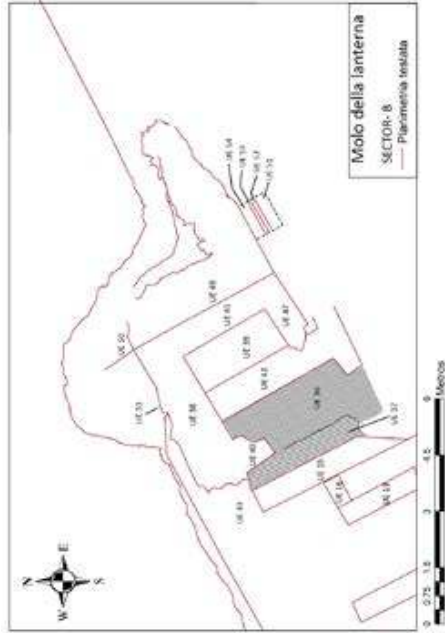


Figura 43. Planimetría con indicación de las unidades constructivas y depositacionales constatadas en el Sector B.

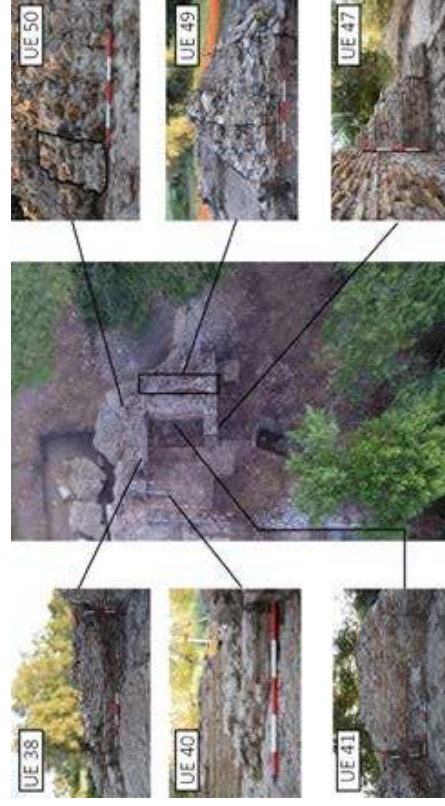


Figura 44. Imagen aérea con indicación de las unidades constructivas que configuran la estructura cuadrangular constatada en el Sector B de excavación.

Ante esta premisa de partida se optó por iniciar la excavación de su interior retirando su unidad superficial. Bajo ella se documentó la UE 36 (Figura 45), definida como deposicional de tonalidad 7.5 YR 7/2, y un registro material alterado en el que se combinaban elementos cerámicos tardoantiguos (forma 64 de ARSW), y artefactos moderno-contemporáneos como vainas de proyectil. Retirada esta deposicional se constatan tres unidades constructivas (UUEE 39, 42 y 40, Figura 46), la primera de ellas, localizada en la parte oriental del edificio, se corresponde con el nivel de coronamiento de una de las plataformas que fueron añadidas a la cabeza del muelle con posterioridad, consistente en un vertido de material pétreo heterométrico trabado con mortero de cal, el cual muy posiblemente hizo las veces de pavimentación por este extremo. La segunda de ellas (UE 42), ubicada en la zona centro, se corresponde con el nivel de cimentación de una de las estructuras primigenias que debió albergar la cabecera del muelle en su primera fase fundacional, la cual sería amortizada bajo esta nueva construcción cuadrangular del Sector B. Se define por presentar una edificación en la que se empleó el *opus testaceum*, al menos en su parte baja documentada, basado en la disposición de materiales latericios fragmentados con argamasa rica en cal para su núcleo interior; y un encintado de ladrillos completos o semicompletos dispuestos en forma de cuña para su exterior. La última de ellas (UE 40) se corresponde con un nuevo elemento paramental, en este caso conservado en altura y coetáneo al propio uso de la construcción cuadrangular, ya que apareció adosado al muro perimetral norte generando una especie de pasillo o articulación interna de la estructura (Figura 46). En último lugar, a occidente de esta obra muraria se constata la UE 37 (Figura 45), en este caso una deposicional de tonalidad 7.5 YR 7/2 de granulometría fina, cuyo registro material nos aporta dos bordes de ARSW en las formas 80B y 68. Esta unidad se extiende hasta la cara oriental de la UE 15 ya analizada en el Sector A, siendo además la encargada de cubrir el nivel de pavimentación ya constatado en diversos puntos de la cabeza del muelle (UE 43=UUEE 18, 21 y 25 -Figura 46).



Figura 45. Imagen de detalle de las UUEE 36 y 37.

¹ Esta nueva estructura se alza tanto sobre la cabeza del muelle, como sobre una plataforma añadida a ella en una fase posterior; para un estudio más pormenorizado de este episodio, así como de la complejidad constructiva de este edificio, consultar el capítulo 5 de esta monografía.

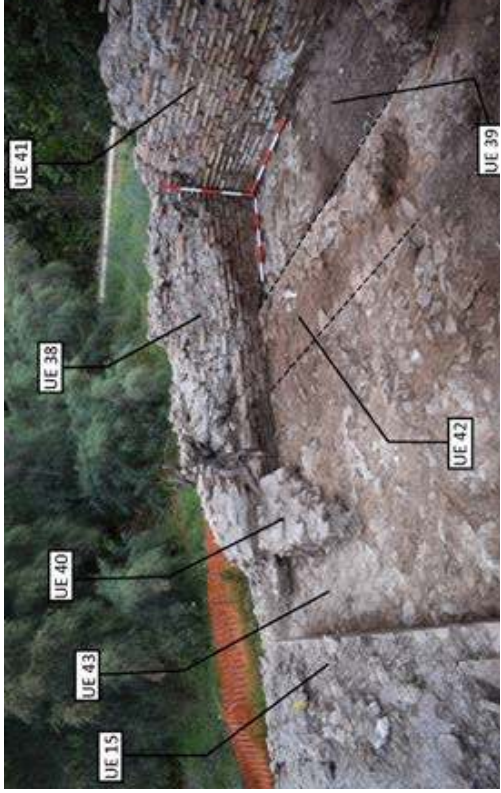


Figura 46. Imagen del interior de la estructura ubicada en el Sector B con indicación de las unidades documentadas.

Para culminar la excavación de este sector se planteó la realización de un sondeo a las afueras del paramento meridional UE 47 (Figura 44). En él bajo la UE superficial se constata la UE 48 (Figura 47), definida como deposicional de tonalidad 5YR 3.2 y registro material compuesto por numerosos fragmentos de material constructivo. Bajo esta unidad se pudo constatar el sistema constructivo arbitrado para la pavimentación del muelle (UE 51), consistente en una fábrica tosea, pero sólida, conseguida a base de fragmentos de material latericio trabajados con cal, sobre el cual fue dispuesto una alineación de placas de ladrillos, con una importante acanaladura, que recuerda a un posible umbral (UUEE 52 y 43). Tanto el pavimento, como la alineación de ladrillos se asientan sobre la construcción original del muelle (UE 54), hoy día oculta en este extremo por el adosamiento de la plataforma ya comentada (Figura 48).



Figura 47. Imagen aérea del sector B con indicación de los sondeos practicados al norte y al sur de la estructura ubicada en el sector B.

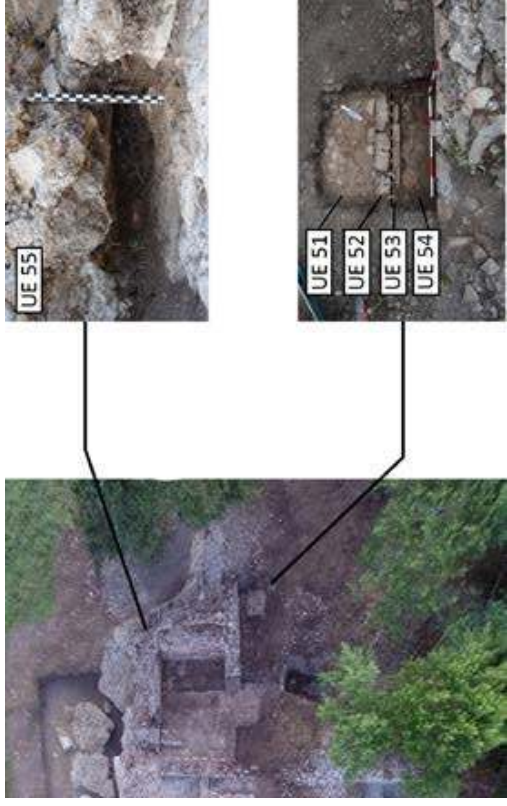


Figura 48. Sección de la pared Este del sondeo con indicación de las UUEE constatadas.

Sondeo III

De forma simultánea a las tareas de excavación se practicó un sondeo a los pies del muelle, concretamente en su prolongación norte (Figura 25), con unas dimensiones de 5x2m y una profundidad máxima de excavación de 2,85m, el cual estuvo marcado por diversos factores como la aparición del freático, seguridad operativa, etc. (Figura 49). Estos condicionantes obstaculizaron en gran medida el desarrollo de los trabajos, de lo que se optó por no profundizar ni ampliar sus dimensiones. Con todo, del mismo se obtuvieron una serie de datos que, con un carácter preliminar, permitieron el planteamiento de un nuevo sondeo en la campaña del año siguiente.

La intervención se inició con la retirada de la unidad deposicional superficial UE 3001 (Figura 49), bajo la cual, a una cota máxima de profundidad de -0,90m por el lado norte y -0,70m en el lado sur, hace acto de presencia una segunda deposicional, la UE 3002, correspondiente al último relleno de la ensenada de *Portus*. Al alcanzar la cota comprendida entre los -1,65m y los -1,83m, aparece una tercera unidad (UE 3003 -Figura 49-), de cuya matriz se recoge un importante repertorio cerámico compuesto por cinco bordes de ánforas tipos Almagro 51A, Keay- LXIIA, XXIV, XXVp, XXVa, el cuello y parte del cuerpo de una Keay XII y tres pivotes correspondientes a la forma Keay XV. La última unidad deposicional constatada (UE 3004 - Figura 49-) se desarrolla entre la cota -2,35 y los -2,85m, en este caso correspondiente al lecho marino de la ensenada. En estos niveles se documentaron restos de maderas, así como un fragmento de leño, todo ello en relación con la aparición de la parte superior de un conjunto de maderas pegadas a la cimentación del muelle. Dichas tablas conformaban parte del encofrado de la misma, sin embargo, tan solo pudieron documentarse escasos centímetros. Habría que esperar a la campaña de 2020 para obtener una imagen más completa y definitiva de todo este sistema.

Una vez alcanzada esta profundidad se tuvieron que detener las labores de excavación debido a la presencia del nivel freático (UE 3005). Pese a ello, se tuvo la posibilidad de recuperar y constatar parte del sistema de encofrado del muelle, concretamente se documentaron un buen número de tablones de madera alineados y adosados a la cara norte del muelle, concretamente a la altura de las UUEE 3003 y 3004.

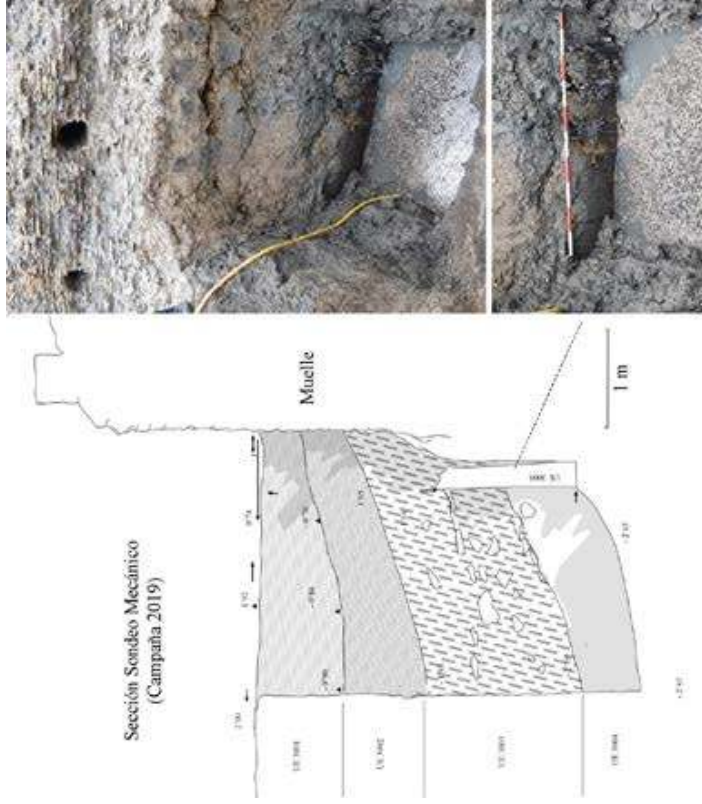


Figura 49. Ubicación del sondeo IV.

Campaña 2020

Tras tres campañas de excavación, en donde se habían concentrado los esfuerzos en la cara norte, oeste y superior del muelle, en esta campaña se estableció desde un principio la necesidad de realizar una limpieza superficial de todo el sector sur del mismo para obtener una lectura completa de la estructura por todos sus frentes y poder tener una visión lo más completa del conjunto (Tabla 4). Asimismo, a tenor de los resultados tan prometedores que el sondeo III nos había ofrecido en la campaña de 2019, se planteó la excavación de un último sondeo (Sondeo IV) en la misma zona que el anterior y separado de este 1,80m en dirección oeste (Figura 50). A su vez, para esta campaña se incorporó el uso de sondeos rotatorios para comprender a nivel microespacial la evolución geomorfológica y sedimentaria del entorno inmediato del muelle. De la misma manera se realizaron dos de ellos sobre el mismo muelle para determinar si existían diferencias de cimentación que respondiera a un proceso de ampliación de la estructura.

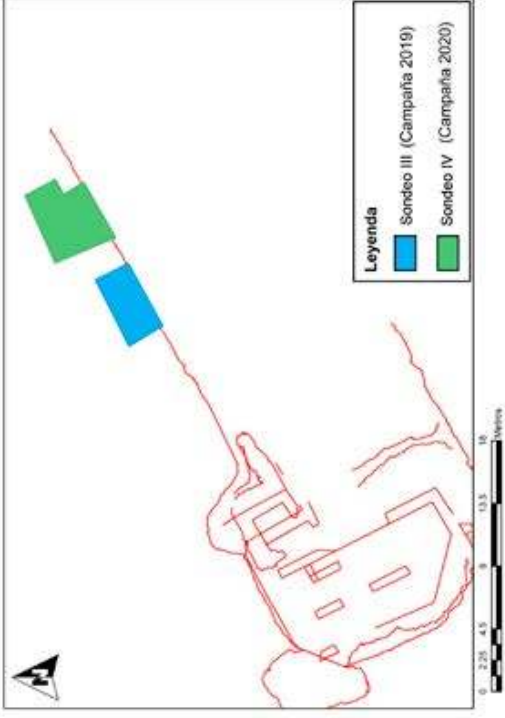


Figura 50. Plano con indicación de los sondeos realizados en la cimentación del muelle.

Cronología	UU.EE. y descripción
Fase V: Niveles contemporáneos	Superficial UE 4001 – Unidad sedimentaria bajo Superficial UE 15 – Negativa contemporánea que corta el muelle y la plataforma adosada a él (UE 5)
Fase IV Adosamiento de estructuras. Ampliación de la superficie del muelle (Post quem mediados s. V- comienzos del VI d.C.)	UE 4 – Primera tongada de la plataforma adosada al muelle por su vertiente sur UE 6 – Segunda tongada de la plataforma adosada al muelle por su vertiente sur UE 5 – Tercera tongada de la plataforma adosada al muelle por su vertiente sur UU.EE 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 – Negativas del sistema constructivo de la plataforma adosada al muelle por su vertiente sur
Fase III Niveles de colmatación marina en el entorno del muelle (Post quem mediados s. V d.C.)	UE 4002 – Unidad sedimentaria final de colmatación de la ensenada bajo UE 4001. UE 4003 – Unidad sedimentaria bajo UE 4002
Fase II Construcción de la cabeza del muelle (Post quem mediados del s. III d.C.)	UE 1 – Cuerpo central de la cabeza del muelle UE 2 – Negativa del sistema constructivo de la cabeza del muelle UE 3 – Revestimiento en opus reticulatum de la cabeza del muelle
Fase I Construcción del muelle (Primera mitad del s. III d.C.)	UE 4005 – Plataforma sobre el encofrado UE 4006 – Depositional con alta presencia de material cerámico (Sondeo IV) UU.EE 4008 - 4009 – Encofrado de madera UE 4007 – Sedimentaria sobre la que se asienta el encofrado

Tabla 4. Cuadro cronoestratigráfico de la campaña 2020.

Sector sur del muelle

Las actividades de limpieza y consolidación del muelle estuvieron centradas en el sector sur, concretamente en un frente correspondiente a los últimos 22 m de muelle. Asimismo, esta tarea de limpieza estuvo complementada con la retirada de los taludes superficiales, contemporáneos, adosados al mismo, donde se comprobaba la existencia de una ampliación de la superficie del muelle (UE 1) mediante el aditamento de una pequeña plataforma (UE 5), hoy día fracturada y colapsada a sus pies (Figura 51). Ésta se apoyaba sobre el *opus reticulatum* del cuerpo primitivo de la cabeza del muelle (UE 3) y sobre ella se encontraba el derrumbe de parte del muro sur de la estructura superior del muelle (UE 16). Finalmente, en esta estructura se constató una zanja contemporánea que cortaba la misma (UE 15).

La retirada de las terreras contemporáneas vino caracterizada por la documentación de elementos arqueológicos en contexto secundario y de derrumbe, destacando únicamente la zona suroccidental, donde se constató la aparición de un capitel marmóreo de estilo jónico reaprovechado (debido a la presencia de incrustaciones de argamasa en su superficie), material latericio sellado, así como elementos cerámicos como un pivote y un borde de ánfora, y dos bordes de vajilla de mesa y cocina



Figura 51. Vista general y de detalle de la fractura de la plataforma adosada.

(Figuras 52, 53). De este repertorio destaca el sello *fliginiae Britanniae del praefecto Marco Rutillius Lupus*, al cual se le atribuye la práctica de identificar su producción latericia en virtud de los cónsules del año al que pertenece (Steinby 1974-75: 27-28; Bodel 2005), lo que nos permite fechar esta pieza en torno al año 115 d.C. según los cónsules que figuran estampados, *Messalla y Pedoni*.

La limpieza de este sector permitió poner al descubierto el frente del muelle por esta zona y completar el análisis edilicio, así como el estudio fotogramétrico. De ello se extrajeron diversas consideraciones que venían a apoyar la hipótesis, ya planteada con anterioridad, de que la última parte del muelle había sufrido la incorporación, de manera diacrónica, de diversas plataformas o pantalanés (UUEE 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14) que complejizaban su planta primitiva.



Figura 52. Material recuperado en los niveles superficiales.

fragmentos cerámicos de entre los que destacan un grupo de elementos de transporte con formas Keay, VI, VII, XXIII, XVIII, XII y LXIII, una de ellas con sello LCB que abarcan un arco cronológico desde el segundo tercio del siglo III d.C. y todo el siglo IV d.C. Junto con este elenco se recuperaron producciones ARSW correspondientes a las formas 50 y 103B de Hayes. De forma paralela, este estrato también aportó diversos elementos de cerámica común africana de cocina con las formas 23b, 196a y 197 cuyas cronologías abarcan desde finales del siglo II d.C. - principios del siglo III d.C. hasta mediados/finales del siglo IV d.C.; asimismo en esta unidad también se documentaron dos fragmentos de vidrio correspondientes a un borde de vaso de la forma 106c y un fondo de jarra de la forma 117 con cronologías centradas entre mediados/finales del siglo III d.C. y principios/mediados del siglo IV d.C. (Figura 54).

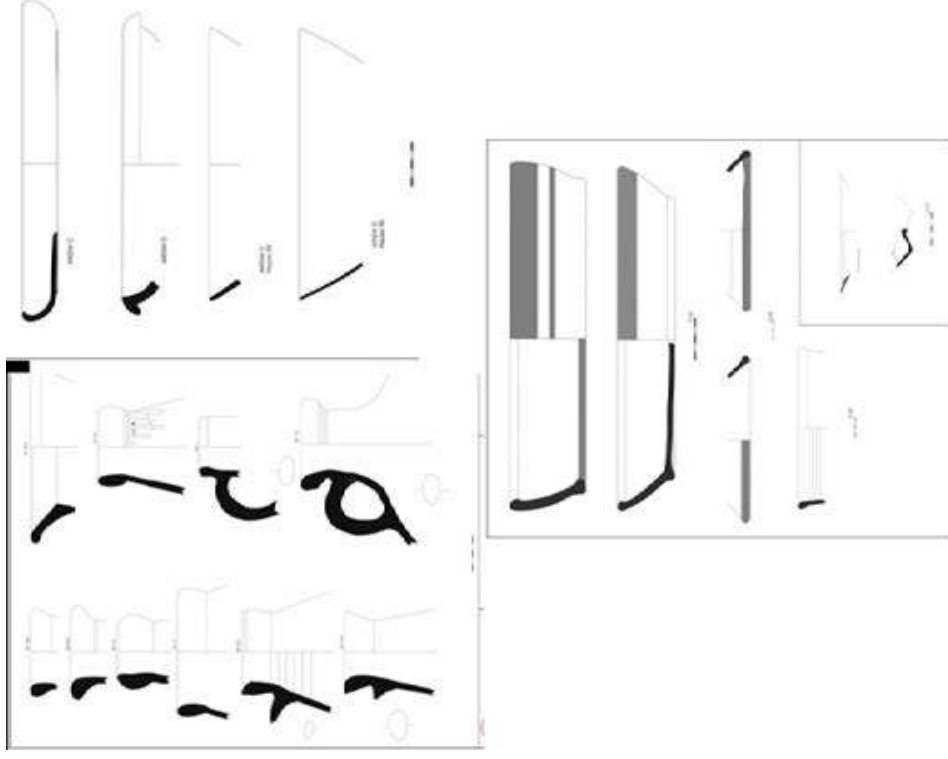


Figura 54. Material cerámico recuperado en el relleno del encofrado.

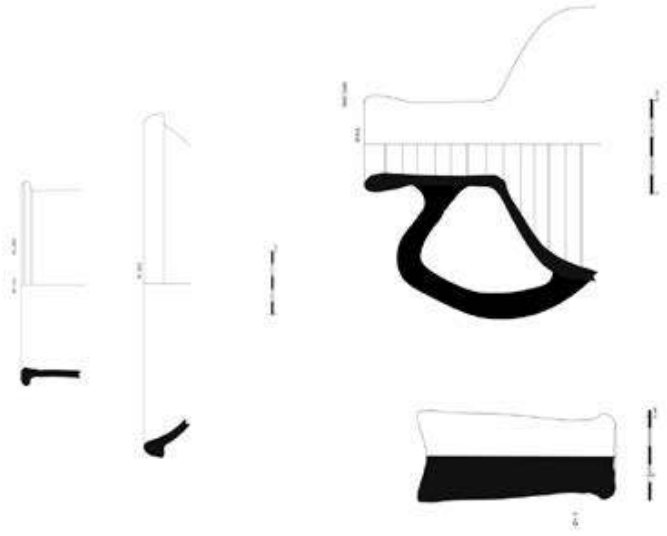


Figura 53. Material cerámico procedente de los niveles superficiales.

Sondeo IV

Este sondeo supone el que más datos cualitativos ha ofrecido para comprender la construcción del muelle (Figura 50). Una vez ubicado a los pies del mismo en su lado norte y con la experiencia previa del año anterior, se procedió a retirar la unidad superficial (UE 4001) bajo la cual a una cota máxima de profundidad de -1,06 m por el lado norte y -0,38 m en el lado sur; se constató una unidad deposicional (UE 4002) que se extendía hasta los -1,29 m de profundidad por su extremo norte y -0,97 m en el sur. Este estrato, aportó algunos restos de malacofauna, caracterizándose por ser el nivel final de colmatación de la ensenada portuaria. La siguiente unidad (UE 4003) quedó definida por un nivel de relleno el cual alcanza una profundidad máxima de -1,51 m. Esta unidad de coloración oscura evidenciaba un alto contenido orgánico en descomposición, llegándose a constatar fragmentos de madera de mediano tamaño y algunos restos cerámicos. A continuación, se documentó una unidad limosa de coloración grisácea (UE 4004) la cual alcanzaba una profundidad máxima de -1,57 m. En esta unidad comenzó a aparecer el nivel freático.

Seguidamente, bajo esta unidad se documentó un vertido de elementos pétreos irregulares de pequeño y mediano tamaño (UE 4005), que conformaban una plataforma con una profundidad máxima de -1,97 m de la que se recuperó un pivote de ánfora. Esta unidad descansa sobre un potente nivel de relleno limoarcilloso de tonalidad grisácea (UE 4006) que aportó un nutrido conjunto de

Finalmente, en esta unidad, se documentaron los restos de un conjunto estructural de madera compuesto por el encofrado de tablonés dispuestos verticalmente (UE 4009), el cual ya había sido documentado parcialmente en el sondeo III, pero ahora, con la peculiaridad de que también fue documentado un tablestacado paralelo en su lado norte (UE 4008) a unos 3 m, de lo que se pudo constatar el cajón de encofrado empleado para la cimentación. En el interior de este encofrado, relleno con la unidad limoarcillosa rica en material arqueológico descrita líneas arriba, se encontraban hincados una serie de troncos a modos de pilotes dispuestos de forma vertical sobre un nivel estéril de limo (UE 4007) (Figura 55).

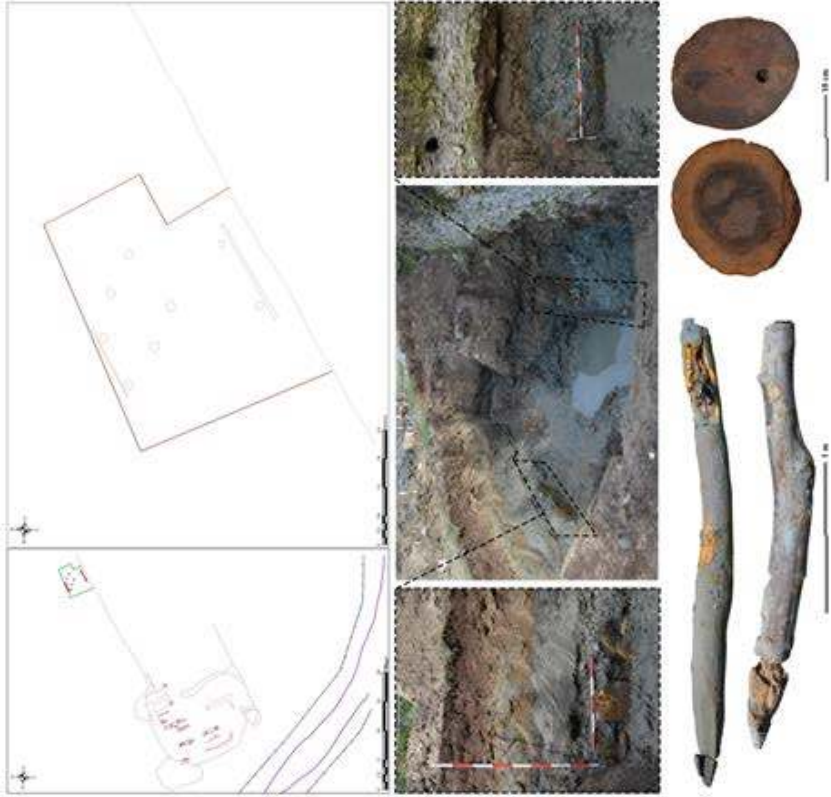


Figura 55. Posición y detalle del encofrado y los pilotes del pilotaje del relleno.

El estudio paleobotánico de las muestras de maderas extraídas del encofrado confirmaba el empleo de especies como *pinus* y *quercus* con edades en torno a los cincuenta años. Las dataciones de C14 de cuatro muestras de madera obtenidas de distintas partes del encofrado han ofrecido una datación absoluta calibrada que oscilan entre el 213-361, el 76-232, el 116-239 y 118-244, compartiendo todas las muestras el rango correspondiente al periodo de entre el 213-244, dentro de la primera mitad del s. III d.C. (tabla 5).

Muestras de madera	
Sample 1	(95.4%) 213 - 361 cal AD
Sample 2	(95.4%) 76 - 232 cal AD
Sample 3	(92.8%) 116 - 239 cal AD
Sample 4	(94.4%) 118 - 244 cal AD

Tabla 5. Cuadro con dataciones obtenidas de las muestras de madera del encofrado.

Este sistema de encofrados debió ser ampliamente utilizado en *Portus*, aunque si bien es cierto no son numerosos sus ejemplos hasta la fecha constatados. A este respecto en las excavaciones desarrolladas entre 1999 y 2000 en el área de la Dársena, en su ángulo suroccidental, se puso al descubierto la parte superior de la fila de tablas que conformaron una pared de encofrado en madera, probablemente de especies de ciprés o alisos (Morelli et al. 2005, 257). Nada se sabe de su datación o especies con seguridad, ni si conformó una doble pared como en el caso del muelle este-oeste.

Así pues, con el desarrollo de este sondeo se pudo documentar el sistema constructivo, conocido a través de las fuentes gracias a las descripciones que ya en su momento hizo el propio Vitruvio (V,13). De tal modo para la construcción se preparó una amplia zanja con unas dimensiones aproximadas de 19 metros de anchura y una profundidad variable desde sus márgenes hacia el centro hasta alcanzar los 7,6 m, coita conocida gracias a los testigos rotatorios extraídos desde la superficie del muelle y que permiten restituir una sección de este con precisión (Figuras 56, 57 y 58).

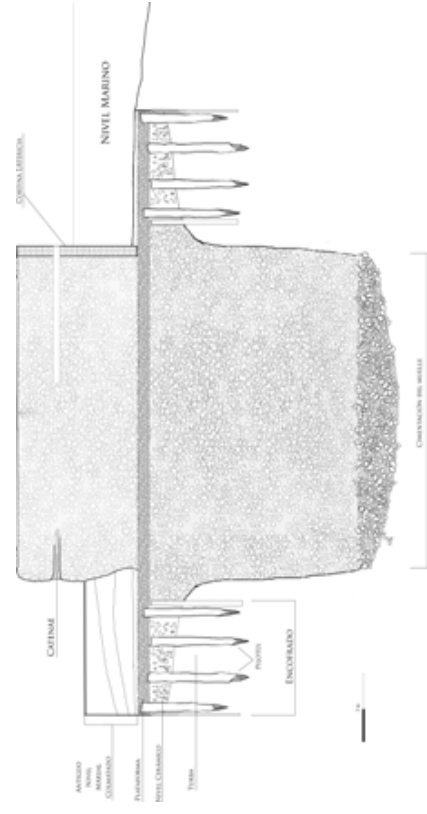


Figura 56. Sección norte-sur del muelle.



Figura 57. Restitución 3D del esquema constructivo.

Sondeos rotatorios

En esta campaña uno de los objetivos principales que se plantearon fue la realización de una serie de sondeos rotatorios en el área inmediata del muelle, así como en la parte superior del mismo, llegando a realizarse un total de 6 perforaciones. Estos sondeos rotatorios se vieron complementados con los realizados en la campaña de 2021, una campaña que estuvo centrada mayoritariamente en trabajos geofísicos (Vid. Cap. 3) pero en la que también se practicaron un total de dos sondeos rotatorios, uno en la parte superior del muelle y otro en su zona baja (Figura 58).

Así pues, de los sondeos rotatorios realizados en la parte superior del muelle, S1, S2 y S3, se reveló una potencia para la estructura, desde base a techo, distinta según la zona del muelle. Así para el primero de ellos, ubicado en la zona más occidental, el muelle cuenta con una potencia de 4,50 m mientras para el segundo de 5,50 m., finalmente el tercero, a una distancia de 25 m. del final presentó un registro de 9,60 m. Si descontamos de este registro los 2 m aproximados que tiene el muelle de parte aérea, se revela una estructura con una cimentación de 2,5 m, 3,5 m y 7,60 m respectivamente. Los testigos extraídos mostraban una serie de similitudes, en primer lugar, presentan una secuencia en orden descendente compuesta por morteros con elementos de tufo de mediano y gran tamaño que muestran una diferencia notable en la densidad y coloración de la argamasa que permite apuntar, una composición distinta en relación con la profundidad, como resultado de una posible construcción del núcleo del muelle por capas. Estos niveles son seguidos por otro, conformado por mortero con elementos pétreos de mediano tamaño que presentan restos de combustión, los cuales aparecen a profundidades distintas según el sondeo (S1: -2,80 m; S2: -4,70 m), e inmediatamente descansan sobre los niveles de sedimentación.

En segundo lugar, en el Sondeo 1, estos niveles correspondientes a los estratos sedimentarios aparecieron aproximadamente a los -4,50 m desde la rasante, mientras que en el Sondeo 2 a los -5,50m. Es en estas profundidades (respectivamente) en las que comienzan a apreciarse restos de mortero disperso y de compactación muy débil, mezclado con capas de naturaleza sedimentaria, y una ausencia total de elementos de tufo con presencia de algún elemento pétreo combustionado.

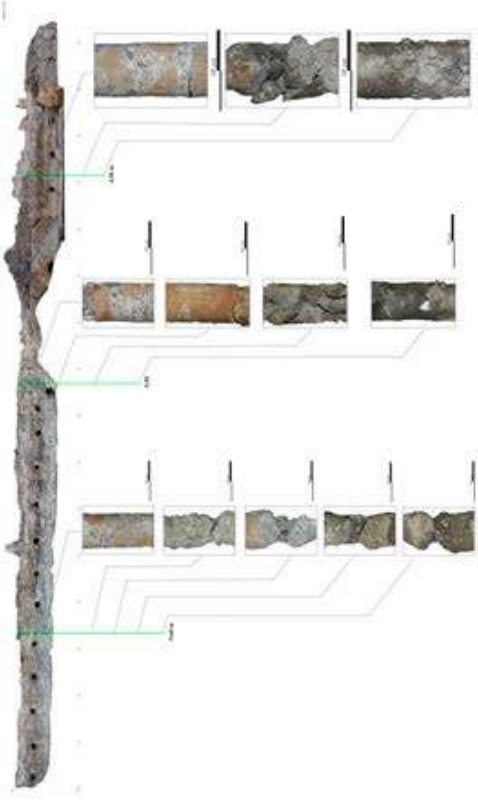


Figura 58. Sección del muelle este-oeste con indicación de la profundidad de su cimentación y muestras de coquerita.

Actualmente se encuentra en desarrollo el análisis de las distintas muestras petrológicas extraídas de estos testigos, así como el estudio de sus particularidades, composiciones, etc., no obstante, los resultados preliminares permiten entrever diferencias entre los distintos *caermenta* de los sondeos, síntoma probablemente de preparaciones diversas.

Consideraciones finales, un primer quinquenio de excavaciones en el muelle este-oeste

A lo largo de las páginas precedentes se han desglosado las actividades de excavación desarrolladas en el muelle, más concretamente en sus últimos metros. Si bien es cierto este capítulo se complementa con el relativo al estudio edilicio y fases constructivas de la estructura (vid. Cap. 5), se pueden establecer en este último apartado una serie de consideraciones al respecto de determinadas cuestiones. Así pues, desde un punto de vista cronológico relativo a la construcción del muelle las dataciones de C14 de varias muestras de madera del encofrado aportan una cronología coincidente para todas ellas de la primera mitad del s. III d.C. Conjuntamente, el estudio del material cerámico recuperado del relleno del encofrado comparte el mismo periodo temporal. Aquí reside una de las principales aportaciones de nuestro trabajo dado que la última parte del muelle parece corresponder a una obra de momentos severianos o inmediatamente posterior. No obstante, estos resultados relativos a su cronología no deben ser extrapolados a la totalidad del muelle, es decir, no debemos descartar la posibilidad de un muelle que ve su progresivo avance a medida que se produce la colmatación de la antigua dársena de Claudio. Esta es, distintas fases constructivas siendo la última la detectada en nuestras investigaciones. Esta idea podría guardar relación con las investigaciones realizadas en la zona de arranque del muelle, en donde se documentaron niveles de época de Claudio asociados a la construcción del mismo. Además de estos aspectos cronológicos, se ha podido establecer el sistema de construcción del muelle, basado en encofrados de madera con una anchura de 3 metros y elaborados en madera de pino y roble. Este sistema, documentado en algún punto de *Portus* de manera muy parcial (Morelli et al. 2005: 257), supone toda una novedad en los estudios del sitio al permitir conocer de manera casi completa cómo se articulaban dichos sistemas, sus componentes y método constructivo.

La construcción verá diversas remodelaciones o fases constructivas, todo parece indicar que, tras la erección de esta parte del muelle, le sucederá otra representada por un prolongamiento a modo de punta final. A este respecto se documentaron una serie de características constructivas y de fábrica que permitían establecer ambas partes. En primer lugar, la diferencia en la profundidad de su cimentación, sin ser un argumento concluyente, al menos muestra una significativa diferencia que debe ser tenida en cuenta. En segundo lugar, su fábrica muestra elementos diferenciadores, nivelaciones en los vertidos, un sistema de *catenae* de mayor diámetro, elementos que estarían revelando el empleo de módulos distintos en sus encofrados. Finalmente, existe una relación de adosamiento entre el cuerpo del muelle y su parte final, una unión en su fábrica claramente visible en su lado norte. Todos estos detalles, a falta de una excavación que profundice en la cimentación de la cabeza y permita obtener otros datos y dataciones, apuntan a la posibilidad de fases distintas. Por cuanto respecta a la cronología de la misma, poco podemos precisar de su construcción, aunque obviamente se produjo como pronto a partir de mediados del s. III d.C.

Seguidamente se ha podido documentar un tercer episodio en la vida del muelle, especialmente en su último sector, representado por un momento de ruina y amortización del mismo con la construcción de nuevos ambientes. Este proceso, fechado por el nivel de derrumbe documentado a los pies de la estructura en torno a la primera mitad del s. V d.C., supuso un cambio completo de la fisonomía de la estructura.

Poco tiempo después se producirá el adosamiento de diversas estructuras en los flancos del muelle que a modo de pantalanés permitieron dotar a la estructura de la cabeza de mayor superficie útil. Estas ampliaciones permitieron la erección, en el lado norte, de una potente estructura turriorme, quizás, con funcionalidades de señalización y avistamiento. Para estos momentos, fechados en la segunda mitad del s. V d.C. se asiste a una profunda transformación de todo *Portus*, con una clara búsqueda de la defensa del puerto que llevará a la remodelación de antiguas estructuras de almacenamiento, atraque, etc. Finalmente, se documenta un último proceso constructivo en el muelle, representado por el adosamiento en su lado norte de una nueva plataforma sobre la que se construirán nuevos ambientes. Lo escaso conservado de las mismas impide cualquier tipo de aproximación a su funcionalidad y cronología, aunque sí bien es cierto, como mínimo debió producirse a caballo entre los s. V-VI d.C.

Tras este último episodio, el muelle y su cabeza no volverán a mostrar síntomas de ocupación o reformas estructurales que lleven a pensar en un uso más allá del s. VI d.C., es, por tanto, que el área será abandonada y pasará a convertirse en un cúmulo de ruinas y cantera de materiales.

Bibliografía

- Airó, S., Rizzi, M. 2012. Cultura materiale da un sito rurale della puglia centro-meridionale trattato antico e medioevo, il caso di Seppannibale Grande (Fassano, BR-Italia), en *Atti del IX Congresso Internazionale sulla Ceramica Medievale nel Mediterraneo*, Venezia, 23-27 novembre de 2009, 344-348.
- Arévalo, A. y Bernal, D. 2007. *Las cetariae de Beolo Claudia: avance de las investigaciones arqueológicas en el barrio meridional (2000-2004)*, Universidad de Cádiz.
- Barker, P. 1977. *Techniques of Archaeological Excavation*, Batsford, London.
- Caballero, L. 1987. El método arqueológico en la comprensión del edificio (sustrato y estructura), *Curso de Mecánica y tecnología de los edificios antiguos* COAM, 33-58. Madrid.
- Caballero, L. 1996. Análisis estratigráfico de construcciones históricas, in C. Escribano y L. Caballero (Coords.) *Arqueología de la arquitectura, el método arqueológico aplicado al proceso de estudio y de intervención en edificios históricos*, 55-74. Burgos.
- Bermejo, J., Campos, J.M., Bermejo, A., Fernández, L., Sebastiani, R. y Sánchez-Hernando, L. J. 2023. *Portus*, New Contributions to its Research: Construction Systems and Dating of the East-West Docks, *Journal of Maritime Archaeology*, vol. 18, issue 2, doi.org/10.1007/s11457-023-09360-9.
- Bermejo, J., Campos, J.M. y Sebastiani, R. e.p. a. Investigaciones en el muelle este-oeste de *Portus*, resultados e interpretaciones, *Homenaje al Prof. Simon Keyes*.

- Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R., Bermejo A., Fernández L., Marfil, F. y D'Ammassa, C. e. p. b. El muelle este-oeste de *Portus* y sus ambientes, primeros datos sobre su configuración arquitectónica, en *Atti del VI Seminario Ostiense* (Roma, 10 y 11 de marzo de 2019).
- Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R., D'Ammassa, C., Fernández, L., Bermejo, A. y Marfil, F. 2021a. *Il molo est-ouest a Portus. Un'analisi preliminare della archeologia della architettura*, en N. Laubry y F. Zevi (eds.), *Ostia, L'Italia e il Mediterraneo. Intorno all'opera di Mireille Cèbeillac-Gervasoni* (Atti del V Seminario Ostiense, Roma, 21-22 de febrero de 2018): 201-209, École Française de Rome, Roma.
- Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R., Fernández, L., Marfil, F., Bermejo, A. y D'Ammassa, C. 2021b. El denominado muelle de la linterna de *Portus*. Primeras investigaciones y resultados, en *Actes du 12ème Colloque Historique de Fréjus. Fréjus, les ports dans l'espace méditerranéen antique Fréjus et les ports maritimes* (Fréjus, 16-17 de noviembre, 2018): 303-316.
- Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R., Fernández, L., Bermejo, A., Marfil, F., D'Ammassa, C., Baena, E., Domínguez, E., Rodríguez, N. E. y Sánchez, L. J. 2021c. Los puertos imperiales de Roma: investigaciones geoarqueológicas en el muelle este-oeste de *Portus*, en J.M. Campos y J. Bermejo (eds.), *Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos*: 583-610, L'érma di Bretschneider.
- Bodet, J. 2005. "Speaking signa and the Brickstamps of M. Rutilius Lupus", en *Interpretare i bolli laterizi di Roma e della valle del Tevere* (Bruun, C. Ed.), 61-94.
- Bonifay, M. y Piéri, D. (1995): "Amphores du Ve auVIIe s. à Marseille: nouvelles données sur la typologie et le contenu", *Journal of Roman Archaeology*, Vol. 8, 94-120.
- Brogliolo, G.P. y Cagnana, A., 2012. *Archeologia dell'architettura-metodi e interpretazioni*. Cambridge University Press, New York, 358 pp.
- Campos, J.M., Bermejo, J. y Sebastiani, R. e.p. El muelle este-oeste de *Portus*, novedades geoarqueológicas en el contexto de los puertos imperiales, en *Actas del Congreso Internacional Entre Mares: emplazamiento, infraestructuras y organización de los puertos romanos* (Irún, noviembre de 2021).
- Carandini, A., 1984. *Arqueología y cultura material. Textos de antropología*, Barcelona.
- D'Ulizia, A., 2005. L'archeologia dell'architettura in Italia. Sintesi e bilanciodegli studi. *Archeologia dell'architettura*, X: 9-42.
- Francovich, R. y Valentini, M. (1997): "La cerámica d'uso comune in Toscana tra V-X secolo. Il passaggio tra età tardoantica ed' altomedioevo", en *La Céramique médiévale en Méditerranée*, Actes du Vie Congrès de L'AIECM2 (Aix-en-Provence, 13-18 novembre 1995), Narrations Editions, Aix-en-Provence, 129-137.
- Giannichedda, E., 2004. L'incorrreggibile 'Harris' ed' alter questioni. *Archeologia dell'architettura*, IX: 33-44.
- Giannichedda, E., 2016. *Archeologia teorica*. Carocci editore. Studi i Superiori.
- Goenry, C., de Beaulieu, J. L. 1979. A propos de la concentration du pollen à l'aide de la liqueur de Tholet dans les sédiments minéraux. *Pollen et Spores* 21: 239-251.
- Harris, E. 1991. *Principios de estratigrafía arqueológica*. Barcelona.
- Hartley, B.R. y Dickinson, B.M. 2011. *Terra Sigillat*, 8, Londres.
- Harvey, H., 1997. Structures as Stratified Remains, An 'Excavation' of the Structures of the King's Castle, Bermuda, *Journal of Archaeology and Maritime History*, 9, 1-64.
- Hayes, J.W., 1972. *Late Roman Pottery*, British School at Rome. London.
- Hester, T.R., Shafer, H.J., Feder, K.L., 2016. *Field methods in archaeology*.
- Keyes, S., 1984. *Late Roman Amphorae in the Western Mediterranean, a typology and economic study. The Catalan evidence*, BAR SERIES, Oxford.
- Lagomarsino, S., Boato, A., 2010. *Stratigrafia e statica. Archeologia dell'architettura*, XV: 47-54.
- Lugli, G. y Filibeck, G. (1995): *Il Porto di Roma Imperiale e l'agro portuense*, Roma.
- Manana, P., Blanco-Roeta, R. y Ayán, X.M. 2002. *Arqueoestructural: Bases teórico-metodológicas para una Arqueología de la Arquitectura*. Santiago de Compostela.
- Moliner, M., Bien, S., Bonifay, M., 2007. La céramique de la basilique paléochrétienne de la rue Malaval à Marseille, approche préliminaire. *Late Roman Coarse Wares, Cooking Wares and Amphorae in the Mediterranean (LCRW2)*, BAR International Series 1662 (0), Vol. 1: 275-286. Oxford.
- Morelli, C., Paroli, L., Veduchi, P. A. 2005. Summary of other recent fieldwork at *Portus*, en Keay, S., Millet, M., Paroli, L., Strutt, K., *Portus, Archaeological Monographs of The British School at Rome*, 241-258.
- Muñiz, F., Belaustegui, Z., Gómez, P., Rodríguez, J., Bermejo, J., Campos, J.M., Ruiz, F., Cáceres, L., Martín, M., Gómez, G., Toscano, A., González-Regalado, M.L., Abad, M., Izquierdo, T. 2021. "El rol

- la zonación icnológica-ecológica en el muelle de la Linternia de Portus", en Campos, J.M., Bermejo, J. (eds) *Del Adriático al Tirreno, puertos hispanos e itálicos. L'erna di Bretschneider. Roma*, 611-634.
- Parenti, R. 1996. Individualización de las unidades estratigráficas murarias. C. Escrivano y L. Caballero (Coords.) *Arqueología de la arquitectura, el método arqueológico aplicado al proceso de estudio y de intervención en edificios históricos*: 75-85. Burgos.
- Parenti, R. 2003. Alcune considerazioni in nota a *The stratigraphy of standing structures* di Edward C. Harris. *Archeologia dell'architettura*, VIII: 15-16.
- Pé, M., Adroher Auroux, A., 1991. Principes d'enregistrement du mobilier archéologique. En: VV.AA. LATTARA 4: Système d'enregistrement de gestion et d'exploitation de la documentation. Issue des fouilles de Lattes. Association pour la Recherche Archéologique en Languedoc Oriental. Lattes, 1991.
- Piton, J., 2007. Feuilles de L'Esplanade, Arles, Nouvelles observations sur les contextes amphoriques (Milieu du IV s.-Troisième quart du IV s. *Late Roman Coarse Wares, Cooking Wares and Amphorae in the Mediterranean (LCRW2)*, BAR International Series 1662 (I), Vol. 1: 287-292. Oxford
- Remolá, J. 2000. *Las ánforas tardo-antiguas en Tarraco (Hispania Tarraconensis)*. Colección Instrumenta, 7, Universitat de Barcelona. Barcelona.
- Reynolds, P., 2003. Discussion De Rome à Bizance; de fostat à cordue évolution des facies céramiques en Méditerranée (V-IX siècles). Spain, Portugal and the alearics, 4th-7th century (Late Roman, Byzantine and Visigothic. *Actas VIIe Congrès International sur la Céramique Méditerranée en Méditerranée, Thessaloniki, 11-16 Octobre 1999*, Ministère de la Culture, 571-594.
- Sagù, L., Ricci, M., y Romei, D. (1997): "Nuovi dati ceramologici per la storia economica di Roma tra VII e VIII secolo", en *La Cerámica medievale en Méditerranée*, Actes du Vie Congrès de L'AIECM2 (Aix-en-Provence, 13-18 novembre 1995). Narrations Éditions, Aix-en-Provence, 35-48.
- Steinby, M. (1974-75): "La cronología delle figlinae dolia riurbane dalla fine dell'età repubblicana fino all'inizio del III secolo", *BCom* 84, 7-132, tavv. 1-4.
- Tabales, M.A., 1997. La arqueología en edificios históricos. Propuesta de intervención y análisis global a través de la experiencia sevillana. *Boletín del Patrimonio Histórico Andaluz*, 20: 65-81.
- Tosco, C., 2003. Una proposta di método per la stratigrafia dell'architettura. *Archeologia dell'architettura*, VIII: 17-27.
- Zanini, E., 2003. La cerámica bizantina in Italia tra VI e VIII secolo. *Actas VIIe Congrès International sur la Céramique Médievale en Méditerranée, Thessaloniki, 11-16 Octobre 1999*, Ministère de la Culture, 381-394.

5.

Análisis arqueoarquitectónico y evolución del muelle este-oeste de Portus. Nuevos datos para su comprensión

J. Bermejo¹, J. M. Campos¹, L. Fernández¹,
A. Bermejo¹, R. Sebastiani²

¹ Centro de investigación en patrimonio histórico, cultural y natural. Universidad de Huelva
² Soprintendenza Speciale Archeologia Belle Arti e Paesaggio di Roma

Resumen

En el presente capítulo se expone la evolución cronológica y funcional que experimentó el muelle este-oeste, comúnmente conocido como de la Linternia, entre su construcción en la primera mitad del siglo III d. C. y su abandono en el siglo VI d. C. Concretamente, las investigaciones arqueológicas llevadas a cabo (análisis edificio, excavaciones, sondeos rotatorios, escaneos láser), permiten teorizar sobre la posibilidad de que nos encontremos ante un muelle que se fue construyendo de manera progresiva según se iba colmatando la ensenada portuaria, correspondiendo el último tramo a una ampliación de época severiana o inmediatamente posterior. Se trata de una infraestructura bastante dinámica a nivel morfológico y funcional, pues a lo largo de los cinco episodios constructivos que hemos podido constatar, se aprecian importantes reformas que permitieron su conversión desde un espacio ciertamente monumental, merced a la presencia de varias columnas, a un área de almacenamiento, para volver a sufrir importantes remodelaciones en época tardía al calor de la fortificación que estaba sufriendo todo el conjunto de almacenes y zonas de atraque de Portus.

Palabras claves

Muelle, estructuras turriiformes de señalización, almacén, análisis edificio, excavación

Abstract

This chapter describes the chronological and functional evolution of the east-west pier, commonly known as the lantern pier, between its construction in the first half of the 3rd century AD and its abandonment in the 6th century AD. Specifically, the archaeological research carried out (building analysis, excavations, deep drill coring, laser scanning) allows us to theorise that we may be dealing with a pier that was built progressively as the port inlet was gradually filled in, with the last section under study in this chapter corresponding to an extension from the Severan period. It is a fairly dynamic infrastructure at a morphological and functional level, as throughout the five construction episodes that we have been able to observe, important alterations can be seen that allowed its conversion from a certainly monumental space, demonstrated by the presence of several columns, to a storage area, undergoing further important remodelling again in the late period in the context of the fortification of the whole set of warehouses and dock areas of Portus.

Keywords

pier, turriiform signalling structures, warehouse, building analysis, excavation

Evolución arqueoarquitectónica del muelle este-oeste

Las campañas anuales de investigación desarrolladas entre los años 2017 y 2020 han podido fundamentar una primera aproximación a la evolución arqueoarquitectónica del extremo final del Muelle este-oeste (Bermejo *et al.* 2021c: 521; 2023). Para ello se han combinado los datos extraídos tanto de los análisis edicios, como de las excavaciones desarrolladas en los últimos veinte metros del muelle y los tres flancos de su zona más occidental o puntal, donde se han planteado distintos sondeos y sondeos rotatorios. En definitiva, una amplia combinación de metodologías, que, sumadas al carácter multidisciplinar del propio proyecto, han sentado las bases para poder articular un discurso sólido sobre los diferentes episodios constructivos que acontecieron en esta infraestructura desde su momento fundacional, hasta su definitivo abandono y amortización.

Precisamente, los datos geoaqueológicos obtenidos hasta la fecha nos hablan de una infraestructura portuaria extremadamente dinámica en su configuración, con un total de seis fases de desarrollo arquitectónico que se sucedieron en el tiempo entre la primera mitad del siglo III d. C. e inicios del VI d. C. (Figura 1) (Campos, Bermejo y Sebastiani e.p. b):

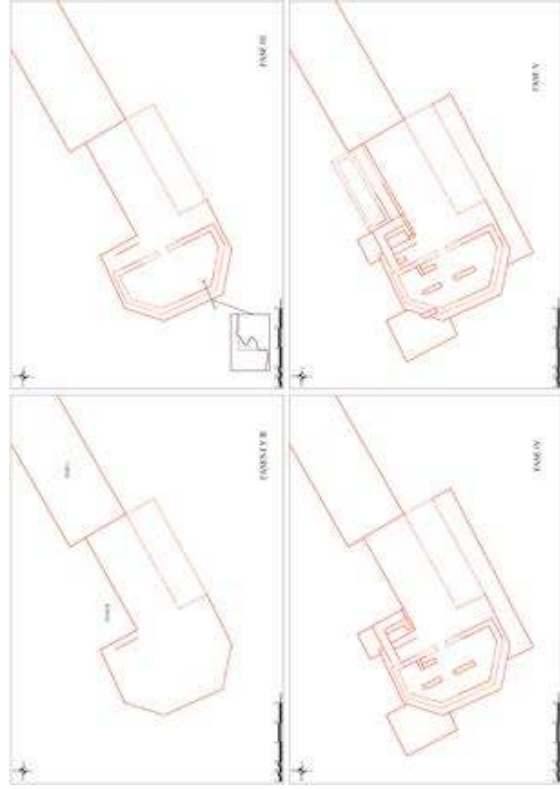


Figura 1. Evolución constructiva por fases del último tramo y cabecera del muelle.

– **Iª Fase. Construcción del muelle.** El primer episodio se corresponde con el momento de construcción del propio muelle, al menos para su tramo final, establecido cronológicamente en la primera mitad del siglo III d. C. En este sentido, debemos precisar que los resultados obtenidos nos han llevado a plantear un interesante debate cronológico, que sólo futuras campañas podrá dilucidar, entre la realidad manifiesta de que nos encontremos ante un muelle de cronología bajoimperial; o en su defecto, lo que nos parece más factible, que se trate de una dársena donde el paulatino proceso de colmatación producido por la acción mareal, combinado con la dinámica antrópica derivada del trasiego comercial, obligara a los responsables de su mantenimiento a tener que ir planificando periódicas ampliaciones conforme la rada portuaria se iba sedimentando y alejando del agua desde época altoimperial (Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.).

Sin adentrarnos en los procesos metodológicos que han propiciado la constatación de todos los datos que se plantearán a continuación, por ser fruto del anterior capítulo (Vid. Cap. 4), podemos decir que para el alzado del último tramo del muelle se empleó un sistema arquitectónico plenamente conocido gracias a las descripciones que ya en su momento hizo el propio Vitruvio (Vitr, V-13). Para la fase inicial se programó la construcción de una zanja de encofrado de aproximadamente 19 m de anchura y una profundidad variable que llegaría alcanzar los 7,6 m en su parte central más profunda. Sus extremos fueron acondicionados mediante un sistema de encofrado de madera con tablones. Por su parte, el espacio delimitado al interior fue apuntalado mediante pilotes de madera hincados directamente sobre la propia turba; estos elementos constructivos contaron con una longitud de unos 10 pies de largo y punta endurecida mediante su combustión. Una vez configurada la armadura de esta obra arquitectónica se procedió a su relleno mediante el vertido de un potente nivel de material cerámico de desecho, fundamentalmente elementos de transportes y de mesa, con la intencionalidad de articular una base drenante. Finalmente, sobre este nivel se dispuso un segundo paquete conformado por

material pétreo heterométrico encargado de sellar toda el área (Figura 2) (Bermejo et al. 2021c: 595; Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.).

El material cerámico recuperado en el relleno del encofrado responde a un representativo elenco de envases de transporte identificados con los tipos Keay VI, VII.3, LII y XXIV, así como algunas piezas de vajilla fina africana tipos C y D en sus formas 27, 52 y 182 de Hayes, además de varios ejemplares de africana común de cocina correspondientes a las formas 196A y 197 de Hayes; un repertorio que en líneas generales remite a un contexto cronológico centrado en la primera mitad del siglo III d. C. Conjuntamente, el estudio paleobotánico de las muestras de maderas extraídas del encofrado no sólo confirma el empleo de especies como *pinus* y *quercus*, con una datación mediante C14 que refrenda dicha cronología cronológico compartido en la primera mitad del siglo III d. C. (Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.). Este sistema de encofrado no ha sido muy documentado hasta la fecha, podemos traer a colación la aparición de un sistema similar en el ángulo suroccidental de la dársena (Morelli et al., 2005: 257).

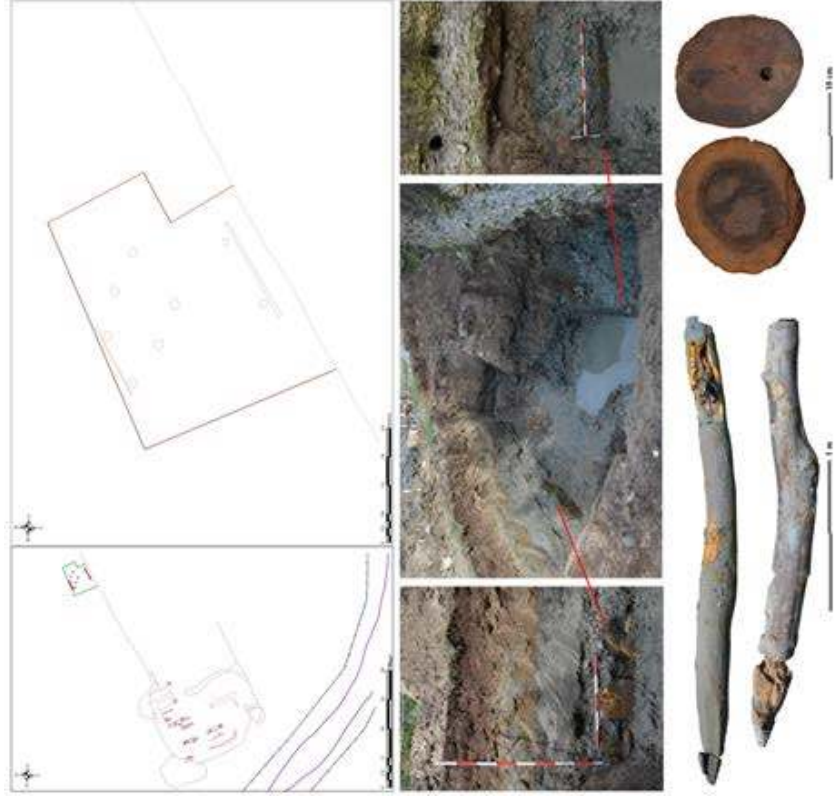


Figura 2. Documentación de parte del sistema de encofrado empleado en la construcción del muelle.



Figura 3. Reconstrucción 3D del sistema de cimentación y alzado del muelle.

Una vez afianzado el sistema de encofrado, su firme pudo ser empleado como plataforma de servicio desde la que poder iniciar la construcción de la cimentación del muelle propiamente dicho. Desde la misma se favorecerá el vaciado inicial de la zanja, así como sus distintos niveles de vertido de *coemeta* hasta alcanzar la cota rasante de esta plataforma de trabajo. A partir de este nivel se iniciará el alzado del propio muelle con una obra mucho más regularizada (Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.) (Figura 3).

Hasta el momento se han intervenido unos 30 m de su lado occidental y 21,50m del oriental, con una altura aproximada de 1,98m. Este sector del muelle sigue un patrón constructivo muy bien definido, con una edificación donde se aprecia la sucesión de varias tongadas de tufa, cal, arena y piedra caliza, con revestimiento exterior realizado mediante *opus testaceum* (Bermejo et al. 2021: 208). A lo largo de su desarrollo son múltiples las unidades negativas que se han preservado tras la desaparición de las maderas empleadas en el sistema de encofrado. Su disposición a lo largo del mismo sigue un patrón plenamente regularizado. Sus diámetros también son bastante homogéneos, entre los 30 y 40cm (Figura 4), a excepción de la más meridional o próxima a la cabecera, la cual posee una amplitud de 55cm. Igualmente resulta llamativo que se ubique a una cota más baja que todas las demás, una realidad que creemos pudo ser el resultado de la remodelación u obra que se emprendió con motivo del adosamiento de un último añadido, a modo de puntal, del muelle en la siguiente fase (un indicio más en la corroboración de esta propuesta es la existencia de una unidad de *opus latericium* que se desarrolla justo desde esta negativa hasta el techo de la estructura, a modo de costura o unión entre ambos elementos constructivos -muelle y cabecera-).

Gracias a un pequeño sondeo abierto a las traseras de una de las plataformas que fueron adicionadas al muelle con posterioridad –se analizarán en sucesivas fases–, se pudo corroborar parte del pavimento de este muelle (Figura 5). Se trata de una fábrica tosca, pero consistente, a base de fragmentos de material latericio trabajados con cal, sobre el que fue dispuesto una alineación de placas de ladrillos, con una importante acanaladura, que recuerda a un posible umbral empleado para recibir, tal vez, una puerta corredera –debido a las limitaciones metodológicas sólo se pudieron constatar 1,20m de largo, por 0,60m de ancho–.

En cuanto a la potencia de este muelle, los sondeos rotatorios realizados sobre el mismo revelan diversas profundidades para su cimentación. Así pues, de las perforaciones realizadas la cimentación oscila en torno a los 7,60 m, siendo menor a medida que el muelle avanza hacia su extremo, con profundidades de 3,50 y 2,5 respectivamente¹ (Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.:

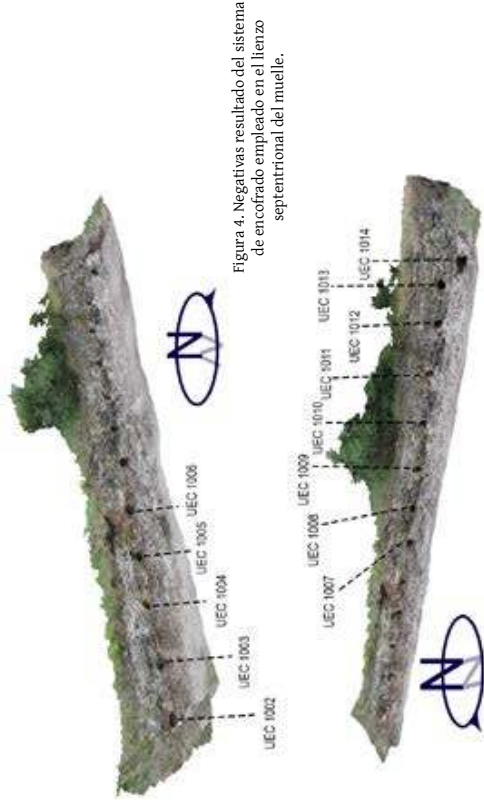


Figura 4. Negativas resultado del sistema de encofrado empleado en el lienzo septentrional del muelle.

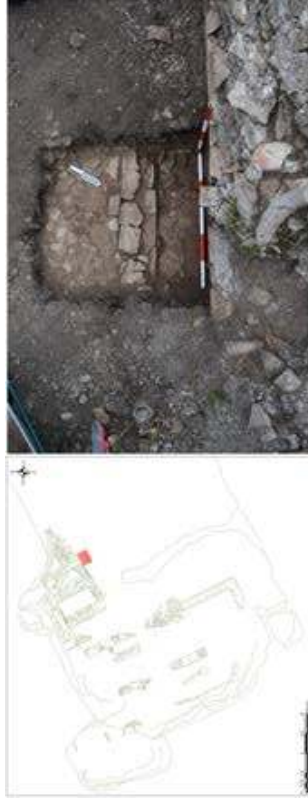


Figura 5. Pavimentación original del muelle.

Bermejo, Campos y Sebastiani e.p.). Los testigos revelan una secuencia estratigráfica en la que pueden apreciarse importantes disimilitudes en la coloración de los morteros y ladrillos; lo cual permite teorizar, a falta de estudios más precisos, sobre una composición escalada en el tiempo de sus distintas tongadas. Especialmente llamativa en esta secuencia es la capa constatada entre los -4,70m y -5,50m (Bermejo et al. 2021:c:599), donde comienza a apreciarse una menor consistencia en la obra, con elementos pétreos de mediano tamaño combusionados en parte, mezclados con capas de naturaleza sedimentaria.

– **IIª Fase. Ampliación del muelle.** Como ya hemos comentado, la fuerte dinámica mareal de la zona haría necesario que en un corto periodo de tiempo el muelle viese la necesidad de un prolongamiento, construyéndose en este caso su puntal o cabecera. Las diferentes intervenciones arqueológicas desarrolladas hasta el momento han permitido corroborar que este aditamento fue concebido en su fase original como una ampliación de planta poligonal (Figura 6), con una extensión aproximada de 290 m² (Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.).

¹ a la potencia de estas cimentaciones habría que añadir: los 2,0 m. aproximadamente de media que presenta la obra viva del muelle, 5,5 y 4,5 respectivamente. Para un mayor detalle Vid. Cap. 8.

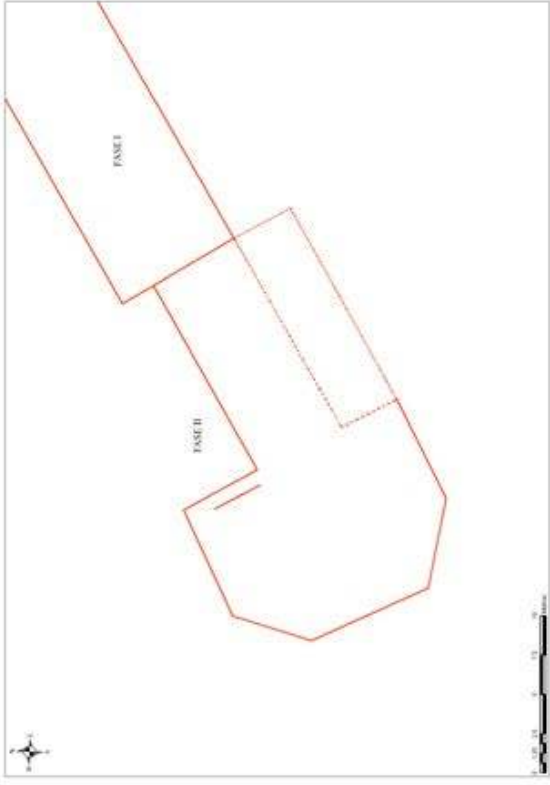


Figura 6. Planta de la primera y segunda fase del muelle.

La conexión entre ambas estructuras, muelle y cabecera, pudo ser constatada tras la limpieza llevada a cabo durante la campaña de 2018. Tras la finalización de dichos trabajos quedó en evidencia la existencia de una relación de adosamiento/añadido entre ambas a través de una fábrica de ladrillos de 1,40 x 0,39m. Esta unidad, que recorre de techo a suelo toda la obra sólo se ve interrumpida por la existencia de una negativa proveniente del sistema de encofrado (Figura 7). Esta unidad, presentada con anterioridad, rompe la uniformidad paramental de toda la estructura del muelle al encontrarse a una cota más baja que las restantes, a ello se debe sumar que, tras el escaneado láser efectuado en este sector, se pudo observar que mientras que todas las negativas del muelle se disponen en línea recta, ésta última lo hace en oblicuo, síntoma inequívoco de un remate en cimentación de la obra (Figura 7) (Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.).



Figura 7. Soluciones arquitectónicas implementadas en el adosamiento del puntal al muelle.

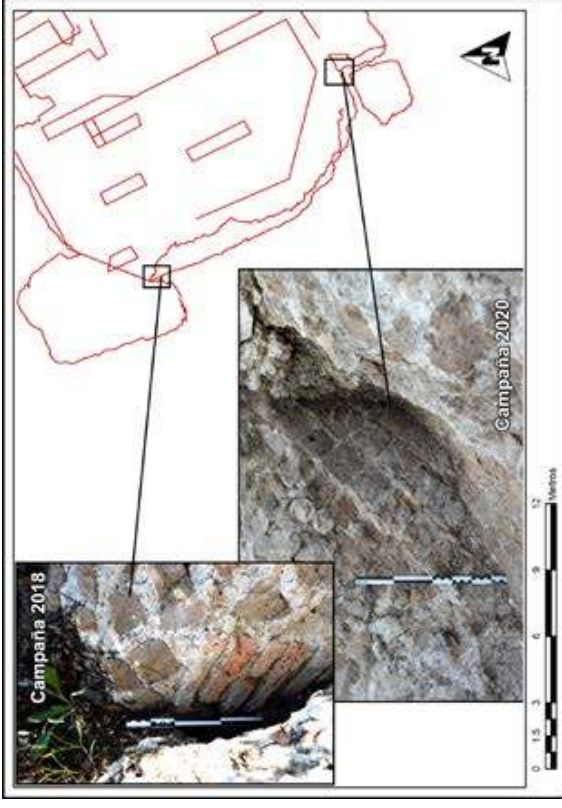


Figura 8. Restos conservados del opus mixtum que revisitó toda la obra de la cabecera en su fase primitiva.

Este añadido generó un cambio en la morfología del muelle que pasó a tener una planta en forma de T o martillo⁷. Si nos concentramos en su tramo final o engrosamiento podemos decir que a nivel edilicio es bastante homogénea, consistente en vertidos de *cementa* ricos en piedra caliza y tufo, en cuya disposición se diferencian hasta cuatro tongadas diferentes como resultado del sistema de emparrillado empleado en su construcción (Bermejo et al. 2021b: 306). A diferencia del caso anterior, parece ser que toda la obra fue revestida mediante un *opus mixtum* (Figura 8), con una cortina central realizada en *opus reticulatum* y soluciones de esquina en *opus latericum* –las diferentes reformas llevadas a cabo sobre esta cabecera hacen que sea prácticamente inapreciable salvo en pequeños recovecos- (Bermejo et al. 2021c: 599).

A pesar de que se trata de una construcción ciertamente igualitaria (muelle y cabecera), visualmente destacan algunos elementos arquitectónicos en esta segunda infraestructura que rompen dicha uniformidad y, que por tanto, precisan de una descripción más detallada (Bermejo et al., 2021a: 204):

- Múltiples negativas rodean la cabecera por todas sus caras como consecuencia de la desaparición de los maderos que soportaron el sistema de encofrado. Entre ellas no existe una regularidad en su disposición, ni siquiera en sus cotas o diámetros. En esta línea, las ubicadas en la cara septentrional muestran una cierta horizontalidad en su disposición lineal, distanciadas unas de otras unos 2m (Bermejo et al. 2021b: 306); no así las localizadas en la cara oeste (Figura 9), que además de ser más numerosas, son más irregulares tanto en

⁷ Como ha quedado reflejado en la planimetría presentada, sabemos con certeza que tuvo esta morfología por su extremo septentrional; no obstante, no podemos trabajar con certezas para el meridional, donde la existencia de un potente añadido, unido a la existencia de numerosos árboles y una menor intensidad en las intervenciones, han provocado que desconozcamos con exactitud su forma o acabado original. Pese a ello, y por seguir una lógica en el programa arquitectónico, presuponemos que su acabado debió ser en T.

distanciamiento, como en diámetros e incluso cotas, muy posiblemente debido a la mayor pérdida de masa por este extremo³.

- En una de las tongadas de la cara septentrional se puede apreciar como ésta fue regularizada mediante la colocación de una hilera de tégulas dispuesta en horizontal, un recurso bastante común en *Portus* que se constata por ejemplo en el espigón exterior del puerto de Trajano.
- La pavimentación de esta cabecera fue trabajada de manera diferente al resto de la obra. Para facilitar la adecuación de las estructuras que se iban a proyectar sobre ella, el vertido de la obra fue sellado mediante un encarcho de piedras de pizarras trabadas con argamasa de cal (Bermejo et al. e.p.) (Figura 10).



Figura 9. Escaneado láser del puntal del muelle donde se aprecia la longitud de las negativas del encofrado



Figura 10. Pavimentación del puntal del muelle.

- Los últimos elementos arquitectónicos que rompen visualmente la uniformidad anteriormente comentada son los sillares apreciables en la cara septentrional del puntal (Bermejo et al. 2021b: 306). Ambos están colocados a una cota casi idéntica, de hecho, entre ellos sólo media un desnivel de 3cm de diferencia. En el caso del más nororiental, las labores de limpieza han permitido corroborar que formó parte de un elemento arquitectónico mucho más complejo de lo apreciable a simple vista, arbitrado en la esquina nororiental donde se ensancha el puntal del muelle con el fin de sustentar y aliviar la presión que las estructuras ubicadas encima pudieran ejercer sobre este punto de conexión. Concretamente se trata de un arco de ladrillos de descarga, reforzado en su esquina mediante la colocación de un sillar. Las piezas latericias documentadas aparecen dispuestas a sardine (Figura 11), aparentemente configurando un arco de medio punto –pues sólo se han podido documentar ocho dovelas de 29,6 x 15,5 x 4 cm de módulo- (Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.). Hasta el momento, y debido a las diferentes infraestructuras auxiliares que se fueron adosando a la cabeza del muelle (se analizarán en las siguientes fases), sólo podemos corroborar la existencia del arranque de este sistema en la esquina nororiental, aunque presuponemos que el segundo sillar de la esquina noroccidental tuvo idéntica finalidad; una hipótesis que sigue siendo una incógnita dado que por este lado se produjo el adosamiento de una plataforma tardía que impide que podamos visualizarlo.

En cuanto a la potencia de esta cabecera del muelle, los testigos extraídos y el análisis del material (Bermejo et al. 2021c: 599; Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.; Bermejo, Campos y Sebastiani e.p.) apuntan a la graduación de la calidad y consistencia de los mismos en sentido descendente.

Poco podemos decir sobre la articulación arquitectónica que se arbitró sobre este nuevo añadido, pero sí de la monumentalidad que debió exhibir. Las infraestructuras de esta fase se encuentran casi en su totalidad arrasadas o amortizadas bajo las construcciones posteriores que desdibujaron su planta original; pese a ello, las improntas dejadas en el encarcho, así como los escasos alzados que aún eran visibles en el momento de su intervención, permiten teorizar sobre la existencia de

³ El extremo meridional presenta una ampliación tardía que impide que podamos analizar cómo se dispusieron las negativas de la fase de construcción de la cabecera. Las observables hoy día responden a esa remodelación mencionada.

estructuras de enorme porte, con muros de sustentación en *opus testaceum* de 0,90m de ancho, muy posiblemente ornamentadas de manera monumental mediante columnas de mármol pertenecientes a tres órdenes diferentes (Bermejo et al. 2021b: 309; Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.).

Los restos arquitectónicos se concentran básicamente en el perfil nororiental, donde un análisis edilicio en profundidad del espacio ha permitido constatar algunos conjuntos paramentales (Bermejo et al. 2021c: 596; Bermejo et al. e.p.): el más significativo se localiza en la esquina oriental, donde se produce el ensanchamiento del muelle. Esta obra estuvo conformada por al menos dos paramentos; el primero de ellos, orientado en sentido norte-sur sobre el ya mencionado sistema de arcos de descarga (Figura 12), conserva unas dimensiones de 5m de longitud, 0,90m de anchura y 0,40m de potencia; mientras que el segundo, dispuesto en perpendicular al anterior en sentido este-oeste, delimitando lo que debió ser la fachada septentrional, conserva de manera bastante irregular unas dimensiones de 7,50m de longitud, por 0,32m de anchura (Figura 12). Ambos muros fueron levantados íntegramente mediante el empleo de *opus testaceum*, al menos en su parte baja documentada, en la que se utilizó un sistema constructivo basado en la disposición de materiales latericios fragmentados con argamasa rica en cal para su núcleo interior, y una cortina exterior de ladrillos completos, o semicompletos, dispuestos en forma de cuña.



Figura 11. Sistema de arco de descarga documentado en la esquina nororiental.



Figura 12. Elementos arquitectónicos correspondientes a la posible estructura de porte monumental.

Asociado a estas estructuras paramentales, con un nivel de preservación bastante irregular a lo largo de toda la superficie, se documentó un nivel de pavimentación de argamasa de cal con una potencia que ronda entre los 2/4cm. Es muy posible que este suelo fuese acondicionado con el objetivo de recibir una pavimentación musivaria, tipo *opus tessellatum* (Bermejo et al. 2021c: 591; Bermejo et al. e. p. a), pues si bien es cierto que durante ninguna de las intervenciones realizadas se ha constatado la presencia de teselas *in situ*, su número entre las evidencias materiales recuperadas es bastante significativo como para poder plantear esta hipótesis.

De esta primera fase también conservamos la impronta, sobre esta pavimentación de cal, de lo que debió ser un tercer paramento de gran porte dispuesto en perpendicular a la fachada y en paralelo al primero, tal vez un muro divisorio o de carga del espacio interior de la infraestructura que venimos comentando. Concretamente, la limpieza de dicha huella permitió constatar una longitud de 3,20m de largo, por 1,10m de anchura, del inicio del arranque de la primera hilada de esta obra realizada a base de tufo, ladrillos y mortero de cal de gran calidad.

En cuanto a los elementos marmóreos recuperados a los pies de la cabecera del muelle⁴, podemos decir que se trata de cuatro columnas de órdenes y dimensiones diferentes (Bermejo et al. 2021a: 205) (Figura 13). La primera de ellas, ubicada en sentido este-oeste, en paralelo al puntal, posee 2,15m de largo, por 0,67m de ancho, por 0,30m de altura; la segunda, dispuesta con un marcado buzamiento en sentido norte-sur, posee 2,10m de largo, por 0,62m de ancho, por 0,28m de altura; la tercera, ubicada casi debajo de la primera posee una longitud de 0,60m de longitud, por 0,50m de ancho; mientras que la cuarta y última, ubicada en el extremo noroccidental del corte es de 0,60m de largo, 0,50m de ancho y 0,17m de altura excavada.

Estas piezas decorativas, además de colmatadas por diversos niveles sedimentarios correspondientes a los procesos de amortización y abandono del muelle, aparecieron asociadas a importantes niveles de derrumbe que cayeron a plomo sobre el lecho marino (Bermejo et al. 2021a: 205). Se trata de desprendimientos que en su día compartieron la misma matriz morfológica, consistente en una sólida combinación de elementos pétreos calizos de mediano y pequeño tamaño, junto con piedras volcánicas (Bermejo et al. 2021b: 308). Casi con toda probabilidad proceden del lateral septentrional del extremo del muelle, así como del arranque de las infraestructuras superiores ya analizadas.



Figura 13. Sondeo de la fachada septentrional de la cabeza del muelle donde se constataron importantes elementos arquitectónicos y parte del derrumbe de la obra original.

⁴ Estos elementos arquitectónicos fueron hallados gracias a la apertura de un sondeo de excavación a los pies de la cabecera del muelle, concretamente en su perfil septentrional.



Figura 14. Foto detalle del derrumbe occidental en el que se pudo apreciar el desprendimiento conjunto de la pared del muelle y las estructuras arquitectónicas de la parte superior.

En este sentido merece la pena destacar que la ampliación del sondeo de excavación durante la campaña de 2018 permitió ampliar la documentación del derrumbe más occidental, observándose una interesante división del mismo hacia su mitad. Concretamente se documentó la existencia de una alineación de ladrillos dispuesta en sentido este-oeste, apreciándose a partir de aquí un cambio en la matriz compositiva del derrumbe al detectarse la presencia de material latericio en su configuración⁵ (Figura 14).

En conexión con este cambio edilicio apuntamos también la presencia de un nivel sedimentario con abundante presencia de material latericio entre las evidencias contenidas en su matriz, un estrato que se extiende a lo largo del sondeo una vez superado los derrumbes y aún visible en el perfil resultante, muy posiblemente, y como ya hemos apuntado, pertenecientes a la caída en bloque tanto de la pared de la cabecera, como de las infraestructuras superiores una vez comenzó a arruinarse este sector.

En cuanto a la funcionalidad de estas infraestructuras, y pese a la gran cantidad de conjeturas que aún barajamos para este episodio, creemos que la monumentalidad de los restos bien puede avalar la hipótesis de que durante esta fase el muelle contó con una estructura turriorme de gran porte, muy posiblemente un elemento de señalización que, a modo de linterna o faro interior, articularía el tránsito y la navegabilidad desde la dársena exterior o de Claudio al *canale di collegamento* (Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.; Bermejo, Campos y Sebastiani e.p.). Esta idea ya fue apuntada en la década de 1930 merced a los restos constructivos que aún eran visibles en ese momento (Lugli y Filibeck, 1930: 81), aunque si bien es cierto, los mismos se correspondían a un ambiente de almacenamiento muy tardío.

Por lo que respecta a su cronología nada sabemos con total certeza, salvo que obviamente debió erigirse en un momento posterior al desarrollo de la última parte del muelle (mediados del siglo III

⁵ Precisamente formando parte de este derrumbe, se encontraba un sello latericio, y aunque la argamasa cubre la mitad de este, dificultando su identificación y lectura, parece corresponderse con un sello fechado entre el 160-169, el cual fue reaprovechado para la construcción de este paramento

d. C.). Mejor fechado se encuentra en cambio su momento de ruina, ya que los restos de columnas y paredes de esta fase cayeron sobre un lecho marino en regresión (Bermejo et al. 2021b: 308); un nivel en el que se pudieron recuperar diversos materiales de transporte como ánforas LRA1, LRA2, así como ejemplares tipo Keay 36a, Almagro 51c y producciones finas de mesa ARSW tipo D bajo las formas 61b, 78, 94b y 101 de Hayes, elenco del que se deduce una fecha *post quem* a la primera mitad del siglo V d. C. (Vid. Cap. 4) (Bermejo et al. 2021c: 591; Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.).

– **IIIª Fase. Reestructuración morfológica y funcional del muelle.** Una tercera fase acontecería a mediados del siglo V d. C. Durante este periodo la zona de su cabecera sufrió una importante reestructuración espacial y funcional; donde antes se podía apreciar una estructura de gran porte, ahora se construye un nuevo edificio construido en *opus testaceum* de 78m² (Bermejo et al. 2021c: 597; Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.) (Figura 15).

Los paramentos que delimitaron esta nueva infraestructura presentan una enorme heterogeneidad en lo que respecta a su estado de conservación, pese a ello su perímetro se puede representar en plano sin mayor problema (Bermejo et al. e.p.). Se trata de una infraestructura de planta trapezoidal, perfectamente adaptada al perímetro original de la propia cabecera. El nuevo edificio estuvo cerrado por todos sus lados menos por el septentrional, donde no se aprecia huella alguna, lo que nos lleva a pensar que o bien fue un espacio abierto, o una infraestructura cerrada por alguna puerta construida mediante material ligneo (Bermejo et al. e.p.; Bermejo, Campos y Sebastiani e.p.).

El extremo mejor preservado lo representa el oriental; en esta área se pudieron constatar dos estructuras murarias orientadas en sentido norte-sur. Entre ambas existe una gran separación, la cual no sabemos si es el resultado del planteamiento arquitectónico de un vano desde el momento de partida de la obra, o en su defecto responde a la pérdida de masa del paramento. Para la edificación de sendas estructuras la técnica edilicia empleada fue el *opus testaceum*, en este caso mediante el empleo de ladrillos seccionados intencionadamente en forma de cuñas para ser empleados en su cortina exterior, y un núcleo interior de argamasa (Bermejo et al. 2021c: 597). Gracias a su desarrollo en altura sabemos que sus juntas o intersticios fueron unidos con argamasa de cal, con un desarrollo de hasta 3cm. La primera de estas fábricas, la más septentrional conserva 4.30m de longitud, por 0.65m de ancho y 0.52 de altura (en total siete hiladas); por su parte, el paramento meridional posee 8m de longitud, 0.65m de anchura y 1m de altura (Figura 16) (en total dieciséis hiladas).

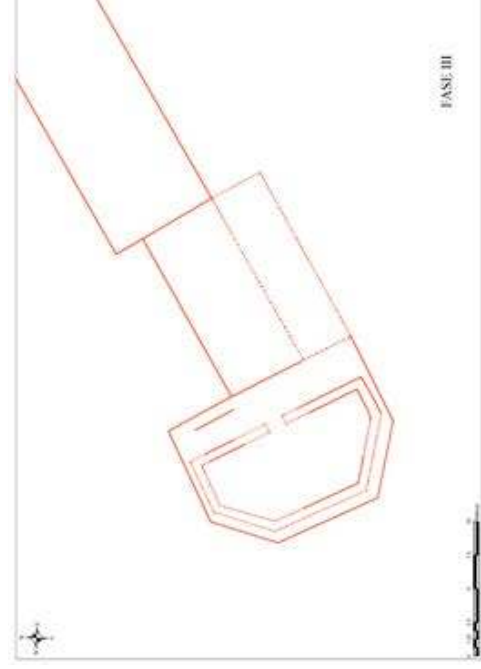


Figura 15. Planta correspondiente a la tercera fase.



Figura 16. Obra de *opus testaceum* correspondiente a la nueva infraestructura que ocupó la cabeza del muelle durante esta fase.

Este segundo tramo paramental aún mantenía su relación estratigráfica de trabazón con un tercer muro localizado en el extremo meridional (Figura 16). Se trata de un paramento que reproduce fielmente el aparejo ya comentado de *opus testaceum*, con una longitud conservada que asciende a los 2,10m, por 0,75m de anchura y 0,79m de altura (once hiladas). Su continuidad a lo largo de todo el perfil se ve comprometida por la alta densidad de maleza en la zona, aunque suponemos que se conserva íntegro en su desarrollo pues se vuelve a constatar su presencia en la esquina occidental. En este caso, el tramo conservado es de 1,60m de longitud, por tan solo 0,50m de ancho al haber perdido parte de su masa como consecuencia de la ruina de toda la cabeza del muelle por este extremo.

El último de los flancos constatados es el occidental (Figura 16), que como en el episodio anterior mantiene su relación de trabazón con el cierre meridional de la estructura. En este caso, como en todos los anteriores, la edificación empleada fue el *opus testaceum*, si bien podemos decir que es el que se conserva en peor estado debido a la ruina que la cabecera del muelle presenta por este extremo. En cualquier caso, en el momento de la excavación aún se apreciaban 4,60m de longitud, por 0,31m de ancho y 0,32m de altura (un total de tres hiladas).

Es bastante complicado establecer su utilidad, aunque trabajamos con la posibilidad de que pudiera tratarse de un almacén dado que entre las evidencias materiales recuperadas en su interior porcentualmente predominan los elementos anfóricos sobre cualquier otra tipología (Bermejo et al. e.p.). Muy posiblemente para estos momentos la zona más extrema del muelle había pasado a acoger funciones de atraque, descarga y almacenaje (Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.).

– **IVª Fase. Ampliación de la cabeza del muelle y construcción de nuevos ambientes.** Este episodio supondrá no sólo una transformación considerable del paisaje visual del muelle, sino también de su propia planta con la construcción de tres nuevas plataformas destinadas a albergar nuevos ambientes (Figura 17) (Bermejo et al. 2021b: 306; Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.). La falta de evidencias materiales fechables hace que tengamos que teorizar sobre su momento de construcción, aunque suponemos que debió tener lugar entre mediados/finales del siglo V d. C. o comienzos del VI d. C., coincidiendo con el periodo de reactivación defensiva del puerto (Bermejo et al. 2021c: 598; Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.).

Del enorme programa de reformas que se acometió con este nuevo episodio, quizás la más llamativa fue la construcción de la plataforma noreste ante la falta de espacio para poder albergar nuevas construcciones (Bermejo et al. e.p.) (Figura 18). Este elemento arquitectónico, de *opus caementum* rico en tufo, cal, arena y piedras, supuso la ampliación de la cabeza en 4,20m de longitud, 5,60m de anchura (conservada) y 1,50m de altura. A nivel visual, este nuevo añadido se acopla perfectamente a la estructura original, de ahí que su disposición arquitectónica sea completamente irregular al introducirse bajo el sistema de arcos de la fase inicial.

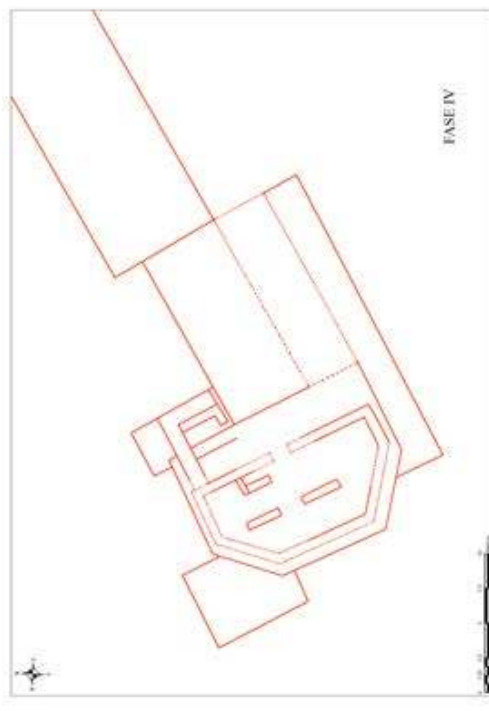


Figura 17. Planta correspondiente a la cuarta fase.



Figura 18. Foto detalle del adosamiento que se produjo entre la cabeza del muelle y una de las plataformas auxiliares.

Fundamentalmente sobre ella, pero también sobre parte de la planta original del puntal no ocupada por el almacén, se proyectó la construcción de un nuevo edificio de planta turriforme de al menos 13m² (Bermejo et al. e.p.; Bermejo, Campos y Sebastiani e.p.). De todos los flancos de esta nueva infraestructura, el único que nunca se vio modificado a lo largo de sus años funcionales fue el septentrional -UEC 29- (Figura 19). Este fue construido siguiendo el tipo de edificación predominante en este muelle, un *opus testaceum* con núcleo interior de material latericio, tufo y argamasa de cal, con cortina exterior de ladrillos. Se trata de un paramento, dispuesto en sentido este-oeste, de 4,20m de longitud, por 1,20m de anchura y 1,20m de altura conservada. Dado que esta nueva estructura se extiende sobre parte de la plataforma original, a lo largo de su desarrollo hemos podido observar como en su núcleo se integraron partes de infraestructuras ya amortizadas, muy posiblemente asociadas a esos capiteles anteriores ya comentados. Se trata concretamente de la fagocitación de un paramento que en su origen debió disponerse en sentido norte-sur, con una disimilar ejecución constructiva al resto debido al empleo de ladrillos, piedras y téglulas en su núcleo. Las dimensiones observables hoy día son de 0,76m de longitud, por 0,60m de ancho (Figs. 19 y 20).

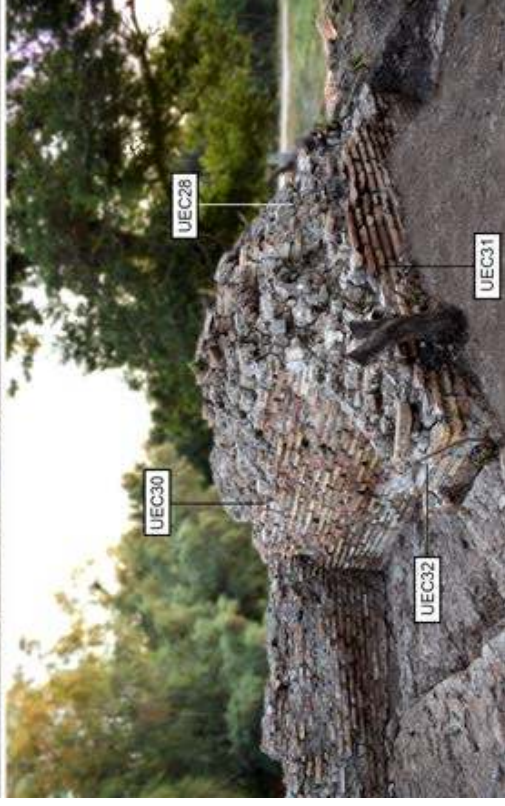
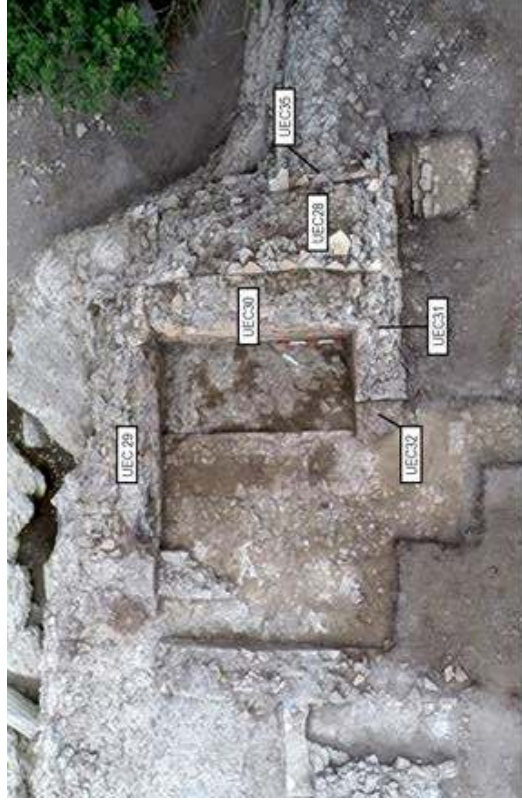


Figura 19. Foto aérea y frontal en las que se aprecian tanto la planta original de la estructura turriforme, como sus posteriores reformas.

En cuanto a los cierres perimetrales occidental y oriental se han de precisar varias cuestiones. Todo parece apuntar que para su paramento occidental se utilizó el propio cierre del almacén, al menos en su parte baja, pues como veremos a continuación, la construcción de esta nueva infraestructura supuso un cambio sustancial en la redistribución espacial del posible almacén. Más clara se presenta su terminación oriental, pues, aunque se observa una pérdida de masa bastante

considerable en su ángulo, aún se mantiene la conexión estratigráfica entre este paramento y el septentrional ya analizado. Se dispone en sentido norte-sur, con idéntica técnica edilicia al anterior, y unas dimensiones de 3,10m de largo, 1,20m de ancho y 1,25m de altura (Figura 19 -UEC 28-). Su cierre meridional original no es desconocido, en su lugar lo que observamos hoy día es una profunda remodelación de dicha infraestructura que será analizada en la siguiente fase.

No existen evidencias materiales que avalen la funcionalidad específica de este edificio, pero el ambiente bélico que se respira en *Portus* en esta fecha, con construcciones que nos hablan de una tendencia a la fortificación del mismo (Keay y Paroli, 2011: 7-10), apuntan a que debió tratarse de una nueva torre, en este caso concebida con una clara funcionalidad defensiva y de control (Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.; Bermejo, Campos y Sebastiani e.p.).

La segunda plataforma adosada por el flanco noroccidental presenta la misma configuración interna que la anterior; no obstante, es de los pocos conjuntos analizados que aún conserva en relativo buen estado su cortina externa de ladrillos -se preservan en las caras norte y oeste-. Presenta una planta casi prácticamente rectangular, solo modificada en la esquina suroccidental debido a la necesidad de adaptarse a la planta poligonal de la cabecera del muelle (Figura 21), con una superficie notablemente considerable de 27m². En cuanto a las particularidades arquitectónicas que lo definen, al margen del característico sistema de encofrado empleado para todo el conjunto de esta magnífica obra, posee una especie de escalón o rebaje intencionado en la parte alta de la estructura, concretamente en su cara occidental - sus dimensiones son de 1,80m de longitud, por 0,70m de ancho y 0,30m de altura- (Figura 21). La funcionalidad de este elemento constructivo no es desconocida, aunque cabe la posibilidad que su uso no fuese otro que permitir la aproximación del personal del puerto a las pequeñas barcas que pudieran estar amarradas en sus proximidades o facilitar la descarga de mercancías.

El último de los añadidos incorporados a la plataforma inicial de la cabecera del muelle se localiza en el flanco meridional. En este último caso se trata de una plataforma única de grandes dimensiones adosada de manera unifásica a todo el flanco sur del muelle (21m longitudinales), con una anchura que oscila entre 2,40/2,50m (Figura 22) -extensión intervenida hasta el momento en las diferentes campañas-. Una vez más su programa arquitectónico reproduce el modelo de los anteriores ejemplares, aunque sí bien es cierto, con alguna particularidad. Su núcleo interior se compone por un vertido de *caementum* y tufo de enorme consistencia, con un revestimiento latericio -conservado especialmente en la parte baja, no así en la alta- de notable anchura, en torno a unos 40/50 cm. La única disonancia con respecto a los dos conjuntos anteriores reside en que tanto núcleo, como revestimiento, reposaban sobre una plataforma de *caementum* de tonalidad bastante blanquecina, y no directamente sobre el lecho marino como los dos anteriores.

En efecto, la dinámica constructiva en los siglos tardeoantiguos se muestra efervescente en otros ambientes de *Portus*, donde para los siglos V-VI d.C. se asiste a una fortificación del puerto a gran escala (Paroli, 2004: 257-258); tendencia a la que se suma el muelle este-oeste donde estas infraestructuras lo dotaron de una mayor solidez, dificultando su libre tránsito.



Figura 21. Segunda plataforma auxiliar adosada a la cabeza del muelle.

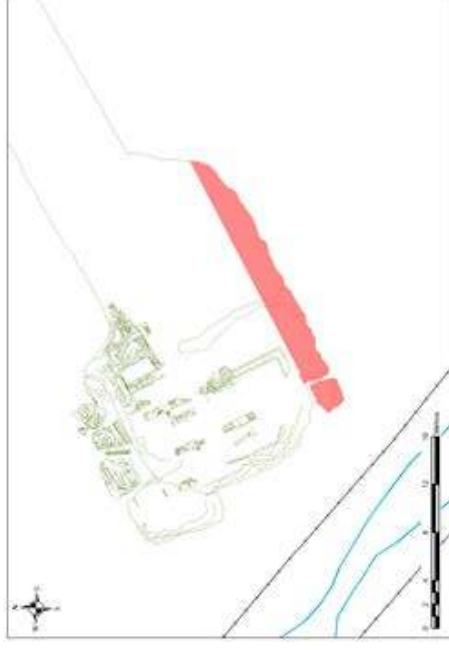


Figura 22. Tercera plataforma adosada a la cabeza del muelle por su flanco meridional.

- **Vª Fase. Segunda ampliación del extremo final del muelle y remodelación interna de sus ambientes funcionales.** Podemos decir que tras este gran episodio arquitectónico el muelle sufriría otra ampliación con el adosamiento de una nueva plataforma en el extremo nororiental, adosada en este caso a la de la fase anterior (Figura 23) (Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.). Se trata nuevamente de una estructura de *opus caementicium* a base de tufo, cal y arena, con una longitud de 9,70m, por 4,80m de anchura (Figura 24). Gracias a su sucinto estudio se ha podido precisar

que inmediatamente después de su articulación fue alzada sobre ella una estructura rectangular. De los flancos que aún se conservan de la misma tenemos el occidental y el meridional (Figura 25); el primero de ellos posee una longitud de 1,90m, por 0,45m de anchura y 0,79m de altura. Su factura es bastante irregular debido al empleo de materiales reutilizados, de hecho, entre los restos constatados se documentan ladrillos, piedras, restos de tufo y mármol. El segundo de ellos, trabado al anterior, presenta las mismas características edilicias, con unas dimensiones de 2,10m, por 0,56m de anchura y 1 m de altura⁶.

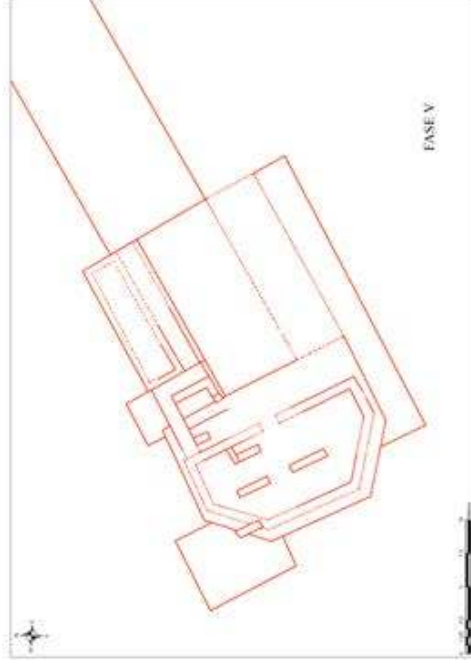


Figura 23. Planta correspondiente a la quinta fase constructiva.



Figura 24. Nueva plataforma auxiliar adosada al muelle y a las primeras de estas infraestructuras de servicio.

⁶ Esta nueva infraestructura sería reformada en fechas posteriores. En su edificación se puede apreciar como a los muros primigenios se le adosaron por dentro otras estructuras, reproduciendo el mismo sistema arquitectónico que para el caso de la estructura turriforme.

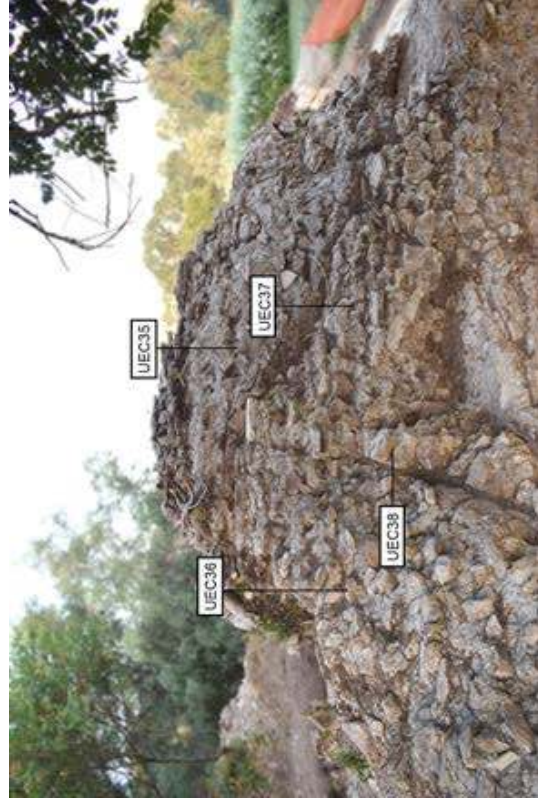


Figura 25. Restos paramentales que aún se conservan del edificio que debió albergar en su superficie.

Tanto su funcionalidad, como su datación cronológica, resultan imprecisas, aunque la secuencia evolutiva de esta parte del muelle nos lleva a posicionarnos en una fecha próxima a inicios del siglo VI d.C. con la probable intención de dotar de más espacio útil al muelle (Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.), dentro de ese ambiente bélico gótico, coincidente con el momento en el que se estaban sellando los almacenes de la Dársena y rellenando sus niveles de uso (Morelli et al. 2005: 251-252; Bucowiecki y Mimmo, 2021).

Dentro de este episodio debemos encuadrar también diversas reformas que se llevaron a cabo en el resto de las infraestructuras del muelle, entre ellas la reestructuración interna y la creación de un cuerpo de escaleras en el ambiente concebido como almacén (Bermejo et al. 2021c: 597; Bermejo et al. e.p.); así como la remodelación de la estructura turriforme arbitrada en la cuarta fase (Campos, Bermejo y Sebastiani e.p.). En el interior del almacén, hasta ese momento diáfano, se articularon dos grandes pilares. Para la edificación del occidental se emplearon materiales constructivos reaprovechados, concretamente en su obra se pueden diferenciar hasta tres tramos diferentes según los componentes utilizados (UEE 5, 6 y 7) (Figura 26): en los dos extremos se emplearon ladrillos, tégulas y tufo medianamente tongadas regularizadas trabadas con argamasa de cal, mientras que en la parte central fue dispuesto un sillar de mármol de 1,48 x 0,30 x 0,64m. Las dimensiones conservadas de este primer muro divisorio son de 2,90m de largo, por 0,45m de ancho y 0,51m de altura. El segundo de estos elementos arquitectónicos, localizado en el extremo oriental del almacén, muestra sin embargo una mayor homogeneidad constructiva (Figura 26), identificándose en la obra una serie de hiladas de ladrillos, tégulas y tufo, y un característico enlucido de cal por su cara este (UE 14). Su longitud conservada es de 2,04m, 0,55m de anchura y 0,53m de altura.

Estas dos crujeas además de dividir el almacén en tres naves debieron facilitar la articulación en altura de una segunda planta (Bermejo et al. e.p.). En este sentido, adosado al muro oriental del almacén se constató el arranque de una escalera (Bermejo et al. e.p.). Para su construcción se optó por regularizar el nivel de encanche de piedras de la cabecera mediante el vertido de una potente

capa de argamasa de cal de muy buena calidad (unos 10cm de potencia), diferente en cuanto a factura a la ya existente a lo largo de toda la superficie. Sobre este nivel de pavimentación fue levantado el primer escalón dispuesto en sentido este-oeste mediante el empleo de ladrillos y argamasa de cal (Figura 26, UE 16). Sus dimensiones son 1,33m de largo, por 0,39m de ancho, por 0,14m de altura. Entre éste y el segundo escalón conservado se dispuso un nivel de regularización de argamasa de cal de 0,20cm, base sobre la que se alzaría el segundo peldaño de aparejo irregular de ladrillo y tufo trabado con argamasa de cal, de 1,75m de longitud, por 0,60m de anchura y 0,20m de altura.

Para terminar con este intenso programa de construcciones y reformas no podemos dejar de mencionar que el almacén sufriría una nueva remodelación en su cara noroccidental. Concretamente, un análisis en profundidad de la edificación del muro conservado en este extremo muestra que no se corresponde con la fase primigenia de construcción. Se trata de un paramento de 1,64m de longitud, por 0,33m de anchura y 0,38m de altura, en cuyo alzado se emplearon ladrillos y piedras de tufo dispuestas de manera irregular.



Figura 26. Restos de dos pilares y una escalera en el interior del almacén que debieron sustentar una segunda planta.

En cuanto a la estructura turriforme, sin que conozcamos los condicionantes que marcaron estos cambios, debemos precisar que todo el extremo suroriental fue reestructurado, generando una nueva planta algo más reducida a la inicial (Bermejo, Campos y Sebastiani e.p.). Para llevar a cabo esta transformación se optó por edificar un segundo muro oriental adosado al primero (Figura 19 –UEC 30-). Aunque a simple vista parece que comparte la misma morfología edificia que los primigenios, entre ellos existen discrepancias significativas en lo que a su núcleo interno se refiere, pues al típico material latericio y tufo de los anteriores, se suman ahora numerosos cubical reaprovechados. Igualmente, su argamasa de ligazón es sustancialmente diferente al presentar una mayor granulometría y elementos cerámicos incrustados; sin olvidar que su anchura, y por tanto su solidez es menor, de los 1,20m de los primigenios se pasa a 0,60m. Este nuevo muro oriental será el que se encuentre en relación estratégica directa con el cierre meridional conservado hasta la fecha, compartiendo idénticas características técnicas (Figura 19 –UEC 31-). La longitud del primero es de 2,68m, y 1,68m de altura; frente al segundo, el cual no sobrepasa los 0,90m de longitud, frente a los 1,30m de altura.

No obstante, no será esta la última remodelación constructiva de esta estructura. Un tercer episodio es evidenciado a partir del adosamiento de nuevas estructuras muradas de peor calidad, y disímil técnica edificia (UUECC 32 y 33). La primera de ellas aparece adosada al final del muro meridional, muy posiblemente cerrando o cegando un vano que pudo existir por este extremo, con unas dimensiones precisas de 0,56m de longitud, 0,60m de anchura y 0,35m de altura. La segunda estructura, por su parte, se adosa al muro septentrional, generando una especie de pasillo o articulación interna de la estructura. A nivel morfológico siguen presentando la misma matriz compositiva interna, aunque en el segundo se aprecia un *opus reticulatum*, bastante descuidado, por su cara occidental.

– **VIª Fase. Abandono del muelle y amortización.** El anterior episodio debió ser el último impulso constructivo que acaeció en el muelle, tras él las únicas evidencias constatadas se limitan a varios niveles de posicionales y de derrumbe (Bermejo et al. e.p.), coincidiendo precisamente con el probable declive de todas las infraestructuras de este importante complejo portuario que fue *Portus* en torno al siglo VI d. C., de hecho, para estos momentos el puerto se ubicaría en las inmediaciones de la *fossa traiana*, en su conexión con el antiguo canal de comunicación.

Conclusiones

En síntesis, podemos afirmar que el denominado *molo della lanterna* fue una infraestructura bastante dinámica en el tiempo, con importantes cambios funcionales en lo que se refiere a su articulación y papel dentro del propio puerto. En líneas generales hemos expuesto como en sus siglos de vida, primera mitad del III finales del VI d. C., se sucedieron múltiples episodios, todos ellos en consonancia con el contexto político y económico que se vivió durante estas centurias (Bermejo et al. 2021:c:602-ss; Bermejo, Campos y Sebastiani e.p.):

– **Fase 1 (Figura 27).** Se corresponde con el momento de construcción del propio muelle, al menos para su tramo final. Gracias a los estudios realizados hemos podido concluir que para su alzado se empleó un sistema arquitectónico basado en la construcción de una zanja con encofrados de madera y pilotes internos hincados, rellena de diverso material cerámico con función drenante y piedras heterométricas empleadas como plataforma de trabajo. Esta cimentación tuvo un doble cometido, por un lado, dotar de mayor solidez a la obra por sus flancos, y por otra, favorecer los vertidos de caementa con los que se levantó la base y alzado del muelle.

Desde un punto de vista cronológico, la datación de esta primera fase, correspondiente a la construcción del último tramo del muelle, ha sido posible gracias a la combinación de varios datos. Por un lado, las dataciones de C14 de varias muestras de madera del encofrado han aportado una cronología coincidente para todas ellas de la primera mitad del siglo III d. C.; por otro, el estudio

del material cerámico recuperado del relleno de la zanja remite a un contexto cronológico del mismo momento. Aquí reside una de las principales aportaciones de nuestras investigaciones, ya que la propuesta historiográfica tradicional apostaba por considerar que se trataba de una obra original de Claudio, o inmediatamente posterior de Trajano, cuando en realidad se trata de una construcción de época severiana; al menos para los últimos 30m estudiados, ya que no descartamos la posibilidad de que estemos ante un muelle que haya sufrido diversas ampliaciones en el tiempo en función de la colmatación de la antigua dársena de Claudio. Esta idea podría guardar relación con las investigaciones realizadas en la zona de arranque del muelle, en donde se documentaron niveles de época de Claudio asociados a la construcción del mismo.

Desde el punto de vista edilicio la construcción del muelle repite el empleo de un sistema constructivo probado y conocido en otros contextos portuarios, especialmente indicado para terrenos lacustres o con un alto nivel de humedad (Oleson 1977; Delatte 2001; Oleson et al. 2004; Brandon et al. 2005), complementándose con el uso de armazones de madera a base de troncos y tablas (Hohlfelder 1999; 159-160), constatándose paralelos para esta estructura en puertos cercanos como el de *Antium* (Anzio) (Pozzuoli) y *Centumcellae* (Civitavecchia) (Wilson et al. 2012; Martino et al. 2015) o en otros más alejados que presentan un nivel de complejidad parecido al de Ostia como el caso del puerto de *Cesarea Marítima* (Israel) (Oleson et al. 1984). Con todo, no es hasta ahora cuando ha podido documentarse el sistema constructivo en detalle, así como la profundidad de la cimentación del muelle, descrita en el apartado correspondiente. Desde este punto de vista, el muelle fue construido en un ambiente húmedo, propio de una laguna marismaña, mediante el empleo de encofrados.

– **Fase 2** (Figura 27). La segunda fase constructiva guarda relación con el adosamiento de una imponente cebecera en su extremo occidental o final. Sobre la misma parece que llegó a proyectarse la construcción de una estructura de cierto porte monumental, como así revelan los restos de cimentación que fueron amortizados bajo los episodios constructivos posteriores, así como los materiales arquitectónicos-decorativos que fueron documentados a sus pies sobre el antiguo lecho mareal. No tenemos una total certeza sobre la funcionalidad que pudo tener este edificio monumental; no obstante, el tamaño de sus cimentaciones y la altura de las columnas, nos hacen decantarnos por una estructura de tipo turriforme, muy posiblemente un faro encargado del control y vigía de los barcos.

Esta cabeza, con forma de T, presenta una serie de características constructivas y de fábrica que la diferencian del cuerpo del muelle. En primer lugar, muestra una desigual profundidad, lo que revela una planificación constructiva distinta. En segundo lugar, su obra muestra claros elementos diferenciadores como el empleo de tégalas para nivelar los vertidos de *caementa*, o el uso de *catenae* de mayor diámetro. Finalmente, existe una relación de adosamiento entre el cuerpo del muelle y la cabeza, una unión claramente visible en su frontal septentrional. Todos estos detalles, a falta de una excavación que profundice en su cimentación, permiten posicionarnos sobre su correspondencia con una segunda fase distinta. Por cuanto respecta a la cronología de la misma, poco podemos precisar, aunque obviamente debió producirse como pronto a mediados del siglo III d. C.

– **Fase 3** (Figura 28). Seguidamente se constata una tercera fase en la vida funcional del muelle y su puntal, representada por un episodio de ruina y amortización de las estructuras monumentales de la cabeza mediante la construcción de una nueva infraestructura. Este proceso, datado gracias al nivel de derrumbe documentado a los pies de la misma en torno a la primera mitad del siglo V d. C., supuso no sólo la edificación de un nuevo edificio de 78m², sino un cambio funcional del muelle, pues dada las evidencias materiales constatadas en el interior de este nuevo edificio, mayormente material anfórico, sopesamos que se trata de un almacén en consonancia con las reformas que se estaban llevando a cabo en el entorno de *Portus* en estas fechas.



Figura 27. Restitución 3D del muelle en sus últimos veinte metros y el adosamiento de su puntal (1ª y 2ª fase).

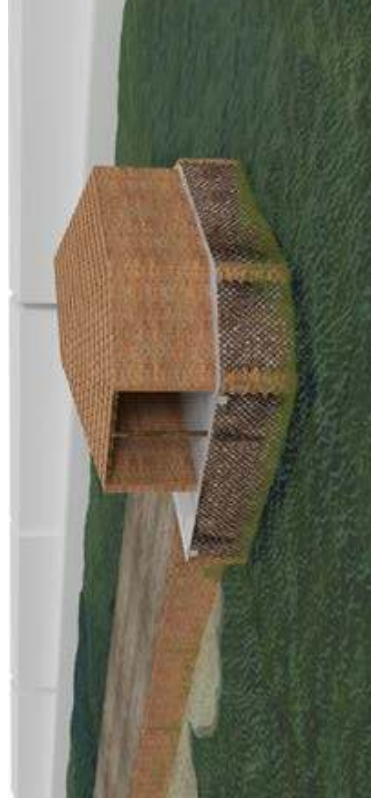


Figura 28. Restitución 3d del almacén que se erigió durante la tercera fase.



Figura 29. Restitución 3d de la nueva estructura turriforme levantada al calor de la fortificación de Portus, así como de las plataformas auxiliares que complementaron la cabeza.

– **Fase 4** (Figura 29). Entre mediados/finales del siglo V d. C. se producirá una nueva transformación de la cabeza del muelle, una vez más no sólo funcional, sino también morfológica. El antiguo almacén se seguirá manteniendo en uso durante este periodo; no obstante, la necesidad de albergar nuevas infraestructuras sobre la superficie del molo conllevará la necesidad de tener que construir diversas plataformas adicionales en sus esquinas noroccidental y nororiental, y frente meridional. Sobre la primera se alzará un segundo edificio de tipo turriforme con funciones de señalización y avistamiento, de la mano de la profunda transformación que estaba experimentado todo Portus en búsqueda de una mayor defensa mediante la transformación de antiguas estructuras de almacenamiento, atraque, etc.

– **Fase 5** (Figura 30). Este representa el último impulso constructivo de este muelle. Durante el mismo se construirá una nueva plataforma o pantalan en su esquina noroccidental adosado a la anterior. Sobre ella se construirán nuevos ambientes funcionales; si bien, lo escaso de lo conservado impide cualquier tipo de aproximación funcional y cronológica, aunque si bien es cierto, como mínimo debió producirse a caballo entre los siglos V-VI d. C. También durante esta fase se asistirá a la remodelación interna tanto del almacén, como de la estructura turriforme, dentro de ese ambiente bélico greco gótico que se estaba viviendo en estos momentos.



Figura 30. Restitución 3d de las últimas reformas del puntal con el adosamiento de una cuarta plataforma auxiliar y la construcción de un nuevo espacio portuario.

– **Fase 6**. Tras este último episodio, el muelle y su cabeza no volverán a mostrar síntomas de ocupación o reformas estructurales que lleven a pensar en un uso más allá del siglo VI d. C.; siendo el área abandonada hasta convertirse en un cúmulo de ruinas y cantera de materiales.

Bibliografía

- Bermejo, J., Campos, J.M., Bermejo, A., Fernández, L., Sebastiani, Sánchez-Hernando, L.J. (2023): Portus, New Contributions to its Research: Construction Systems and Dating of the East-West Docks, *Journal of Maritime Archaeology*, vol. 18, issue 2, doi.org/10.1007/s11457-023-09360-9.
- Bermejo, J., Campos, J.M. y Sebastiani, R. e.p. Investigaciones en el muelle este-oeste de Portus, resultados e interpretaciones, *Homenaje al Prof. Simon Keay*.
- Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R., Bermejo A., Fernández L., Marfil, F. y D’Ammassa, C. e. p. El muelle este-oeste de Portus y sus ambientes, primeros datos sobre su configuración arquitectónica, en *Atti del VI Seminario Ostiense* (Roma, 10 y 11 de marzo de 2019).
- Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R., D’Ammassa, C., Fernández, L., Bermejo, A. y Marfil, F. 2021a. Il molo est-ouest a Portus. Un’analisi preliminare della archeologia della architettura, en N. Laubry y F. Zevi (eds.), *Ostia, L’Italia e il Mediterraneo. Intorno all’opera di Mirreille Cèbeillac-Gervasoni* (Atti del V Seminario Ostiense, Roma, 21-22 de febrero de 2018): 201-209, École Française de Rome, Roma.
- Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R., Fernández, L., Marfil, F., Bermejo, A. y D’Ammassa, C. 2021b. El denominado muelle de la linterna de Portus. Primeras investigaciones y resultados, en *Actes du 12ème Colloque Historique de Fréjus. Fréjus, les ports dans l’espace méditerranéen antique. Fréjus et les ports maritimes* (Fréjus, 16-17 de noviembre, 2018): 303-316.
- Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R., Fernández, L., Bermejo, A., Marfil, F., D’Ammassa, C., Baena, E., Dominguez, E., Rodríguez, N. E. y Sánchez, L.J. 2021c. Los puertos imperiales de Roma: investigaciones geoarqueológicas en el muelle este-oeste de Portus, en J.M. Campos y J. Bermejo (eds.), *Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos: 583-610*, L’erma di Bretschneider.
- Brandon, C., Hohlfelder, R.L., Oleson, J.P. y Stern, C. 2005. The Roman Maritime Concrete Study (ROMACONS), the harbour of Chersonisos in Crete and its Italian connection, *Étude du ciment hydraulique romain, le port de Chersonisos (Crète), Méditerranée* 1.2: 25-29.
- Bucowiecki, E., Mimmo, M. 2021. Infraestructuras portuarias a Portus. Les entrepôts dits de Trajan et le môle nord-sud, en *Actes du 12ème Colloque Historique de Fréjus. Fréjus, les ports dans l’espace méditerranéen antique. Fréjus et les ports maritimes* (Fréjus, 16-17 de noviembre, 2018): 289-302.
- Campos, J.M., Bermejo, J. y Sebastiani, R. e.p. El muelle este-oeste de Portus, novedades geoarqueológicas en el contexto de los puertos imperiales, en *Actas del Congreso Internacional Entre Mares: emplazamiento, infraestructuras y organización de los puertos romanos* (Irún, noviembre de 2021).
- Delatte, N.J. 2001. Lessons from Roman Cement and Concrete, en *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, 127(3): 109-115.
- Hohlfelder, R.L. 1999. Building Sebastos, The Cyprus connection, *The International Journal of Nautical Archaeology*, 28-2: 154-163.
- Keay, S. y Paroli, L. 2011. Introduction, en S. Keay y L. Paroli, (Eds.), *Portus and its hinterland: recent archaeological research* Archaeological monographs of The British School at Rome: 1-21.
- Lugli, G., Filibeck, G. 1930. *Il porto di Roma imperiale e l’agro portuense*, Roma.
- Martino, A., Fatigusto, F.; y Tommasi, G. 2015. Morphological and typological assessment of architectural heritage in historical Mediterranean ports, *Transactions on The Built Environment* 153: 15-27.
- Morelli, C., Paroli, L. y Veduchi, P.A. 2005. Summary of other recent fieldwork at Portus, en S. Keay, M. Millet, L. Paroli y K. Strutt (eds.), *Archaeologica monographs of the British School at Rome*: 241-258.
- Oleson, J.P., Hohlfelder, R.L., Raban, A. y Vann, R.L. 1984. The Caesarea Ancient Harbor Excavation Project (C. A. H. E. P.), Preliminary Report on the 1980-1983 Seasons, *Journal of Field Archaeology*, Vol. 11, nº 3: 281-305.
- Oleson, J.P. 1977. Underwater Survey and Excavation in the Port of Pyrgi (Santa Severa), 1974, *Journal of Field Archaeology*, Vol. 4, nº 3: 297-308.

Oleson, J.P., Brandon, C., Cramer, S.M., Cuicitore, R., Gotti, E. y Hohlfelder, R.L., 2004. The ROMACONS Project, a Contribution to the Historical and Engineering Analysis of Hydraulic Concrete in Roman Maritime Structures, *The International Journal of Nautical Archaeology* 33.2: 199-229.
 Paroli, I., 2004. Il porto di Roma nella tarda antichità, en A. Gallina y Turchetti (eds.), *Le strutture dei porti e degli approdi antichi. II Seminario Roma-Ostia Antica: 247-266.*

6.

Il circuito fortificato del *Portus Romae* allo stato attuale delle ricerche

C. D'Ammassa¹, I. Frumentì¹¹Universidad de Huelva.

Resumen

A seguito della morte del *magister militum* Flavio Stilicone e a partire dalla prima decade del V secolo, lo scalo portuense fu oggetto delle irruzioni barbariche per mano di Alarico e successivamente anche dei vandali guidati da Genserico. Le conseguenze di tali eventi spinsero l'autorità statale a munire l'bacino portuario e le strutture ad esso pertinenti di mura difensive le quali vennero in parte realizzate mediante la risistemazione e il consolidamento di alcune strutture in alzo, anche riconducibili a locali di stoccaggio delle merci, probabilmente non più necessarie all'espletamento delle attività portuali. Con il presente contributo viene ripreso in esame lo stato delle conoscenze attorno alle vicende costruttive e cronologiche del suddetto circuito murario, il quale, fin dalle prime esplorazioni di stampo antiquario documentate a partire dalla seconda metà del XVI secolo, alle più recenti indagini intraprese sul campo, ha suscitato un costante interesse nell'ambito della storia degli studi portuensi.

Parole Chiave

Portus, strutture difensive, circuito murario, invasioni barbariche, tarda antichità, archeologia dell'architettura.

Abstract

From the first decade of the 5th century and after the death of the *magister militum* Flavio Stilicho, *Portus* experienced the barbarian incursions of Alaric and of Genserico's Vandals. These events prompted the state authority to equip the port basin and the structures pertaining to it with defensive walls, partly built through the rearrangement and consolidation of some raised structures relating to goods storage, probably no longer necessary for the activities of the port. This contribution examines the state of knowledge gathered on the construction and chronological events of the aforementioned wall circuit which, from the first antiquarian explorations documented in the second half of the 16th century to the most recent investigations undertaken in the field, has aroused constant interest in the history of port studies.

Keywords

Portus, defensive walls, wall circuit, barbarian incursions, Late Antiquity, architectural archaeology.

Il circuito murario dello scalo portuense, a lungo definito con l'appellativo, poi rivelatosi errato, di *Mura Costantiniane* (Nibby 1827: 53; Nibby 1848: 618-620; Lugli e Filibeck 1935: 78; Testaguzza 1970: 29; Coccia 1993: 183), è stato oggetto di studi sistematici e indagini conoscitive, solamente a partire dagli ultimi anni del secolo scorso (Coccia e Paroli 1993: 175; Paroli e Ricci 2011: 127). Molteplici sono i fattori che hanno contribuito a ravvivare gli interessi scientifici per tale contesto, come ad esempio, le risultanze desunte dalle attività di geofisica praticate nelle aree di pertinenza dei Porti imperiali e nel territorio contermini (Millett et al. 2004; Keay et al. 2005b). Queste ultime, congiuntamente alle evidenze archeologiche messe in luce nel corso delle escavazioni ottocentesche e nell'ambito dei lavori di bonifica intrapresi nell'area (Lugli e Filibeck 1935: 65; Testaguzza 1970: 35; Mannucci e Verduchi 1992: 22-23; Paroli e Ricci 2011: 127; Impiglia 2017a: 86), forniscono un quadro generale piuttosto esauriente circa gli apprestamenti strutturali riconducibili al complesso fortificato. Il supporto delle fonti cartografiche e iconografiche ascrivibili all'età rinascimentale, fornisce inoltre un imprescindibile strumento di conoscenza in merito alla conformazione topografica della cinta muraria (Paroli 2005: 43). Degne di nota, sono le vedute ricostruttive del complesso portuale proposte nel 1554 da Pirro Ligorio e nel 1575 da Stefano Du Pérac, così come la pianta redatta nel 1567 da Antonio Labacco (Figura 1), nella quale è delineato l'andamento del percorso fortificato (Lugli e Filibeck 1935: 42-52; Mannucci 1987: 72-78) o l'affresco realizzato da Ignazio Danti nel 1582 (Figura 2), in cui

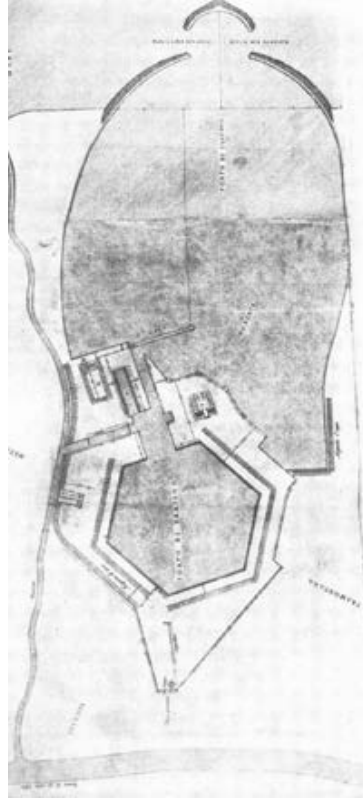


Figura 1. Antonio Labacco, I porti di Claudio e Traiano, 1567 (Lugli e Filibeck 1995: 46).

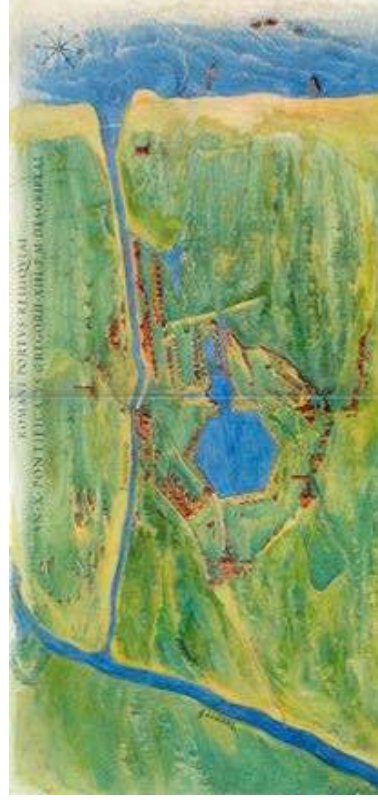


Figura 2. Ignazio Danti, Veduta delle rovine di Porto nell'anno 1582 al tempo di papa Gregorio XIII (Testaguzza, 1970: Tavola 2).

le porzioni murarie superstiti appaiono raccordate da torri di difesa (Testaguzza 1970 tav. 2; Giuliani 1992: 39-40; Paroli 2004: 251).

Nel corso del XIX secolo, le mura vengono nuovamente riproposte come elemento identitario del paesaggio portuense, così come si evince dalla *Pianta delle rovine di Porto* a firma di Luigi Canina del 1827 (Figura 3), il quale procede con un rilevamento delle emergenze archeologiche allora visibili tra le quali spiccano i numerosi brani murari afferibili alla cinta fortificata (Lugli e Filibeck 1995: 52-54; Mannucci 1987: 82; Mannucci e Verduchi 1992: 21-22; Paroli 2005: 47).

A seguito degli scavi eseguiti da Alessandro Torlonia a partire dagli anni sessanta dell'Ottocento (Lanciani 1868: 145; Palombi 2006: 47-48; Impiglia 2017b), nel 1867 Rodolfo Lanciani si occupò di redigere una nuova pianta aggiornata allo stato attuale delle ricerche (Figura 4), nella quale è evidente l'integrazione della disposizione planimetrica dei complessi architettonici nonché del circuito murario (Lugli e Filibeck 1995: 54; Mannucci 1987: 83; Mannucci e Verduchi 1992: 23; Paroli 2005: 50; Impiglia 2017b). Sulla base di quest'ultima, nel 1933 Italo Gismondi diede alle stampe un'ulteriore cartografia riveduta e corretta dalle ipotesi ricostruttive proposte da Lanciani (Figura 5), le quali si rivelarono in parte poco esatte a seguito delle ricerche condotte da Giuseppe Lugli



Figura 3. Luigi Canina, Pianta delle rovine di Porto, 1827 (Mannucci e Verduchi 1992: 21).

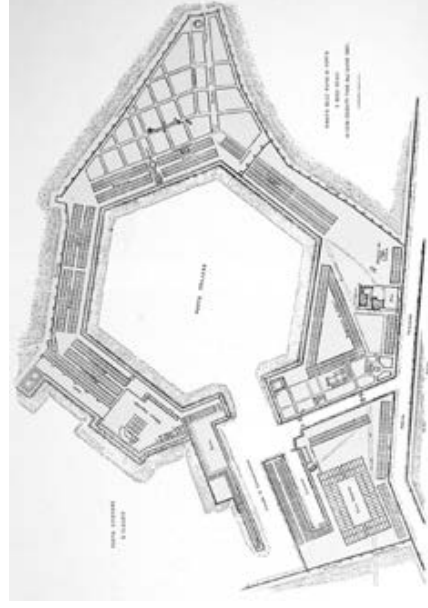


Figura 4. Rodolfo Lanciani, Pianta delle rovine di Porto e degli scavi, 1867 (Mannucci e Verduchi 1992: 24).



Figura 5. Italo Gismondi, Portus Urbis Romae, 1933 (Mannucci e Verduchi 1992: 24) - con evidenziazione del circuito murario.

(Calza 1925: 60; Lugli e Filibeck 1935: 54-55; Mannucci 1987: 83; Mannucci e Verduchi 1992: 25; Paroli 2005: 53).

Seggi di scavo praticati lungo l'Antemurale (Figura 6), hanno posticipato in un primo momento la cronologia del circuito murario, tradizionalmente attribuito all'età costantiniana, tra la fine del IV e gli inizi del V secolo d.C. (Coccia 1993: 183; Coccia e Paroli 1993: 177; Coccia 1996: 293). Sondaggi più recenti (PTVIII e PTIX) ne hanno ulteriormente posticipato e precisato la datazione permettendo di inquadranne definitivamente l'edificazione nel corso dell'ultimo quarto del V secolo d.C. (Paroli 2004: 262; Paroli e Ricci 2011: 127).

Il complesso difensivo era costituito da un circuito murario esterno raccordato ad una ulteriore cinta fortificata interna nota come *Contromura Interne* (Lugli e Filibeck 1935: 94), la quale andava a racchiudere il settore sudoccidentale del complesso portuale. La sua costruzione avvenne su un tessuto urbano già ampiamente sviluppato che impose un importante riutilizzo di numerosi fabbricati preesistenti, i quali a seconda delle necessità, vennero inglobati nel circuito murario o parzialmente demoliti (Coccia e Paroli 1993: 177; Coccia 1993: 184; Coccia 1996: 298; Paroli 2004: 250, 258, 262; Bevelacqua 2016: 2159), così come riscontrato per altri complessi fortificati realizzati nel corso della tarda antichità¹.

In alcuni casi, come ad esempio lungo il versante occidentale e a nord del così detto Palazzo Imperiale, è possibile individuare tratti della cinta difensiva appoggiata a edifici più antichi, fino al raggiungimento dello spessore necessario al cammino di ronda. Diversamente, così come si rileva presso il tratto meridionale, contro il paramento interno del circuito murario furono realizzati ex novo dei pilastri volti a consolidare le mura stesse, nonché a sorreggere le arcate sulle quali si andava ad impostare il suddetto camminamento (Coccia 1993: 184). Allo stato attuale delle ricerche il percorso delle mura esterne risulta tuttavia essere il meglio conosciuto, sia per il fatto che appare costantemente nelle fonti cartografiche, sia per il migliore stato di conservazione.

A partire dal molo est-ovest detto della *Lanterna* (Figura 5, n. 1), la cinta muraria correva lungo il fronte settentrionale di quest'ultimo, andando ad inglobare edifici preesistenti, proseguendo in aderenza ai così detti Magazzini Severiani (Figura 5, n. 2) per poi piegare in direzione nord verso il Palazzo Imperiale (Figura 5, n. 3 e 4).

Procedendo lungo il versante settentrionale, alle mura viene annesso il fronte di un altro complesso architettonico identificato come magazzini nonché una struttura di età severiana, definita da Lanciani *Porta Marina* (Figura 5, n. 5), la quale tuttavia non risulta dotata di alcun tipo di apertura (Lugli e Filibeck 1935: 91). Il circuito murario seguiva il suo percorso estendendosi a cuneo, fino ad includere il Tempio di Portuno (Nibby 1848: 618-619; Nibby 1827: 53), di cui non rimane che una doppia arcata molto rimaneggiata che ancora oggi sovrasta la campagna circostante il Porto di Traiano² (Figura 5, n. 6). Presso l'area medesima, le prospezioni di geofisica portate avanti a partire dal 1998 dall'Università di Southampton e dall'Accademia Britannica di Roma (Millet *et al.* 2004: 221; Keay *et al.* 2005a: 8), hanno evidenziato due strutture a pianta quadrangolare aventi analogie planimetriche con le torri ubicate in prossimità del così detto Arco di S. Maria³ (Figura 5, n. 7), dove il circuito murario esterno andava a connettersi con le *Contromura Interne* (Lugli e Filibeck 1935: 94). Dopo aver attraversato la via Portuense, le mura piegavano in direzione sud-ovest correndo parallele al terzo lato del porto esagonale, fiancheggiando la sponda settentrionale del così detto Canale Romano, ricalcandone il percorso non del tutto rettilineo fino ad incrociare la Fossa Traiana. Sulla scorta delle osservazioni di Calza, quest'ultimo tratto della cinta muraria doveva addossarsi a delle strutture adibite all'immagazzinamento, così come da lui stesso constatato nel corso dei

¹ Si veda ad esempio il caso di Brescia (Brogiolo 1993: 47), Ravenna (Christie e Gibson 1988: 182; Gelichi 1991: 157) e Verona (Cavalieri Manasse e Hudson 1999: 71).

² Struttura che andrebbe identificata come un edificio templare o più verosimilmente come un mausoleo monumentale, per un approfondimento si vedano almeno Lugli e Filibeck 1935: 93-94; Pellegrino e Bedello Tata 1985: 224.

³ Nell'area medesima è stata anche riscontrata l'esistenza di una struttura ipogea riconducibile all'ultimo conflitto mondiale (Keay *et al.* 2005b: 127).

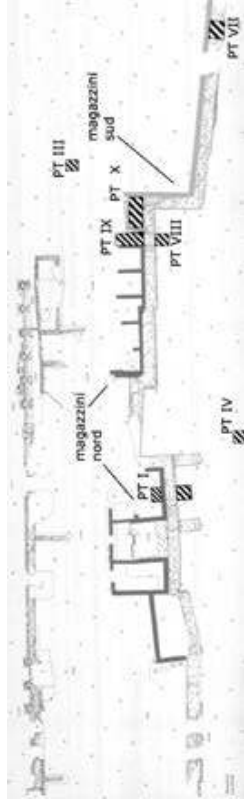


Figura 6. Posizionamento dei sondaggi di scavo effettuati lungo il tratto sud dell'Antemurale (Paroli e Ricci 2011: 128).

lavori di bonifica agricola intrapresi nell'area, al tempo di proprietà del principe Giovanni Torlonia (Calza 1925: 65). Arrivati al settore sud-orientale del circuito difensivo, le informazioni in merito si fanno più carenti, salvo un rilievo inedito appartenente alla Collezione Lanciani nel quale vengono riportate alcune porzioni della suddetta fortificazione ad oggi non più visibili (Impiglia 2017b).

Lo stato attuale delle conoscenze ha consentito tuttavia di formulare alcune ipotesi sull'andamento del perimetro della cinta muraria in questo settore del complesso portuale, la più verosimile delle quali, vuole che essa ricalchi in maniera pressoché parallela il percorso della sponda settentrionale della Fossa Traiana (Testaguzza 1970; Giuliani 1992). Rimane inoltre da chiarire se anche l'area della gola fosse ricompresa o meno all'interno del circuito murario, considerando la totale assenza del dato archeologico.

Si giunge infine presso l'ultimo settore meglio conosciuto come *Antemurale* (Paroli e Ricci 2011: 140-143) (Figura 5, n. 8), il quale andava ad affacciarsi verso il bacino di Claudio e parallelamente all'antica linea di costa. L'intricato palinsesto murario che andava ad imporsi su di un insieme di strutture, quali magazzini ed altri edifici preesistenti, conferisce a questo tratto della fortificazione un andamento irregolare, caratterizzato da continue sporgenze e rientranze, costituendo un tipico esempio di *emplecton* (Paroli e Ricci 2011: 140). Tale struttura muraria, avente uno spessore medio di circa tre metri e un riempimento costituito da un insieme di scapoli di tufo, malta e sabbia, è caratterizzata da un paramento esterno in laterizi (Paroli 2004: 250). Incerto rimane lo sviluppo in elevato, anche se tuttavia è plausibile stimare un'altezza complessiva, incluso il cammino di ronda, tra i sei e i sette metri.

Per quanto concerne le *Contromura Interne* (Lugli e Filibeck 1935: 94-96; Keay *et al.* 2005b: 106-107), quest'ultime si estendevano lungo la banchina del canale di imbocco del bacino traiano, fiancheggiando presumibilmente i lati III, IV e V fino all'Arco di S. Maria (Figura 7), dove si andavano a ricongiungere con il circuito esterno. Nel tratto lungo la banchina del canale di imbocco (lato V),



Figura 7. Veduta del fronte settentrionale dell'Arco di S. Maria (foto Ilaria Frumenti).



Figura 8. Veduta del fronte nord dei così detti Magazzini di Traiano (foto Cristian D'Annunziata).

la fortificazione si componeva da un fronte murario in opera laterizia, al cui interno si addossavano dei pilastri a sostegno delle arcate su cui correva il cammino di ronda⁴.

Presso il versante settentrionale dei cosiddetti Magazzini di Traiano (Figura 8), la cinta muraria reimpiègava le strutture dei magazzini stessi obliterandone i rispettivi accessi così come riscontrato anche nel settore nord-orientale.

Proseguendo in direzione sud si giunge all'accesso della darsena dove è stata rinvenuta una fondazione riconducibile ad una torre di guardia verosimilmente facente parte del cammino di ronda (Panzieri e Sebastiani c.d.s.).

In corrispondenza dei lati III e IV, i resti della cinta muraria rimangono ad oggi sotto il livello dello specchio d'acqua (Figura 9). Se ne ha contezza, solo per mezzo di documentazione fotografica relativa agli anni settanta del Novecento e realizzata probabilmente durante le fasi di severità idrica che affliggevano il bacino esagonale (Testaguzza 1970: 161-162; Coccia 1993: 186).

Tali strutture⁵, riportate anche nella pianta del Gismondi, sono comunque menzionate da Lanciani il quale individua almeno due fasi costruttive (Lanciani 1868), così come successivamente asserito con maggior dettaglio anche dal Calza (Calza 1925: 56-57). Quest'ultimo, rileva la presenza di numerose tamponature da mettere in relazione quasi certamente con alcuni accessi aventi la funzione di barriera doganale, nonché di un frammento di colonna incastonata lungo il paramento murario (Lugli e Filibeck 1935: 68). L'ipotesi più attendibile, stando appunto a quanto osservato dai due studiosi, vuole che, almeno in questo settore, la cinta muraria interna sia stata imalzata reimpiègando porzioni delle strutture di età imperiale sulle quali vi erano le porte adibite al controllo delle merci.

Presso il settore sud-orientale del lato III, è ubicata la porta nota come Arco di S. Maria (Lugli e Filibeck 1935: 96). Essa fungeva da punto di congiunzione tra le due cinte murarie, in quanto ricavata su di un tratto perpendicolare a queste ultime e sul quale vi sono tre torri a pianta quadrangolare.

⁴ Arcate che si sono conservate solamente nell'enclave dell'Arco di S. Maria, mentre delle ghiere rinvenute in fase di crollo, sono state rinvenute nel sondaggio V e verosimilmente riferibili all'elevato delle mura tanto antiche.

⁵ Le stesse risultano ben visibili anche nella veduta delle rovine di Porto realizzata da Ignazio Danti nel 1582.



Figura 9. Resti della cinta muraria del lato IV e V attualmente sommersi (Testaguzza 1970: 169).

Ulteriori rinvenimenti riconducibili a strutture di avvistamento sono attestati anche lungo l'Antemurale, presso il Sondaggio VIII e presso il Sondaggio I, dove sono tuttora visibili i resti di una controporta posta a protezione della così detta *Posterula* (Paroli 2004: 248).

Stando quindi alle informazioni di cui tuttora si dispone, il circuito murario interno doveva terminare la sua corsa all'altezza dell'angolo settentrionale di questo prolungamento di fortificazione e presso la porta suddetta; viceversa, nell'angolo meridionale, si intersecava il circuito murario esterno che invece proseguiva il suo percorso in direzione sud-ovest. A tale proposito occorre precisare che le indagini geofisiche praticate lungo il lato II, hanno rilevato la presenza di una struttura lineare posta a pochi metri dalla banchina e interpretata come una possibile prosecuzione delle mura interne (Keay e Millett 2005: 294). Se quanto sopra venisse confermato, il circuito interno, almeno per quanto concerne questo settore, proseguirebbe quasi in parallelo con le mura esterne in una sorta di doppio anello.

L'area inclusa nel perimetro delle Contromura Interne andava a delimitare uno spazio di circa ventisette ettari, venendo così a costituire una sorta di insediamento fortificato lungo la sponda destra della Fossa Traiana (Lugli e Filibeck 1935: 105; Paroli 2004: 262).

L'esistenza di una doppia cinta muraria si desume anche dalle fonti scritte: in un passo di Procopio di Cesarea (*B.G.*, III, 26), è narrata la convivenza forzata all'interno del circuito fortificato sia dei Romani che dei Goti. Con ogni probabilità quest'ultimi si barricarono nel perimetro più esterno, mentre le truppe di Belisario andarono ad occupare il settore settentrionale delle *Contromura Interne*.

Per quanto concerne invece la cronologia dei circuiti difensivi, si possono trarre alcune conclusioni: sulla base di analogie e similitudini costruttive ricorrenti e riscontrate lungo tutto il perimetro delle due cinte murarie, si può ritenere che esse siano coeve.

A ciò va aggiunto il fenomeno del riutilizzo dei materiali da costruzione, quali mattoni, frammenti di tufo, molto cospicuo proprio a partire dal periodo tardo antico, individuato in più punti su entrambe le fortificazioni. Nello specifico, i paramenti risultano realizzati con laterizi di reimpiègo, i quali presentano dimensioni non costanti e risultano disposti su filari orizzontali.



Figura 10. Dettaglio delle caratteristiche della malta (foto Ilaria Frumentti).

In merito al legante impiegato, esso è costituito da una malta particolarmente tenace, di colore grigio-violaceo con inclusi composti da grumi di calce non sciolta e da grossi frammenti di pozzolana. I letti di malta (Figura 10), spesso si presentano alliscitati, mentre il modulo è abbastanza regolare (circa 30 cm). Questa caratteristica risulta essere una costante anche negli altri tratti ancora visibili del circuito murario che quindi appare costruito in un periodo di tempo ravvicinato, presumibilmente da gruppi di maestranze qualificate (Paroli e Ricci 2011: 140).

Fonti Antiche

B.G. = Procopii Caesariensis (1963), "De bello Gotico", in *Procopii Caesariensis Opera omnia*, vol. II, *De bellis libri* VIII, editit Haury J., addenda et corrigenda adiecit et Wirth, G., Lipsiae, Teubner (Bibliotheca Scriptorum Graecorum et Romanorum Teubneriana).
Cass. Dio. = Dindorf, L. (1864), "Dionis Cassii Cocceiani", *Historia Romana*. Leipzig, Teubner.

Bibliografia

Bevelacqua, G.S. 2016. L'ascesa della civitas Flavia Constantinianna Portuensis tra liberalitas principis e munificencia privata. L'apporto delle fonti epigrafiche. *Acta XVI Congressus Internationalis Archaeologiae Christianae*. Città del Vaticano, Roma (22-28.9.2013), 2155-2170.
Brogiolo, G.P. 1993. Brescia Altomedievale. Urbanistica ed edilizia dal IV al IX secolo. *Documenti di Archeologia*, 2. Mantova.
Calza, G. 1925. Riconoscimenti topografiche nel Porto di Traiano. *Notizie degli Scavi*, 6, 1, 54-80.
Cavallieri Manasse, G., Hudson, P.J. 1999. Nuovi dati sulle fortificazioni di Verona (III-XI secolo), in G.P. Brogiolo (a cura di) *Le fortificazioni del Garda e i sistemi di difesa dell'Italia settentrionale tra Tardo Antico e Alto Medioevo*: 71-91. Mantova.
Christie, N., Gibson, S. 1988. The city walls of Ravenna. *Papers of the British School at Rome*, 66, 156-197.
Coccia, S. 1993. Il 'Portus Romae' fra tarda antichità ed alto medioevo, in L. Paroli e P. Delogu (a cura di) *La storia economica di Roma nell'alto Medioevo alla luce dei recenti scavi archeologici*: 177-200. Firenze.
Coccia, S. 1996. Il Portus Romae alla fine dell'antichità nel quadro del sistema di approvvigionamento della città di Roma, in A. Gallina Zevi e A. Claridge (a cura di) *'Roman Ostia' revisited. Archaeological and historical Papers in memory of Russell Meiggs*: 293-307. Roma.
Coccia, S., Paroli, L. 1993. Indagini preliminari sui depositi archeologici della città di Porto. *Archeologia Laziale* 11: 175-180.
Gelichi, S. 1991. Il paesaggio urbano fra V e X secolo, in A. Carile (a cura di) *Storia di Ravenna. Dall'età bizantina all'età ottomana*: 153-166. Ravenna.
Giuliani, C.F. 1992. Note sulla topografia di Portus, in V. Mannucci (a cura di) *Il parco archeologico naturalistico del porto di Traiano*: 29-44. Roma.
Impiglia, C. 2017a. La tenuta di Porto a Fiumicino dai Torlonia agli Sforza Cesarini: archeologia, trasformazioni agro-industriali e valorizzazione del paesaggio, in G. Caneva, C.M., Travaglini, C. Viriouviet (a cura di) *Roma, Tevere, Litorale. Ricerche tra passato e presente*: 85-92. Roma.

Impiglia, C. 2017b. Rodolfo Lanciani e la rappresentazione dell'antica campagna romana. *Ricerca archeologica tra passeggiate e collezionismo. Rivista dell'Istituto Nazionale d'Archeologia e Storia dell'Arte* 72, 3, 40: 291-318.
Keay, S., Millett, M., Patterson, H. 2005a. Introduction, in S. Keay, M. Millett, L. Paroli, e K. Strutt (a cura di) *Portus: An Archaeological Survey of the Port of Imperial Rome*, (Archaeological Monographs of the British School at Rome, 15), 1-9. London.
Keay, S., Millett, M., Strutt, K. 2005b. The survey results, in S. Keay, M. Millett, L. Paroli, e K. Strutt (a cura di) *Portus: An Archaeological Survey of the Port of Imperial Rome*, (Archaeological Monographs of the British School at Rome, 15), 71-172. London.
Keay, S., Millett, M. 2005. Integration and discussion, in S. Keay, M. Millett, L. Paroli e K. Strutt (a cura di) *Portus: An Archaeological Survey of the Port of Imperial Rome*, (Archaeological Monographs of the British School at Rome, 15), 269-296. London.
Lugli, G., Filibeck, G. 1935. *Il Porto di Roma imperiale e l'Agro Portuense*. Roma.
Mannucci, V. 1987. Osservazioni sulla cartografia portuense. *Bollettino d'arte*, 6, 72: 71-86.
Mannucci, V., Verduchi, P.A. 1992. Il porto imperiale di Roma: le vicende storiche, in V. Mannucci (a cura di) *Il parco archeologico naturalistico del porto di Traiano*: 15-28. Roma.
Millett, M., Keay, S., Strutt, K. 2004. Portus Romae: recent survey work at the ports of Claudius and Trajan, in A. Gallina Zevi e R. Turchetti (a cura di) *Le strutture dei porti e degli approdi antichi*, II seminario, Roma-Ostia antica 16-17 aprile 2004: 221-232. Soveria Mannelli.
Nibby, A. 1827. *Della via Portuense e dell'antica città di Porto*. Roma.
Palombi, D. 2006. *Rodolfo Lanciani. L'archeologia a Roma tra Ottocento e Novecento*. Roma.
Panzieri, C., Sebastiani R. c.d.s. La città di Porto. Stato delle ricerche e nuove acquisizioni, in F. Coliaco e A. Molinari (a cura di) *Città e territorio: il Lazio Medievale. Urbanistica e architettura nei capoluoghi di Diocesi tra tardo antico ed alto medioevo*. Atti della giornata di studi, Segni 12 dicembre 2016, in corso di stampa.
Paroli, L. 2004. Il porto di Roma nella tarda antichità, in A. Gallina Zevi e R. Turchetti (a cura di) *Le strutture dei porti e degli approdi antichi*, II seminario, Roma-Ostia antica 16-17 aprile 2004: 247-266. Soveria Mannelli.
Paroli, L. 2005. History of past research at Portus, in S. Keay, M. Millett, L. Paroli, e K. Strutt (a cura di) *Portus: An Archaeological Survey of the Port of Imperial Rome*, (Archaeological Monographs of the British School at Rome, 15): 43-59. London.
Paroli, L., Ricci, G. 2011. Scavi presso l'Antemurale di Porto, in S. Keay e L. Paroli (a cura di) *Portus and its Hinterland*, (Archaeological Monographs of the British School at Rome, 18): 127-146. London.
Pellegrino, A., Bedello Tata, M. 1985. Contributo allo studio della necropoli romana della via Portuense, in località Fiumicino. *Archeologia Laziale* 7: 224-232.
Testaguzza, O. 1970. *Portus: illustrazione dei Porti di Claudio e Traiano e della città di Porto a Fiumicino*. Roma.

7.

Portus y el contexto geomorfológico del delta del río Tíber

L. M. Cáceres Puro¹, J. Rodríguez Vidal¹

¹Centro de Investigación en Patrimonio Histórico, Cultural y Natural. Universidad de Huelva

Resumen

La localización de Portus, el puerto imperial de Roma, en la desembocadura del río Tíber fue la responsable de su deterioro y posterior abandono. Dado que, en dicha desembocadura, el río ha ido construyendo un amplio delta en los últimos milenios, se han podido establecer tres fases en la evolución de dicho delta: 1) Entre 15.000-8.000 años BP, se produce el ascenso del nivel del mar más rápido tras el final del último período glacial, supuso la inundación y el retroceso de la desembocadura del río. 2) Entre 8.000-7.000 años BP el ascenso marino se ralentizó, dando lugar a la formación de una barrera arenosa litoral y al avance del delta a su abrigo. 3) Desde hace 6.000 años hasta la actualidad el ascenso se fue ralentizando mucho más, mientras que el río continuó aportando sedimentos en su desembocadura, provocando la más importante progradación del delta. Dentro de esta última fase se han diferenciado tres subfases: a) Entre 6.000-2.700 años BP la línea de costa progradó hasta la zona donde posteriormente se construyó Portus. b) Entre 2.700 y 1.900 años BP el delta se expandió hacia el sur por la migración del canal principal del río. c) En los últimos 1.900 años se ha producido la mayor expansión del delta y su mayor modificación antrópica con el fin de mantener las infraestructuras portuarias, que se mantuvieron navegables hasta la Alta Edad Media. No obstante, el avance continuó imparable y en el último siglo los cambios han sido notables debido al incremento de la presión antrópica en la costa y la cuenca del río.

Palabras clave

Dinámica litoral; Lazio; Tíber; Portus; Ostia Antica

Abstract

The location of Portus, Imperial Rome's harbour, at the mouth of the Tiber was responsible for its deterioration and subsequent abandonment, since, at that mouth, the river has been creating a wide delta in recent millennia. It has been possible to establish three phases in the evolution of this delta: 1) From 15,000-8000 BP, the sea level rose swiftly after the end of the last glacial period, involving the flooding and retreat of the river mouth. 2) From 8000-7000 BP, the rise of the sea slowed down, creating a coastal sandbar and leading to the advance of the delta under its shelter. 3) From 6000 BP to the present, the ascent slowed considerably, while the river continued to provide the mouth with sediments, causing the most important progradation of the delta. Within this last phase, three subphases have been identified: a) From 6000-2700 BP, the coastline prograded to the area where Portus was later built. b) From 2700 to 1900 BP, the delta was expanded to the south due to the migration of the river main channel. c) The last 1900 years saw the biggest expansion and the greatest anthropic modification of the delta in order to maintain the harbour infrastructures, which remained navigable until the Early Middle Ages. However, the advance has remained unstoppable and in the last century, changes have been quite remarkable due to the increase of the anthropic pressure all along the shore and the river basin.

Keywords

coastal dynamics; Lazio; Tiber; Portus; Ostia Antica

Introducción

Portus, el puerto imperial de Roma fue construido inicialmente durante el mandato del Emperador Claudio (Siglo I d.C.) y más tarde modificado y ampliado por orden del Emperador Trajano (Siglo II d.C.). Esta obra y la infraestructura asociada se constituyeron como elementos fundamentales para el desarrollo de la capital imperial, por cuanto la inmensa mayoría de los productos que abastecía la ciudad entraban por dicho punto.

Su situación era estratégica, en la misma desembocadura del río Tíber. De esta forma, el propio río constituía la vía de transporte y redistribución principal de mercancías hasta el mismo corazón

de la capital del imperio. No obstante, esta misma situación fue la que lo llevó a su progresivo deterioro y abandono, dada la dinámica natural específica desarrollada en estos medios naturales.

De forma general, las desembocaduras fluviales pueden clasificarse en diferentes tipos:

- Desembocaduras simples, especialmente si se trata de ríos de corto recorrido.
- Desembocaduras en estuarios, cuando el mar invade este tramo final del río, provocando un ensanchamiento del canal y la interacción entre las aguas salada y dulce, que cambia en función de la marea.
- Desembocaduras en deltas, que se produce cuando el aporte de sedimentos por el río en su desembocadura supera la capacidad de redistribución sedimentaria por parte del mar, lo que provoca una acumulación progresiva de materiales que pueden emerger y constituir un terreno de avance o progradación de la tierra sobre el mar.

Salvo en el primero de los casos, en los otros dos se suele producir una intensa dinámica sedimentaria que provoca cambios importantes en el trazado y la morfología de la costa del entorno de la desembocadura fluvial.

Además de lo anterior y en relación con la variación del trazado costero, hay que tener en cuenta la intensa modificación que han experimentado los litorales de todo el mundo como consecuencia de la elevación del nivel del mar durante el Holoceno, tras la finalización del último estado frío y la consiguiente fusión de las grandes masas de hielo continental. Esta elevación marina se conoce como transgresión Flandriense y supuso un ascenso general del nivel del mar de algo más de 100 m, que, en el Mediterráneo occidental, se estima que ocurrió desde c. 17.000 hasta 5.000 años BP (15.000-3.000 a.C.) (Bellotti et al. 1989; Arnoldus-Huyzendveld 2005). Este evento supuso la invasión marina de espacios y territorios hasta entonces de dominio continental, entre los que destacan las desembocaduras fluviales. Desde hace unos 6.000 años hasta la actualidad, con un nivel marino más o menos estabilizado, las costas mundiales han ido evolucionando hacia su regularización, según las características propias de cada sector (geología, topografía, dinámica litoral de olas, mareas y corrientes, clima e impacto antrópico), para ir adquiriendo la configuración que se puede observar hoy en día.

De esta forma, en determinados sectores, sobre todo aquellos relacionados con las desembocaduras de los ríos, se han producido rellenos sedimentarios, colmataciones y avances de la línea de costa, que han condicionado la instalación y mantenimiento de las infraestructuras humanas, como ha sido el caso de la desembocadura del río Tíber y los puertos históricos asociados (Bellotti et al. 2011, 2018; Graudi et al. 2009; Goiran et al. 2010, 2014; Keay et al. 2005; Mazzini et al. 2011; Salomon et al. 2014, 2016a, 2016b, 2020).

El río Tíber y su delta

El río Tíber tiene una longitud de 405 km, desde su nacimiento en los Apeninos, a 1.268 m de altitud, hasta su desembocadura en el mar Tirreno (Figura 1). En su recorrido drena una cuenca de 17.375 km² a través de las regiones de Romaña, Umbria y Lazio (Salomon et al. 2014), descargando una tasa media anual de 240 m³/s en la estación de aforo de Ripetta (Roma). Durante los 30 años anteriores a 1963 (1934-1963), en la estación de aforo de Ripetta, se registró un transporte medio anual de 4,3 a 7,2 millones de toneladas de sedimento en suspensión (Iadanza y Napolitano 2006). Mientras que, en los últimos 50 años, este número medio fue de solo 1,1 a 1,4 millones de toneladas por año. Este descenso en la carga sedimentaria en suspensión es el resultado de las alteraciones en el balance de sedimentos provocado por la construcción de presas a lo largo del trazado del río (Iadanza y Napolitano 2006). No obstante, este valor actual está por encima de otros ríos mediterráneos más regulados todavía en su caudal, como es el caso del Ebro (España) con un valor actual en torno a las 200.000 toneladas por año, que es menos del 1% del valor previo a la construcción de las presas (Palarques y Guillén 1992). Evidentemente esta drástica reducción de la carga sedimentaria de los

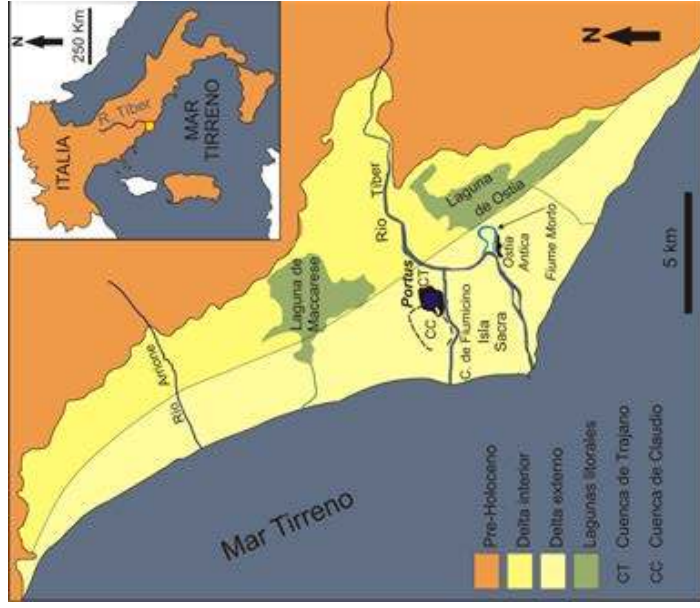


Figura 1. Localización del delta del Tíber en la península italiana (cuadrado amarillo) y situación actual con los distintos elementos referidos en el texto, tanto naturales como antrópicos; además de la diferenciación entre el delta interno y el externo.

depósitos aluviales y pantanosos, además de la existencia de lagunas y paleo-lagunas litorales, como las lagunas de Ostia y Maccarese. Se trata del sector más antiguo de la formación, previo a la propia existencia de los puertos históricos. Por su parte, el delta externo, ocupa el sector más occidental y en su superficie se reconocen crestas de playa y dunas que configuran los sedimentos que lo constituyen. Se corresponde con el sector que se ha generado en época más reciente, en parte incluso con posterioridad al abandono de los puertos romanos (Bellotti *et al.* 1989, 1995; Amosi y Milli 2001; Bellotti *et al.* 2007; Milli *et al.* 2013).

Evolución geomorfológica del delta del Tíber

La evolución del delta del río Tíber se ha podido reconstruir en base a los numerosos estudios cartográficos y de los depósitos del complejo sedimentario, estos últimos fundamentalmente vinculados con estudios de testigos de sondeos; además de las diversas reconstrucciones arqueológicas en relación con la ocupación de los nuevos paisajes delatcos. Todo ello ha permitido establecer distintas fases en este proceso constructivo que son las que a continuación se van a detallar (Figura 2).

Primera fase

Esta primera fase se correspondería con el periodo de ascenso más rápido del nivel del mar durante la transgresión Flandriense. En el Mediterráneo occidental, el nivel marino ascendió de forma más o menos acelerada desde el inicio de la transgresión c.15.000 años BP hasta hace c. 8.000 años BP. El registro del nivel más bajo en este sector lo coloca en $-43,9 \pm 0,7$ m hace c. 12.800 años BP, destacando un rápido aumento entre c.12.700 y 10.900 años BP cuando el nivel marino estaba ya en $-28 \pm 0,5$ m (Vacchi *et al.* 2016). Durante este periodo de tiempo, el ascenso del mar invadió las formaciones previas, incluido el probable delta pleistoceno del Tíber (Figura 2A). Su desembocadura fue inundada, penetrando por ella el mar y haciéndola retroceder hacia tierra (Bellotti *et al.* 2007). No obstante, pudo establecerse un delta protegido detrás de una o varias barreras arenosas transgresivas (Figura 2B), que delimitaban una amplia bahía (Milli *et al.* 2013) y que fueron migrando hacia tierra a medida que el nivel del mar ascendía (Bellotti *et al.* 1989).

Segunda fase

Entre c. 8.000-7.000 años BP, el aumento del nivel del mar experimentó una desaceleración notable (Bard *et al.* 2010; Lambeck *et al.* 2011), partiendo de una cota de $-8,9 \pm 1,2$ m hace c. 8.500 años BP (Vacchi *et al.* 2016). Esta desaceleración dio lugar a que el delta avanzara por detrás de la barrera arenosa (Figura 2B), que estuvo activa hasta el inicio de esta fase (Milli *et al.* 2013), y cortara la antigua bahía en dos cuencas. Estas dos cuencas constituyeron las lagunas litorales de Maccarese, al Norte, y Ostia, al Sur, (Bellotti *et al.* 2007; Milli *et al.*, 2013).

Tercera fase

A partir del 6.000 BP, el ascenso del nivel marino continuó con su tendencia de desaceleración, experimentando una fase más ligera todavía durante los últimos 4.000 años. En torno a c. 5.500 años BP, el nivel marino estaba entre $-3,1$ y $-2,1$ m, hace c. 2.000 años se situaba a $-0,6 \pm 0,6$ m y hace c. 1.700 años en $-0,8 \pm 0,2$ m (Vacchi *et al.* 2016). No obstante, Muñiz *et al.* (2021) determinan que durante los siglos IV y V d.C. (hace entre 1.670 y 1.450 años BP) el nivel de pleamar en la zona del muelle de la linterna de Portus se situaba en $-0,03$ cm, lo que podría contradecir el dato de $-0,8 \pm 0,1$ m dado por Goiran *et al.* (2009) para los siglos III-IV d.C.

Durante esta fase, el Tíber continuó aportando sedimentos en su desembocadura, provocando la progresiva y más importante progradación del delta hacia el mar y haciendo, por tanto, que la línea de costa migrara hacia el Oeste. En algunos sectores del delta, como en zona central (Isla Sacra) se han registrado avances de hasta 1 m por año (Salomon *et al.* 2016a). Dentro de esta fase se pueden

ríos está teniendo consecuencias en la evolución de sus áreas de desembocaduras, con un descenso en la progradación de las formaciones sedimentarias (deltas), incluso con retrocesos importantes por erosión.

El río Tíber presenta una desembocadura con morfología en delta. Concretamente es un delta del tipo en cúspide o triangular, típico de costas en las que domina el oleaje (Elliott 1986). En estas costas, el sedimento transportado por la corriente fluvial se distribuye por la playa a partir del punto de salida, transportado fundamentalmente por las olas; el escaso rango mareal del Mediterráneo (20 cm), implica que estos sedimentos no son suficientemente redistribuidos a lo largo de la costa, permaneciendo en sus inmediaciones y dando lugar a un delta puntiagudo cuyos bordes son ligeramente cóncavos hacia el mar. De esta forma, se explica que ríos similares en longitud y cuenca hidrográfica que desembocan en el océano Atlántico, como el Garona (España-Francia), desarrollan en la actualidad desembocaduras en estuario, dada su elevado rango de variación mareal (5 m) (Tabla de mareas 2021).

En la actualidad, el delta del Tíber se extiende 25 km de Oeste a Este, contando tanto las áreas emergidas, claramente visibles, como las sumergidas bajo el mar, lo que constituye el delta sumergido o prodelta. El límite hacia tierra lo constituyen unas terrazas del Pleistoceno que bordean esta formación, mientras que el prodelta se extiende hasta una profundidad de -115 m, con una pendiente media de 1° (Autorità di Bacino del Fiume Tevere 2001). En el delta emergido se pueden diferenciar dos sectores: la zona interna y la externa (Figura 1). La primera, el delta interior, se localiza en la parte más oriental y se caracteriza por presentar una topografía baja de

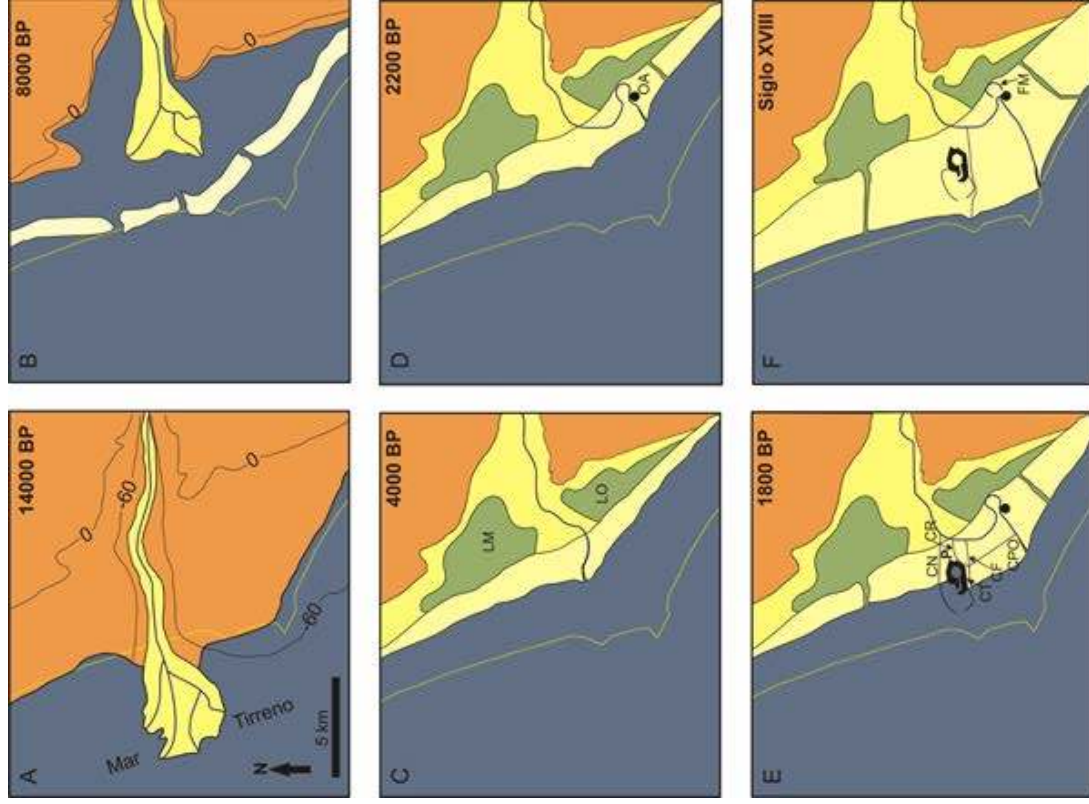


Figura 2. Evolución geomorfológica esquemática del delta del Tíber, desde hace unos c. 14.000 años hasta el siglo XVIII d. C. En A y B, están representadas curvas de nivel con valores en metros respecto al nivel del mar actual. La línea amarilla discontinua es la línea de costa actual, de referencia en todas las figuras. El código de colores es el mismo de la figura 1. Abreviaturas: en C: LM es Laguna Maccarese, LO es Laguna de Ostia; en D: O es Ostia Antica; en E: P es Portus, CN es Canal del Norte, CR es Canal Romano, CF es Canal Trasverso, CPO es Canal de Fiumicino o Fossa Traiana, CPO es Canal de Portus a Ostia; en F: FM es Fiume Morto (modificado de Bellotti *et al.*, 2018).

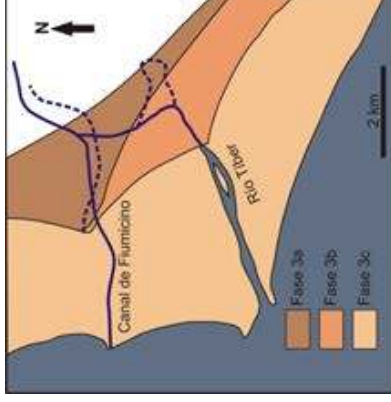


Figura 3. Esquema y resumen de los cambios en la desembocadura del Tíber en los últimos 6.000 años, correspondiente a la Fase 3 y subfases a, b y c en el texto (modificado de Bellotti *et al.*, 2011).

diferenciar tres subfases en el desarrollo del delta, las cuales están en relación con la movilidad de su desembocadura (Figura 3):

(a) Entre hace 6.000 y 2.700 años BP. En este periodo el delta progredió hacia el Oeste, mediante el aporte de arenas fluviales, alcanzando la zona donde posteriormente se construyó el sistema portuario de Portus. Mientras que, en este sector, la zona más occidental tenía mayor influencia litoral, la zona central, cada vez más alejada de la costa, estaba ocupada por lagunas que en ocasiones se volvían a conectar con el mar (Goiran *et al.*, 2010). Por otro lado, esta progradación general condujo al alejamiento y progresiva desconexión del mar de las lagunas litorales mayores de Maccarese y Ostia (Figura 2C). Esta última, entre el II y el comienzo del I milenio a.C. pasó a ser una marisma, volviendo a conectarse con el mar en la primera parte del I milenio a.C. y permaneciendo así, aunque experimentando una progresiva colmatación hasta el siglo XIX d.C. (Vittori *et al.*, 2014). Por su parte, la paleo-laguna de Maccarese, quedó aislada del mar y se transformó en una zona de turba a principios del IV milenio a.C. (Bellotti *et al.*, 2007; Di Rita *et al.*, 2009). No obstante, y al igual que Ostia, también se abrió al mar en el I milenio a.C. (Di Rita *et al.*, 2009; Giraudi 2011), en ambos casos probablemente por acción antrópica (Bellotti *et al.*, 2011) en relación con la explotación de sus recursos (salinas).

(b) Entre hace 2.700 y 1.900 años BP. El canal principal del Tíber discurría sobre la llanura deltaica a medida que esta iba ensanchándose en su progradación. Dado su escaso desnivel y la elevada carga sedimentaria, el canal fue trazando un amplio meandro que se reorientó hacia el sur (Figura 2D), migrando desde el centro de la isla Sacra hacia el sur entre los siglos VIII y VI a.C. (Salomon *et al.*, 2020). Este movimiento dio lugar a una expansión del delta en esta dirección y al desplazamiento de la desembocadura del río (Segre 1986; Giraudi *et al.*, 2009; Bellotti *et al.*, 2011), que detuvo su migración hacia el sur entre los siglos IV a I a.C. (Salomon *et al.*, 2020). En sus márgenes se fundó la ciudad portuaria de Ostia en los siglos IV al III a.C., cuyas interacciones con el río contribuyeron al crecimiento compuesto del meandro y a su evolución posterior (Salomon *et al.*, 2016b).

En Ostia se conoció una sedimentación generalizada entre el siglo II a.C. y principios del siglo I d.C., de forma que su puerto siguió siendo funcional pero solo para embarcaciones de bajo calado (Goiran *et al.*, 2014; Salomon *et al.*, 2016c). Esta situación llevó a que, durante los siglos I y II d.C., el emperador Claudio y luego Trajano ordenaran la construcción sucesiva de los dos grandes puertos al norte de Ostia, los que configurarían Portus (Figura 2E). Esto supone que la línea de costa estuviera en esos momentos 4 km tierra adentro desde la costa actual (Bellotti *et al.*, 1995; Arnoldus-Huyzendveld y Pellegrino 1999; Salomon 2013). Trajano construyó la cuenca hexagonal en una zona no tan expuesta al este del puerto de Claudio, porque este no protegía a los barcos del viento y el oleaje, uniéndolos ambos mediante un canal de acceso principal.

(c) Desde hace 1.900 años BP hasta la actualidad. Tras la construcción del canal de Fiumicino o Fossa Traiana, el delta se desarrolló a partir de estas dos bocas (Figura 2E). Iniciado su construcción durante el reinado de Claudio, este canal unió Portus con el Tíber, y probablemente cumplió también la función de dividir las descargas mayores de agua del río y así evitar inundaciones (Mazzini *et al.*, 2011), dado el incremento de estos eventos desde el siglo III a.C. al siglo I d.C. (Aldrete 2007). Unos

años después se construyó otro canal artificial, el *Canale Trasverso*, que unió *Portus* con el Tíber a través de la *Fossa Traiana* y que quedó como la única vía de comunicación entre ellos (Keay *et al.* 2005). También en el período Trajano, se excavó otro canal que comunicaba *Portus* con Ostia por la isla Sacra (Figura 2E), el cual migró lateralmente y con rapidez después de su construcción. No obstante, tuvo varias fases de uso como canal de navegación, hasta que fue abandonado a principios del siglo III d.C (Salomon *et al.* 2020).

El canal entre las dos cuencas artificiales de *Portus* funcionó entre finales del siglo II y principios del siglo V, cuando quedó completamente atascado. Esto significa que, después de principios del siglo V, solo quedaba el *Canale Trasverso* para dar acceso al Tíber y al mar (Goiran *et al.*, 2010). Por su parte, hay constancia de dragados importantes en la cuenca de Trajano hasta, al menos, los siglos III-IV d.C., de forma que se mantuvo la navegabilidad en *Portus* hasta los siglos VI-VII, ya en la Alta Edad Media (Salomon *et al.* 2016c). Poco después, la cuenca de Trajano se convirtió en una masa de agua aislada con un balance de evaporación negativo. Esto pudo deberse al taponamiento definitivo del *Canale Trasverso* y al abandono abrupto de toda actividad en *Portus* en ese momento (Delile *et al.* 2014).

Hacia el sur, el meandro del canal principal del río continuaba con su evolución natural, acentuando su curvatura principal hasta el Este y erosionando la llanura progradante previa. Posteriormente, curvas secundarias evolucionaron creciendo hacia el Sur hasta producirse su estrangulamiento durante 1557-1562 d.C., lo que dio lugar al acortamiento del canal y a la formación del lago en herradura correspondiente a la curva abandonada, el *Fiume Morto*, al noreste de Ostia Antica (Figura 2F). Dicho lago se colmató en los siglos posteriores y fue ocupado por cultivos y construcciones desde el siglo XIX (Salomon *et al.* 2016b).

Todos los procesos explicados anteriormente, al final de esta subfase, se pudieron ver empujados por una importante fase de progradación del litoral al final de la Antigüedad (Bellotti *et al.*, 2007), que se sumó al aislamiento del puerto. Así, el delta fue progradando, aunque alternando con algunos momentos de erosión, durante la Edad Media. No obstante, el avance se hizo más continuo entre los siglos XVI y XX.

Finalmente, en los últimos 100 años el delta del Tíber ha experimentado cambios dramáticos (Bellotti *et al.* 1997) que podrían llegar a considerarse como una nueva fase en su evolución. Entre 1873 y 1950, el proceso predominante continuó siendo el de progradación, aunque hubo algunos sectores del delta que se vieron afectados por la erosión. Entre 1950 y 1974 dominó la erosión, principalmente en la zona costera entre el canal de Fiumicino y el canal de Stagno, retroceso de la costa hasta 250 m de retroceso de la costa cerca de la desembocadura del Tíber (Bellotti *et al.* 1997). Las causas de esta fuerte erosión hay que buscarlas en la intensa actividad de extracción de áridos a lo largo del cauce del río y la disminución del transporte de sólidos por la construcción de presas, como se apuntó anteriormente. Entre mediados de los años 70 y los 80 se intervino mediante la construcción de numerosas barreras costeras, tanto sumergidas como emergidas, que, si bien no son estéticamente todo lo bueno que se pudiera desear, han detenido la erosión e incluso han provocado progradación del litoral en los sectores protegidos.

Bibliografía

Autorit  di Bacino del Fiume Tevere, 2001. visto el 21 de diciembre de 2021: https://www.abtevere.it/sites/default/files/dattisito/info_bacino/evoluzione_olobecnica.pdf
 Aldrete, G. 2007. *Floods of the Tiber in Ancient Rome*. London/Baltimore, Johns Hopkins University Press.
 Amorosi, A. y Milli, S. 2001. Late Quaternary depositional architecture of Po and Tevere river deltas (Italy) and worldwide comparison with coeval deltaic successions. *Sedimentary Geology* 144: 357-375.
 Arnoldus-Huyzendveld, A. 2005. The natural environment of the Agro Portuense, en S. Keay, M. Millett, L. Paroli and K. Strutt (eds) *Portus: an archaeological survey of the port of the Imperial Rome*: 14-30. London, Archaeological Monographs of the British School at Rome 15.

Arnoldus-Huyzendveld, A. y Pellegrino, A. 1999. Traces of historical landscapes preserved in the coastal area of Rome. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia* 65: 219-26.
 Bard, E., Hamelin, B. y Delange-Sabatier, D. 2010. Deglacial meltwater pulse 1B and Younger Dryas sea levels revisited with boreholes at Tahiti. *Science* 327 (5970): 1235-1237.
 Bellotti, P., Calderoni, G., Carboni, M.G., Di Bella, L., Tortora, P., Valeri, P. y Zernitskaya, V. 2007. Late Quaternary landscape evolution of the Tiber River delta plain (Central Italy): New evidence from pollen data, biostratigraphy and 14C dating. *Zeitschrift f r Geomorphologie* 51: 505-534.
 Bellotti, P., Calderoni, G., Di Rita, F., D'Orefice, M., D'Amico, C., Esti, D., Magri, D., Martinez, M.P., Tortora, P. y Valeri, P. 2011. The Tiber river delta plain (central Italy): coastal evolution and implications for the ancient Ostia Roman settlement. *The Holocene* 21: 1105-16.
 Bellotti P., Caputo C., Ciccacci D., Donati S., Fredi P., Funicello R., La Monica G. B., Landini B., Marra F., Milli S., Parotto M. y Pugliese F. 1997. Fundaments for a geomorphological overview on Roma and its surroundings. *Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* III (2): 105-121.
 Bellotti, P., Carboni, M.G., Milli, S., Tortora, P. y Valeri, P. 1989. La piana delizia del Fiume Tevere: analisi di facies ed ipotesi evolutiva dell'ultimo "low stand" glaciale all'attuale. *Giornale di Geologia* 51: 71-91.

Bellotti, P., Davoli, L. y Sadori, L. 2018. Landscape diachronic reconstruction in the Tiber delta during historical time: a holistic approach. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 41, 3-21.

Bellotti, P., Milli, S., Tortora, P. y Valeri, P. 1995. Physical stratigraphy and sedimentology of the Late Pleistocene-Holocene Tiber Delta depositional sequence. *Sedimentology*, 42: 617-634.

Delile, H., Mazzini, J., Blichert-Toft, J., Goiran, J.P., Arnaud-Godet, F., Salomon, F. y Albar de, F. 2014. Geochemical investigation of a sediment core from the Trajan basin at Portus, the harbor of ancient Rome. *Quaternary Science Reviews* 87: 34-45.

Di Rita, F., Celant, A. y Magri, D. 2009. Holocene environmental instability in the wetland north of the Tiber delta (Rome, Italy): sea-lakeeman interaction. *Journal of Paleolimnology* 44 (1): 51-67.
 Elliot, T. 1986. *Deltas*, en: H.G. Reading (Ed) *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell, Oxford, 113-154.

Giraudi, C. 2011. The sediments of the 'Stagno di Maccarese' marsh (Tiber river delta, central Italy): a late-Holocene record of natural and human-induced environmental changes. *Holocene* 21 (8): 1233-1243.

Giraudi, C., Tata, C. y Paroli, L. 2009. Late Holocene evolution of Tiber river delta and geoarchaeology of Claudius and Trajan Harbor, Rome. *Geoarchaeology* 24: 371-82.

Goiran, J.P., Salomon, F., Mazzini, I., Bravard, J.P., Pleuger, E., Vittori, C., Boetto, G., Christiansen, J., Arnaud, P., Pellegrino, A., Pepe, C. y Sadori, L. 2014. Geoarchaeology confirms location of the ancient harbour basin of Ostia (Italy). *Journal of Archaeological Science* 41: 389-398.

Goiran, J.P., Tronchère, H., Collaelli, U., Salomon, F. y Djerbi, H. 2009. Découverte d'un niveau marin biologique sur les quais de Portus: le port Antique de Rome. *Méditerranée* 1: 59-67.

Goiran, J.P., Tronchère, H., Salomon, F., Carbonel, P., Djerbi, H. y Ognard, C. 2010. Palaeoenvironmental reconstruction of the ancient harbors of Rome: Claudius and Trajan's marine harbors on the Tiber delta. *Quaternary International* 216: 3-13.

Iadanza C. y Napolitano F. 2006. Sediment transport time series in the Tiber river. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 31(18): 1212-1227.

Keay, S., Millett, M., Paroli, L. y Strutt, K. 2005. *Portus: an archaeological survey of the Portus of Imperial Rome*. Archaeological Monographs of the British School at Rome 15. London: British School at Rome.

Lambeck, K., Antonioli, F., Anzidei, M., Ferranti, L., Leoni, G., Scicchitano, G. y Silenzi, S. 2011. Sea level change along the Italian coast during the Holocene and projections for the future. *Quaternary International* 232 (1): 250-257.

Mazzini, I., Faranda, C., Giardini, M., Giraudi, C. y Sadori, L. 2011. Late Holocene palaeoenvironmental evolution of the Roman harbour of Portus, Italy. *Palaeolimnol.* 46, 243-256.

Milli, S., D'Ambrugi, C., Bellotti, P., Calderoni, G., Carboni, M.G., Celant, A., Di Bella, L., Di Rita, F., Frezza, V., Magri, D., Pichezzi, R.M. y Ricci, V. 2013. The transition from wave-dominated estuary to wave-dominated delta: The Late Quaternary stratigraphic architecture of Tiber River deltaic succession (Italy). *Sedimentary Geology* 284-285: 159-180.

Muñiz, F., Belatstegui, Z., Gómez, P., Rodríguez, J., Bermejo, J., Campos, J.M., Ruiz, F., Cáceres, L., Marín, C., Gómez, G., Toscano, A., González-Regalado, M.L., Abad, M. y Izquierdo, T. 2021. El rol de la zonación icnológica-ecológica en el muelle de la linterna de Portus, en J.M. Campos Carrasco y J. Bermejo Meléndez (Eds.) *Del Atlántico al Tirreno. Puertos hispanos e itálicos*: 611-633. Universidad de Huelva.

Palanques, A. y Guillén, J. 1992. Transporte de sedimentos en suspensión en la parte baja del río Ebro (Mediterráneo Occidental). Impacto ambiental de las presas. *Geogaceta* 12: 37–40.

Salomon, F. 2013. Géographie du delta du Tibre: Evolution géomorphologique holocène et contraintes hydro-sédimentaires dans le système Ostie-Portus (Thèse de doctorat en Géographie Physique / Géographie). Université Lyon 2.

Salomon, F., Goiran, J.P., Bravard, J.P., Arnaud, P., Djerbi, H., Kay, S. y Keay, S. 2014. A harbour-canal at Portus: a geoarchaeological approach to the Canale Romano: Tiber delta, Italy. *Water History* 6:31–49.

Salomon, F., Goiran, J.P., Pannuzi, S., Djerbi, H. y Rosa, C. 2016b. Long-Term Interactions between the Roman City of Ostia and Its Paleomeander, Tiber Delta, Italy. *Geoarchaeology* 32 (2): 215–229.

Salomon, F., Keay, S., Carayon, N. y Goiran, J.P. 2016c. The development and characteristics of ancient harbours—Applying the PADM chart to the case studies of Ostia and Portus. *PLoS ONE* 11(9): e0162587.

Salomon, F., Keay, S., Strutt, K., Goiran, J.P., Millett, M. y Germoni, P. 2016a. Connecting Portus with Ostia: preliminary results of a geoarchaeological study of the navigable canal on the Isola Sacra, en C. Sanchez and M.P. Jézégou (eds) *Les ports dans l'espace Méditerranéen antique. Narbonne et les systèmes portuaires fluvio-lagunaires, Actes du colloque de Montpellier 2014*: 293–304. Narbonne, Revue Archéologique de Narbonne, Supplément 44.

Salomon, F., Lebrun-Nesteroff, L., Goiran, J.P., Boetto, G., Arnoldus-Huyzendveld, A., Germoni, P., Ghelli, A., Mazzini, I., Vittori, C. y Zampini, S. 2020. The Portus to Ostia Canal. A multi-proxy analysis of the evolution of the Portus to Ostia canal, en S. Keay, M. Millett, K. Strutt y P. Germoni, (eds) *The Isola Sacra Survey Ostia, Portus and the port system*: 123–139. McDonald Institute Monographs, University of Cambridge.

Segre, A.G. 1986. Considerazioni sul Tevere e sull'Aniene nel Quaternario, en S. Quilici Gigli (ed.) *Il Tevere e le altre vie d'acqua del Lazio antico. Archeologia Laziale* 7: 9–17.

Tabla de mareas. 2021. Tabla de mareas del mundo, visto el 18 de diciembre de 2021 <https://tablademareas.com/mareas/coeficiente-marea>.

Vacchi, M., Marriner, N., Morhange, C., Spada, G., Fontana, A. y Rovere, A. 2016. Multiproxy assessment of Holocene relative sea-level changes in the western Mediterranean: Sea-level variability and improvements in the definition of the isostatic signal. *Earth-Science Reviews* 155: 172–197.

Vittori, C., Mazzini, I., Salomon, F., Goiran, J.P., Pannuzi, S., Rosa, C. y Pellegrino, A. 2014. Palaeoenvironmental evolution of the ancient lagoon of Ostia Antica (Tiber delta, Italy). *Journal of Archaeological Science* 54: 374–384.

8.

Nacimiento, desarrollo y ocaso de Portus: Datos geoarqueológicos sobre el Canale di Imbocco

M. Arroyo¹, G. Gómez², F. Ruiz^{1,a,*}, A. Francisco Muñoz², M. L. González-Regalado¹, J. Rodríguez Vidal^{1,a,b}, F. Muñoz³, L. M. Cáceres¹, P. Gómez¹, M. Abad⁴, T. Izquierdo⁴, V Romero¹

¹Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Huelva.

²Departamento de Ciencias Integradas, Universidad de Huelva.

³Departamento de cristalografía, mineralogía y química agrícola, Universidad de Sevilla.

⁴Departamento de Biología y Geología, Física y Química Inorgánica, ESCET, Universidad Rey Juan Carlos.

^aCentro de Investigación en Patrimonio Histórico, Cultural y Natural, Universidad de Huelva.

Resumen

El análisis multidisciplinar (textura, macrofauna, microfaua, restos vegetales) de la parte superior de un testigo obtenido en el Canal di Imbocco, situado en el antiguo puerto romano de Portus (Fiumicino, Roma), ha permitido definir la evolución paleoambiental postrera de este sector de tránsito entre el puerto exterior construido por el emperador Claudio y el puerto interior, obra del emperador Trajano. En una primera fase, la colmatación parcial de este canal se debió a la acumulación de *Posidonia oceanica* en su fondo, procedente de las praderas que poblaban la zona litoral adyacente. En una segunda fase, la conexión fluvio-marina del canal continuaba, con el transporte en suspensión de fauna marina hacia las zonas internas del puerto. Finalmente, el abandono del canal quedó expresado en la presencia de sedimentos fluviales, de origen natural y/o antrópico.

Palabras clave

sedimentología; foraminíferos; evolución paleoambiental; canal del Imbocco; Portus; Italia Central.

Abstract

The multidisciplinary analysis (texture; macrofauna; microfaua; vegetable remains) of a core obtained in the Canale di Imbocco (old Roman port of Portus, Fiumicino, Rome) has allowed us to define the final paleoenvironmental evolution of this channel, located between the external basin of Claudius and the most protected port of Trajan. In a first phase, the accumulation of *Posidonia oceanica* caused the partial infill of this channel, transported from the adjacent littoral meadows. The second phase is characterized by a continuous fluvio-marine interaction, with the transport in suspension of numerous planktonic foraminifera towards the innermost zones of this port. Lastly, the final fluvial or anthropic filling of the canal demonstrates its disconnection from the sea and the end of port activity.

Keywords

sedimentology; benthic foraminifera; paleoenvironmental evolution; Imbocco channel; Portus; Central Italy.

Introducción

A lo largo de la historia, los puertos han representado la conexión entre tierra y mar en todos los ámbitos. En la vertiente geológica, su propia ubicación está ligada en numerosas ocasiones a zonas abrigadas (calas, golfos, bahías) en costas acantiladas o a desembocaduras fluviales, para poseer una conexión con puertos interiores, entre otras muchas posibilidades. Su devenir está condicionado por el oleaje y las mareas, los tsunamis y las tormentas; los flujos fluviales oscilantes o la colmatación sedimentaria, además de los propios avatares antrópicos. En consecuencia, su propia existencia está íntimamente ligada: i) a la franja costera sobre la que se construyen y desarrollan; ii) al mar u océano próximo; y iii) al ser humano.

A partir de las ideas anteriormente enumeradas, la geoarqueología estudia los componentes abióticos del paisaje, como base para reconstruir los paisajes y los recorridos, así como analiza

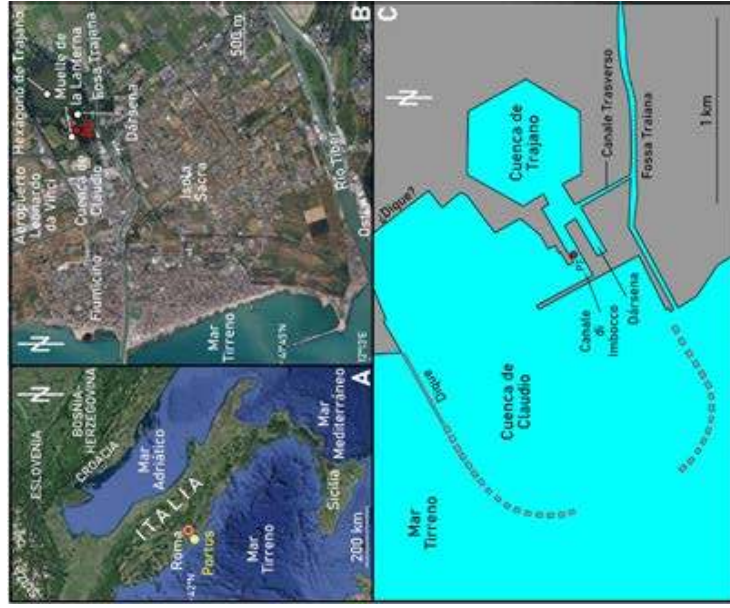


Figura 1. A. Localización geográfica de Portus; B: mapa de Portus y su entorno (cortesia de Google Earth); C: partes de Portus y situación de los testigos y edificaciones analizados.

los procesos de formación de los yacimientos arqueológicos (Benito-Calvo et al., 2014). Con este fin, utiliza técnicas multidisciplinarias procedentes de diversas disciplinas geológicas, como la Estratigrafía, Sedimentología, Petrología Sedimentaria, Geomorfología o Geoquímica, entre otras (Polo, 2007-2008).

En estas investigaciones, es usual el reconocimiento del registro paleontológico asociado (Tapias et al., 2012). En medios costeros, la aplicación de todos estos métodos se suele acompañar con la extracción y revisión de testigos continuos (Pepe et al., 2013). Para poder deducir su evolución paleogeográfica y paleoambiental, es frecuente la determinación de las asociaciones de bivalvos y foraminíferos, así como sus cambios verticales (Kantewski et al., 2018).

Uno de los principales puertos de la antigüedad fue *Portus*, situado en la desembocadura del río Tíber, a unos 30 km al sur de Roma. Este puerto fue construido por los emperadores Claudio y Trajano entre los siglos I-II CE y estaba dividido en tres sectores principales (Figura 1, A-B): i) el puerto exterior o cuenca de Claudio (~200 Ha), protegido por dos diques; ii) la *Darsena* (~1 Ha); y iii) un puerto interior o hexágono de Trajano, comunicado con el puerto exterior a través del *Canale di Imbocco*. Este conjunto portuario tenía una conexión con el río Tíber a través de la *Fossa Trajana*, un canal artificial.

Este puerto cumplía dos funciones primordiales: i) la importación de materias primas y alimentos para satisfacer principalmente a Roma, una ciudad de alrededor de un millón de personas a

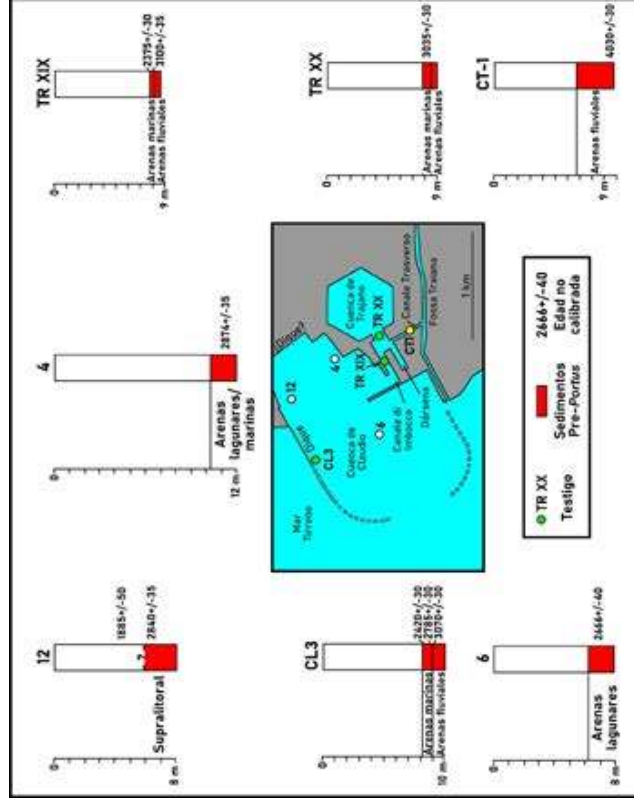


Figura 2. Localización e interpretación paleoambiental de los sedimentos depositados antes de la construcción de Portus

principios del siglo II AD; y ii) la exportación de los productos del valle del Tíber. Sus constantes problemas de colmatación y su destrucción durante las guerras góticas (536-552 AD) ocasionaron su progresivo deterioro y declive final (O'Connell et al., 2019).

Desde el punto de vista geológico, el registro de *Portus* ha sido profusamente estudiado e interpretado a partir del análisis multidisciplinar (sedimentología, registro fósil, geoquímica, dataciones, etc.) de numerosos testigos continuos extraídos en los tres sectores citados (Figura 2).

¿Dónde se construyó portus?: una aproximación paleoambiental

El registro geológico de *Portus* y su entorno ha sido profusamente estudiado a través de numerosos testigos (Bellotti et al., 2007; Goiran et al., 2010; Mazzini et al., 2011; Di Bella et al., 2011; Salomon et al., 2012; Pepe et al., 2013; etc). Los sedimentos previos a la construcción de *Portus Augusti* suelen encontrarse a 6-10 m de profundidad y tienen unas edades no calibradas que oscila entre los 3100-2700 ± 30-35 años BP (Figura 2), correspondientes a unas edades calibradas comprendidas entre los siglos IX-III BCE en la mayoría de los casos. Este rango depende del intervalo de calibración utilizado (1σ-2σ) y del material empleado (conchas de bivalvos, fragmentos de *Posidonia*, carbón, etc.). Las primeras fases de construcción y dragado de *Portus* ocasionaron la pérdida de parte de la columna sedimentaria y la presencia de un hiato en las dataciones de unos 500-800 años (Figura 2: TR XIX).

Hacia el norte, se encontraría una zona supralitoral, formada probablemente por cordones dunares, en el sector situado entre el testigo 12 y las zonas septentrionales de la cuenca de Trajano (Figura

2). Esta zona emergida transitaría hacia una laguna relativamente protegida en la parte central (Figura 2: testigos 4 y 6).

La periferia de esta antigua laguna (Figura 2: CL3-TR XIX-TR XX) habría asistido a un tránsito desde unas arenas fluviales basales, procedentes de los aportes del río Tíber a su aparato deltaico, a unas arenas marinas, localmente con restos de *Posidonia*. Este tránsito se habría producido entre los siglos X-VIII BCE (Goiran et al., 2010). En las proximidades de la *Fossa Traiana*, los sedimentos *Portus* solo están representados por arenas fluviales (Figura 2: CT1), que son sustituidas por fangos con conchas y restos de *Posidonia* depositados durante la época de actividad portuaria en el Canale Trasverso (Delile et al., 2012).

Metodología

El testigo PT (10 m) fue extraído por la empresa Geocompany en la parte interna del muelle de la Lanterna y próximo a la parte exterior del Canale di Imbocco (Figura 1, PT). De él se han analizado los 1,5 m superiores. Su análisis se ha dividido en las siguientes fases:

Reconocimiento inicial. Se procedió a una primera diferenciación de las distintas facies sedimentarias, en función de las litologías observadas y los cambios de color, así como de la distribución de restos vegetales y la macrofauna.

Laboratorio. Se seleccionaron 5 muestras representativas de las distintas facies distinguidas (Figura 3, A; PT-1 a PT-4). A continuación, se realizó un levigado de 40 g de sedimento de cada una de ellas por una columna de tamizado con diámetros de malla comprendidos entre 2 mm y 63 µm.

Gabinete. Se separaron otros 40 g de cada muestra para el estudio de los foraminíferos bentónicos, que fueron tamizados a través de un tamiz de 125 µm. Si fue posible, se separaron al menos 300 individuos para su determinación taxonómica y el cálculo de los porcentajes de cada especie en las cinco muestras analizadas. La clasificación atendió a los criterios de Loeblich y Tappan (1988), actualizados en la Word Foraminifera Database (Hayward et al., 2021). También se calculó el porcentaje de foraminíferos planctónicos en relación a la población total de foraminíferos. También se han analizado los principales macrorrestos vegetales hallados en las cinco muestras estudiadas.

Comparación con estudios previos. Se ha efectuado una revisión bibliográfica de los trabajos previos publicados sobre el registro geológico de *Portus*, para poder comparar los resultados de este trabajo con los aportados por otros autores.

Resultados

Facies sedimentarias

Se han diferenciado cuatro facies sedimentarias, en función de su granulometría y registro paleontológico. La facies 1 (Figura 3, A; F1; 1,5-1,25 m) está constituida por un entramado de fibras de la fanerógama marina *Posidonia oceanica* con una matriz fangosa. Incluye valvas dispersas de bivalvos (*Cerastoderma glaucum* y *Ruditapes* spp.), así como algunos ejemplares de gasterópodos (*Tritia unifasciata*, *Gibbula* sp. y nasáridos). F2 (Figura 3, A; 1,25-0,65 m) está formada por limos arcillosos grises, relativamente compactos, sin macrofauna visible. Una definida discordancia erosiva separa a esta facies de F3 (Figura 3, A; 0,65-0,4 m), caracterizada por gravas finas compuestas principalmente por microconglomerados de cuarzo. Esta tendencia creciente en el tamaño de grano se mantiene en la facies superior (Figura 3, A; F4; 0,4-0 m), compuesta por gravas medias y gruesas en la base y el suelo en los últimos 10 cm del testigo PT.

Las curvas de distribución granulométrica indican una clasificación muy pobre para todas las facies, así como una asimetría muy acusada para F1 y F2 en comparación con disposición leve-

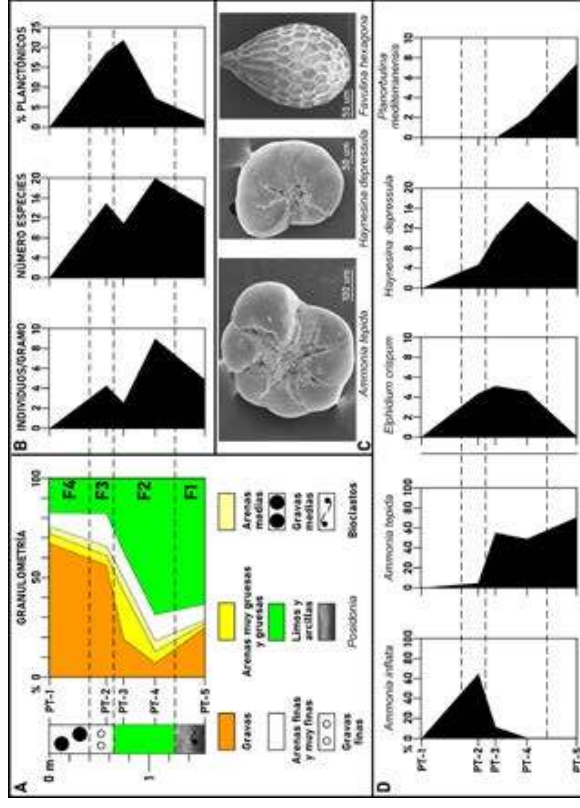


Figura 3. Testigo PT. A. Análisis textural de los 1,5 m superiores del testigo; B. Distribución vertical del número de individuos/gramo, número de especies y porcentaje de foraminíferos planctónicos; C. Fotografías de MEB de algunas de las especies más significativas del testigo PT; D. Distribución vertical (en %) de algunas de las principales especies.

asimétrica de F3 y F4. En relación a la curtosis, todas las muestras son muy platicúrticas, excepto PT-4 (leptocúrtica).

Los foraminíferos bentónicos son relativamente escasos en la parte superior del testigo PT, con una abundancia que no supera los 9 individuos por gramo en ninguna muestra de las tres facies inferiores (Figura 3, B). Se acercan a esta cifra en la parte inferior de F2 e incluso llegan a desaparecer en los sedimentos más gruesos de F4. Sus porcentajes son siempre muy superiores (78,2-98,8%) a los de las formas planctónicas.

Se han determinado un total de 844 foraminíferos bentónicos y 85 foraminíferos planctónicos (Tabla 1). Los foraminíferos bentónicos están representados por 27 especies, de las cuáles tres de ellas engloban más del 72% de los ejemplares presentes: *Ammonia tepida* (46,9%), *Ammonia inflata* (13,7%) y *Haynesina depressula* (11,8%). El mayor número de especies se ha hallado en la base de F2 (Figura 3, B; 20 especies). Las especies planctónicas más abundantes son *Globigerina bulloides* y *Trilobatus trilobus*.

Ammonia tepida es la especie dominante en F1 (73,4%) y F2 (47,9-55,7%), disminuyendo notablemente en F3 (3%). *Haynesina depressula* también está bien representada en estas dos facies inferiores (F1: 9,2%; F2: 10,3-17,6%), en las que también se encuentran los únicos ejemplares de otras especies (p.e. *Elphidium advenum*, *Lageria* spp., *Planorbulina mediterraneensis*, *Uvigerina tenuistriata*). El tránsito de F2 a F3 está claramente definido por el reemplazamiento de *Ammonia tepida* por *Ammonia inflata* (F2: <10,4%; F3: 63%). En esta facies, alcanzan sus máximos porcentajes *Ammonia beccarii* (11,5%) y *Heterolepa bellinonii* (4,2%). Finalmente, no se han encontrado especímenes de estos microorganismos en F4.

ESPECIES / MUESTRAS	PT-1	PT-2	PT-3	PT-4	PT-5
<i>Ammonia beccarii</i>		11,52		1,70	
<i>Ammonia inflata</i>		6,30,3	10,31	0,57	
<i>Ammonia lepidi</i>		3,03	55,67	47,88	73,36
<i>Bolivina punctata</i>		2,06			
<i>Bolivina spatulata</i>		0,61	4,12	3,12	
<i>Bulinna aculeata</i>		0,61		0,85	
<i>Bulinna costata</i>					0,44
<i>Bulinna elongata</i>		1,21	2,06	3,12	
<i>Cassidulina carinata</i>		2,42		6,52	0,44
<i>Elphidium advenum</i>				0,28	2,62
<i>Elphidium crispum</i>		4,24	5,15	4,25	
<i>Favosites hexagona</i>				0,28	
<i>Fursenkoina acuta</i>		0,61		0,28	0,44
<i>Globobulimina affinis</i>					0,87
<i>Haynesina depressula</i>		4,24	10,31	17,56	9,17
<i>Haynesina germanica</i>			5,15	0,85	
<i>Heterolepa bellinckonii</i>		6,06	2,06	2,83	
<i>Lagena hispida</i>					0,44
<i>Lagena striata</i>			1,03	0,57	
<i>Lobatulus lobatulus</i>		0,61	2,06	3,68	

Tabla 1. Foraminíferos bentónicos: abundancia (en %) y diversidad

Los macrorestos y el paleoambiente de Portus

Conjuntamente con los datos obtenidos por los foraminíferos, se han obtenido diversos macrorestos del testigo que, aún en fase de análisis, permiten de manera preliminar definir de manera microespacial el funcionamiento que presentó de manera diacrónica este canal de Portus en su relación con la margen interna del muelle este-oeste.

Estos macrorestos están dominados por acumulaciones de fibras de *Posidonia oceanica*. Esta fanerógama, también llamada "hierba de Neptuno", es una especie marina endémica del mar Mediterráneo, donde constituye praderas hasta los 40 m de profundidad (Figura 4, A-B). La acción del oleaje y las corrientes marciales provoca el transporte hacia la costa de sus restos, que se depositan en acumulaciones masivas de altura incluso métrica denominadas arribazones, así como ocasionan la creación de "bolas de Neptuno", estructuras semiesféricas formadas a partir de los restos de esta planta acuática (Figura 4, C). En el registro geológico de Portus, la influencia marina quedaría reflejada en la presencia de: i) hongos con acumulaciones de fibras de *Posidonia oceanica* (Figura 4, D); y ii) pequeñas "bolas de Neptuno", de escala centimétrica (Figura 4, E).

Los restos de hojas, fibras, rizomas y "bolas de Neptuno" son muy abundantes en este registro. Las evidencias de esta fanerógama se remontan, al menos, a principios del primer milenio BCE (base del testigo TR XIX: 980 BCE-775 BCE). Ello implica que esta fanerógama está presente en el mar Tirreno desde hace, al menos, 3.000 años.

Su registro geológico es más abundante y extenso en las primeras fases de actividad de Portus y se reduce hacia el techo de los testigos del Canale di Imbocco, indicando una progresiva reducción de la

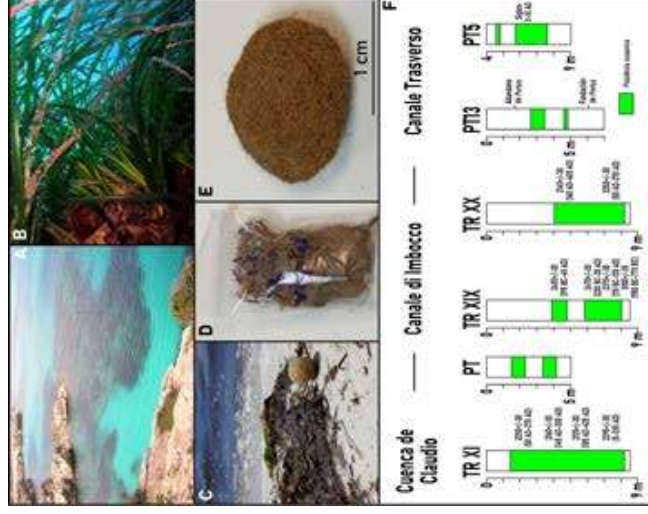


Figura 4. A: Foto aérea de una pradera de *Posidonia*; B: Detalle de una pradera de *Posidonia*; C: Arribazones y "bola de Neptuno" de *Posidonia*; D: Fibras de *Posidonia* (testigo PT: 1,5-1,6 m); E: "bola de Neptuno" de *Posidonia* (testigo PT: 2,9-3 m); F: Evidencias de *Posidonia* en testigos de Portus (ver situación en Figura 2).

influencia marina. Esta disminución coincide con la presencia de condiciones lagunares restrictivas y el tránsito a los depósitos fluviales superiores y un relleno antrópico final en esta zona (Figuras 4: PT-XIX-XX; Goñán et al., 2010), producto del colapso y derrumbe que sufre de manera más o menos generalizada las estructuras superiores del muelle.

Las acumulaciones más tardías de *Posidonia oceanica* se han hallado en el Canale Trasverso (Figura 4: PT5; siglos X-XI CE; Pepe et al., 2013), probablemente por una extensión temporal de los dragados finales de Portus en esta zona. En consecuencia, el registro geológico de esta fanerógama y de la acción asociada de Neptuno se prolongó a lo largo de unos 2.000 años en el entorno de Portus. Actualmente, Portus se encuentra situada a unos 2,5 km del mar Tirreno, debido a la presencia de diversos cordones litorales depositados en los últimos 500 años (Giraudi, 2004).

Además de los restos de *Posidonia*, se han documentado en el registro semillas de *vitis vinifera*. En el registro geoarqueológico de Portus, el consumo de uvas o la inferencia de viñedos próximos puede ser testado en base a: i) la presencia de macrorestos, como las semillas comúnmente llamadas hollejos, procedentes de desechos de consumo o del prensado de la uva (Figura 5, A; PT: 1,9-2 m); y ii) la detección del polen de la vid cultivada (*Vitis vinifera vinifera* Linnaeus) (Figura 5, B). En algunas investigaciones, aparece dentro del conjunto de especies comestibles (p.e., Giardini et al., 2013).

Los hollejos son raros en el registro geoarqueológico de Portus. Se han encontrado hacia el techo del testigo PT (Figura 5, A; PT: 1,9-2 m), muy cerca ya de la fase de abandono de este puerto, así como en el Canale Trasverso (testigo PT13; Pepe et al., 2013; Sadori et al., 2015). Este registro es más amplio en el Palacio Imperial y el edificio 5 anexo (ver situación en Figura 2) y abarca desde el siglo II CE hasta el siglo VI CE, con una mayor abundancia en los dos últimos siglos de este intervalo (O'Connell et al., 2019; Tabla S1: material suplementario).

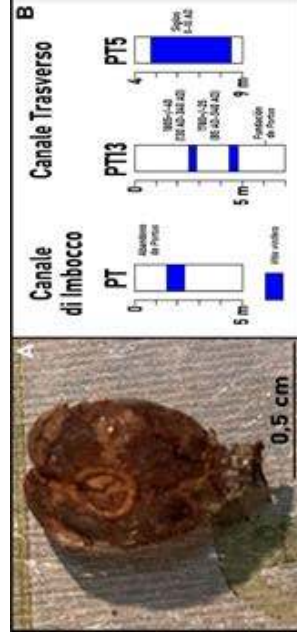


Figura 5. A: Semilla de *Vitis vinifera* (PT: 1,9-2 m); B: Distribución de semillas y polen de *Vitis vinifera* en distintos testigos de *Portus* (ver. situación en Figura 1. C). Datos de Pepe *et al.* (2013), Sadori *et al.* (2015) y este capítulo.

El registro polínico de *Vitis vinifera* precisaría de nuevas investigaciones en los numerosos testigos obtenidos en *Portus* (p.e. Graudi, 2004) para obtener una visión más detallada de su cultivo en su entorno o del consumo de uva. Evidencias de estas actividades se han encontrado tanto en el Canale di Imbocco como en el Canale Trasverso, en un rango temporal que abarca desde un intervalo algo posterior a su fundación (siglo II CE) hasta más allá de los siglos XI-XII CE.

Discusión

Los fangos con abundantes restos de *Posidonia oceanica* que caracterizan a F1, atestiguan: i) una clara conexión marina previa al abandono de *Portus*; ii) una estimable aportación a la colmatación de este puerto; iii) una dificultad añadida al intercambio hidrodinámico mareafluvial, al reducir la sección de flujo en el Canale di Imbocco; y iv) un importante transporte por tracción de fondo de parte de los restos vegetales. Esta fanerógama marina es una especie endémica del mar Mediterráneo, donde conforma extensas praderas en zonas litorales de hasta 40 m de profundidad y con salinidades marinas normales (36,5-39,5‰; Klein y Roether, 2001). La abundancia de *Ammonia tepida*, una de las especies más abundantes en medios costeros mediterráneos relativamente restringidos y sometidos a importantes variaciones de salinidad, indica que el Canale di Imbocco se comportaría como un canal mareafluvial dentro de una laguna costera conformada por los diques del puerto exterior de Claudio. Suele ser una de las especies dominantes en las lagunas costeras italianas actuales (Cocconi *et al.*, 2009; Melis y Covelli, 2013).

Este carácter bipolar, con un registro subfósil mixto procedente de un medio lagunar y de la zona marina adyacente, también queda patente en la malacofauna. El berberecho *Cerastoderma glaucum*, también es común en estos ambientes transicionales lagunares con importante estrés ambiental, ya que tolera un amplio rango de salinidades (5-38,5‰) y temperaturas (0-25°C) (Boydén y Russel, 1972). En contraposición, el gasterópodo *Tritia unifasciata* presenta una distribución marina litoral (Aissaoui *et al.*, 2017).

El tránsito a F2 se caracteriza por la desaparición de esta malacofauna, un aumento de la densidad y diversidad de los foraminíferos bentónicos, la disminución de los porcentajes de *Ammonia tepida*, el incremento de *Haynesina depressula* (frecuente en la cuenca de Claudio; Di Bella *et al.*, 2011) y la presencia de numerosas especies de procedencia marina (*Bolivina* spp., *Bulimina* spp., *Cassidulina carinata*) (González-Regalado *et al.*, 2019). La presencia de estas especies resedimentadas corroboraría el mantenimiento de la conexión mareafluvial, que quedaría parcialmente reducida hacia el techo de esta facies, con una menor diversidad y densidad de estos microorganismos, si bien se mantendría el transporte en suspensión de acuerdo con los altos porcentajes de foraminíferos planctónicos (hasta el 21%).

F3 presenta características mixtas entre F2 y F4, con sedimentos mucho más gruesos que F2 (gravas finas) y una fracción limo-arenosa que contiene una importante población de foraminíferos

bentónicos y significativos porcentajes de formas planctónicas. Representaría el último vestigio de conexión marina de *Portus* y el inicio de un relleno de origen fluvial natural y/o antrópico del Canale di Imbocco. Entre los foraminíferos bentónicos, el cambio más significativo es la sustitución de *Ammonia tepida* por *Ammonia inflata* como especie dominante. Esta última especie es típica de los bordes de canal y canales muy someros (< 2m de profundidad) de los estuarios del suroeste de España (González-Regalado *et al.*, 2001).

Las gravas medias fluviales de F4 evidenciarían el final de la conexión marina de *Portus* y el relleno definitivo del Canale di Imbocco, con la desaparición de la microfauna. Este relleno también se observa en otros testigos próximos, atribuyéndoles un origen antrópico y/o fluvial (Goiran *et al.*, 2010).

Conclusiones

Portus Augusti fue uno de los más importantes puertos del imperio romano, desde mediados del s. I d.C. hasta su pérdida de protagonismo en los albores del s. VI d.C., supuso la entrada de mercancías y aprovisionamiento de la ciudad de Roma. En su diseño, el *Canale di Imbocco* comunicaba el puerto exterior o cuenca de Claudio con el puerto interior o cuenca de Trajano. En las últimas fases de actividad portuaria, este canal presentaba problemas de colmatación derivados del transporte de restos de la fanerógama marina *Posidonia oceanica* desde la zona litoral adyacente (facies F1). Las asociaciones de foraminíferos bentónicos revelan la presencia de un medio salobre, sometido a intensas variaciones de salinidad y temperatura, con unos intercambios mareales atenuados por una abundancia notable de formas planctónicas y especies bentónicas marinas (facies F2). En su fase final de relleno, se sucede el tránsito a un borde de canal o canal muy somero, con una primera aparición de sedimentos fluviales (facies F3) hasta un relleno final de origen fluvial y/o antrópico (facies F4), que testimonia el final de la actividad portuaria.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los siguientes proyectos: a) proyecto DGYCIT CTM2006-06722/MAR; b) proyecto DGYCIT CGL2006-01412; c) Del Atlántico al Tirreno (DEATLANTIR): Investigaciones en las infraestructuras de *Portus-Ostia Antica*: el muelle de la Lanterna" (Programa de Proyectos de Arqueología en el Exterior, Ministerio de Cultura y Deportes); y d) proyecto FEDER 2014-2020 UHU-1260298. Igualmente, a través de los proyectos "DEATLANTIR, fases I-II (HAR2014-58326-P y HAR2017-89154-P)" Otros fondos proceden de los grupos de investigación HUM-132, RNM-238, RNM-293 y RNM-349 de la Junta de Andalucía. Es una contribución al Centro de Investigación en Patrimonio Histórico, Cultural y Natural de la Universidad. El registro paleontológico está depositado en el Laboratorio de Paleontología y Ecología Aplicada de la Universidad de Huelva.

Bibliografía

- Aissaoui, C., Galindo, L. A., Puillandre, N., Boucheta, P. 2017. "The nassarids from the Gulf of Gabès revisited (Neogastropoda, Nassariidae)". *Marine Biology Research*, 13, 370-389.
- Benito-Calvo, A., Campaña, I., Karampaglidis, T. 2014. "Conceptos básicos y métodos en geoarqueología: geomorfología, estratigrafía y sedimentología". *Treballs d'Arqueologia*, 20, 41-54.
- Boydén, R. C., Russel, P. J. C. 1972. "The distribution and habitat range of the brackish water cockle (*Cardium (Cerastoderma) glaucum*) in the British Isles". *Journal of Animal Ecology*, 43, 719-734.
- Cocconi, R., Frontalini, F., Marsili, A., Mana, D. 2009. "Benthic foraminifera and trace element distribution: A case-study from the heavily polluted lagoon of Venice (Italy)". *Marine Pollution Bulletin*, 59, 259-269.
- Di Bella, L., Bellotti, P., Frezza, V., Bergamin, L., Carbone, M. G. 2011. "Benthic foraminiferal assemblages of the imperial harbor of Claudius (Rome): Further paleoenvironmental and geoarchaeological evidences". *The Holocene*, 21, 1245-1259.
- Goiran, J.-P., Tronchère, H., Salomon, F., Carbone, P., Djerbi, H., Ognard, C. 2010. "Paleoenvironmental reconstruction of the ancient harbors of Rome: Claudius and Trajan's marine harbors on the Tiber delta". *Quaternary International*, 216, 3-13.

Inferencia del tiempo relativo de funcionamiento del sector septentrional del muelle de la linterna de *Portus*

F. Muñiz¹, Z. Belaústegui^{2a}, P. Gómez³, S. Ramírez-Cruzado⁴, J. Rodríguez^{5b}, J. Bermejo^{6b}, J. M. Campos^{5b}, F. Ruiz^{3b}, L. M. Cáceres^{3b}, T. Donaire³, C. Marín³, G. Gómez³, A. Toscano³, M. L. González-Regalado³, M. Abad⁷, T. Izquierdo⁸

¹Departamento de cristalografía, mineralogía y química agrícola, Universidad de Sevilla.

²Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà, Universitat de Barcelona.

³ Institut de Recerca de la Biodiversitat IRBio, Universitat de Barcelona.

⁴ Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Huelva

⁵ Departamento Prehistoria y Arqueología, Universidad de Sevilla.

⁶ Departamento de Historia, Geografía y Antropología, Universidad de Huelva.

⁷ Departamento de Ciencias Integradas, Universidad de Huelva.

⁸ Departamento de Biología y Geología, Física y Química Inorgánica, ESCET, Universidad Rey Juan Carlos.

^bCentro de Investigación en Patrimonio Histórico, Cultural y Natural, Universidad de Huelva.

Resumen

El análisis detallado de las estructuras de bioerosión y organismos cementantes reconocidos en el conjunto arqueológico del sector septentrional del muelle de la linterna de *Portus*, ha permitido inferir su tiempo relativo de funcionamiento. Se ha establecido la historia de vida de este conjunto en 5 fases: (1) Primera colonización, (2) Depósito de los fragmentos de columnas, (3) Segunda colonización, (4) Bioerosión y (5) Depósito del Muro, tercera colonización, desplazamiento vertical y nueva bioerosión. En particular, se establece que los fragmentos de columnas se encuentran en una posición infrayacentes con respecto a los bloques de muro. La presencia de una tasa de bioerosión muy alta (>70%) por la actividad de esponjas clonadas en los fragmentos de columnas de mármol, aporta un tiempo relativo de la actividad de las mismas de unos 20 años. El hallazgo de un ejemplar adulto de *Pholas dactylus* en un bloque de los muros depositados posteriormente a los fragmentos de columnas, permite inferir su actividad a lo largo de un máximo de 12 años. Se establece, por tanto, que el tiempo relativo de funcionamiento del sector estudiado se podría establecer entre los 30-35 años. Las condiciones ambientales en este sector portuario serían inicialmente marinas someras, con salinidad normal a salobre, con influencia mareal, pero de baja energía hidrodinámica, y con sediment fino y tasa de sedimentación nula. Estas condiciones serían cambiantes hasta la total colmatación, desuso y abandono.

Palabras claves

conjunto arqueológico, bioerosión, tiempo relativo de funcionamiento, paleoambiente, muelle de la linterna, *Portus*.

Abstract

The detailed analysis of the bioerosion structures and cementing organisms recognized in the artificial assemblage of the northern sector of the lantern quay (*Portus*, Italy) has allowed us to infer its relative period of operation. The life history of this assemblage has been established in 5 phases: (1) first colonization; (2) deposition of the column fragments; (3) second colonization; (4) bioerosion; (5) deposition of the Wall, third colonization, vertical displacement and new bioerosion. In particular, it is established that the fragments of columns are underlaying with respect to the wall blocks. The presence of a very high bioerosion rate (>70%) due to the activity of clonoid sponges in the fragments of marble columns, provides a relative time of their activity, approximately 20 years. The discovery of an adult specimen of *Pholas dactylus* in a block of the walls deposited after the fragments of columns, allows to infer its activity over a maximum of 12 years. It is established, therefore, that the relative operating time of the studied sector of the quay could be established as between 30-35 years. The environmental conditions in this port sector would initially be shallow marine, normal to brackish salinity, with tidal influence but of low hydrodynamic energy, fine sediment and zero sedimentation rate. These conditions would change until total filling, disuse and abandonment.

Keywords

artificial assemblage, bioerosion, relative operating time, paleoenvironment, lantern quay, *Portus*.

González-Regalado, M. L., Ruiz, F., Baceta, J. I., González-Regalado, E., Muñoz, J. M. 2001. "Total benthic foraminifera assemblages in the southwestern Spanish estuaries". *Geobios*, 34, 39-51.

González-Regalado, M. L., Romero, V., Abad, M., Tosquella, J., Izquierdo, T., Gómez, P., Clemente, M. J., Toscano, A., Rodríguez Vidal, J., Cáceres, L. M., Muñoz, J. M., Prudencio, M. L., Dias, M. L., Marques, R. García, E. X. M., Monge, G., Carretero, M. I., Ruiz, F. 2019. "Late Tortonian-Middle Messinian palaeoenvironmental changes in the Western Betic Strait (SW Spain)". *Ameghiniana*, 56, 336-360.

Hayward, B. W., Le Coze, F., Vachard, D., Gross, O., 2021. *World Foraminifera Database*. Último acceso a <http://www.marinespecies.org/foraminifera> el 24/9/2021.

Kaniewski, D., Marriner, N., Morhange, C., Vacchi, M., Sarti, G., Rossi, V., Bini, M., Pasquinnucci, M., Allime, C., Otto, T., Luce, F., Van Campo, E. 2018. "Holocene evolution of *Portus Pisanae*, the lost harbour of Pisa". *Scientific Reports*, 8, 11625.

Keay, S., Millett, M., Paroli, L., Strutt, K. 2005. *Portus: an archaeological survey of the Portus of imperial Rome*. Archaeological Monographs of the British School at Rome, 15, London.

Klein, B., Roether, W. 2001. "Oceanografía y régimen hidrico". En: Horfriter, R. (Ed.), *El Mar Mediterráneo*. Omega, Barcelona, 258-294.

Loeblich, A. R., Tappan, H. 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Melis, R., Covelli, S. 2013. "Distribution and morphological abnormalities of recent foraminifera in the Marano and Grado Lagoon (North Adriatic Sea, Italy)". *Mediterranean Marine Science*, 14, 432-450.

O'Connell, T. C., Ballantyne, R. M., Hamilton-Dyer, S., Margaritis, E., Oxford, S., Pantano, W., Millett, M., Keay, S. J. 2019. "Living and dying at the Portus Romae". *Antiquity*, 93, 719-734.

Pepe, C., Giardini, M., Giraudi, C., Masi, A., Mazzini, I., Sadori, L. 2013. "Plant landscape and environmental changes recorded in marginal marine environments: The ancient Roman harbour of Portus (Rome, Italy)". *Quaternary International*, 303, 73-81.

Polo, A. (2007-2008). "Geoarqueología y reconstrucción de contextos arqueológicos: contribución y nuevas perspectivas desde el área de Prehistoria de la Universidad del País Vasco". *Veleta*, 24-25, 689-700.

Tapias, F., López, M., Manzano, I., Alcaraz, M., Morín, J., Sesé, C., Dapena, L., Alarcón, A., Yravedra, J., Arteaga, C. 2012. "Geoarqueología y paleontología de los depósitos del Pleistoceno Superior del antiguo Arroyo Abroñigal (Cuenca del Manzanares, Madrid): el yacimiento del Puente de los Tres Ojos". *Cuaternario y Geomorfología*, 26, 105-132.

Introducción

El registro arqueológico está compuesto por vestigios materiales directos e indirectos de sociedades pasadas (García Sanjuán, 2005; Winter *et al.* 2010). Entre estos, los “artefactos” se definen como todo lo que ha sido fruto de una construcción o modificación antrópica (p.ej. Contreras, 1984). Un artefacto puede referirse específicamente a objetos muebles o de carácter portátil (herramientas líticas, vasijas de cerámica, etc.) o genéricamente a objetos inmuebles (edificios, muros, etc.) (García Sanjuán, 2005). De acuerdo con Schiffer (1991) después de un uso inicial en un tipo particular de actividad, los artefactos quedan afectados por los procesos de formación, es decir, por aquellos eventos, actividades y procesos tanto culturales (reutilización, depósito cultural, reclamación y perturbación) como no culturales o naturales (deterioro, alteración y procesos regionales) que conducen a la transformación de los mismos en un registro arqueológico (García Sanjuán, 2005). Del análisis de la naturaleza y efectos producidos por estos procesos culturales y/o naturales que pudieron actuar sobre los conjuntos arqueológicos, tanto *a priori* como *a posteriori*, desde su depósito hasta la recolección arqueológica (Borrazo, 2006) se encarga la “tafonomía de artefactos”. Originalmente, el concepto de “tafonomía” fue acuñado por Efremov (1940) para designar la disciplina científica que se ocupa del estudio de la transición de los restos orgánicos desde la biosfera a la litosfera (Fernández-López, 1999).

Los artefactos, con independencia de su tamaño, tienen en el yacimiento una dimensión tanto espacial (distribución horizontal) como temporal (distribución vertical o estratigráfica), representando actividades y funciones (Contreras 1984). A este respecto, una historia tafonomica es la secuencia general de los procesos y agentes tafonomicos que actuaron sobre un conjunto (Lyman, 1994; Borrazo, 2006). Una de sus aportaciones es la posibilidad de establecer una ordenación relativa de la secuencia de eventos o fenómenos ante- y post-deposicionales, es decir, permite inferir si sobrevino un evento en el tiempo antes o después que otro y en ocasiones la duración de los mismos.

En este sentido, en el presente trabajo se expone una perspectiva tafonomica para el conjunto arqueológico del denominado “Sondeo I” del sector septentrional del muelle de la Linterna de *Portus* (Bermejo *et al.* 2021; Muñoz *et al.* 2021). En particular, el objetivo de la tafonomía de artefactos en este yacimiento pasa por detallar las historias de vida implícitas en el conjunto de fragmentos de columnas y bloques de muro hallados durante la intervención arqueológica realizada entre 2017-2018, así como sus relaciones, para en definitiva llegar a inferir el tiempo relativo de funcionamiento de este sector del muelle de la Linterna.

Situación geográfica y contexto histórico del área

El antiguo puerto comercial romano de *Portus* se ubica en la localidad de Fiumicino, a unos 30 km al suroeste de Roma (Figura 1A-C). Este puerto supuso uno de los ambientes portuarios más importantes y extensos del mundo antiguo (Bermejo *et al.* 2021). Comenzó a construirse en la orilla derecha del delta del Tíber por los emperadores Claudio (mediados del s. I NE) y Trajano (comienzos del s. II NE), y se construyó para reforzar el suministro de productos a Roma. En un principio, estaba constituido por una gran cuenca portuaria (Cuenca de Claudio) de aproximadamente 200ha (Keay *et al.* 2014) y unos 7m de profundidad, que se adentraba en el mar hacia el oeste al abrigo de dos espigones artificiales y que poseía un faro central (Goiran *et al.*, 2011; Marin *et al.* 2021) y una dársena interna de 1ha y unos 6m de profundidad que serviría como punto de atraque. A pesar de su localización y dimensiones, *Portus* presentó serios problemas de colmatación y una fuerte exposición a las tormentas (Marin *et al.* 2021) y, durante el s. II, se complementó con una segunda cuenca de 32ha y 5m de profundidad, y con morfología hexagonal, la *portus traiani felices* (Figura 1 B y C). Esta se conectaba a la bahía de Claudio mediante un canal de acceso principal situado al suroeste. Otro canal, conocido como *fossa Traiana*, permitía el acceso al Tíber o al mar. Con posterioridad, la creación del *canale trasverso* permitió la conexión de la *fossa traiana* con el canal

de acceso conformándose como la única vía fluvial entre las cuencas del puerto y el río (Keay *et al.* 2005; Bermejo *et al.* 2021). Desde mediados del s. I y hasta inicios de la Alta Edad Media, el complejo de *Portus* fue el puerto principal de Roma (Bermejo *et al.* 2021). El cese del complejo portuario se produce durante la segunda mitad del s. V por la sucesiva progradación de la costa y coincidiendo con la caída del imperio Romano.

El área estudiada se ubica en el sector septentrional de la estructura del muelle intervenido (Bermejo *et al.* 2021), con una superficie de 24m² y dirección NE-SO (Figura 1 D, E).

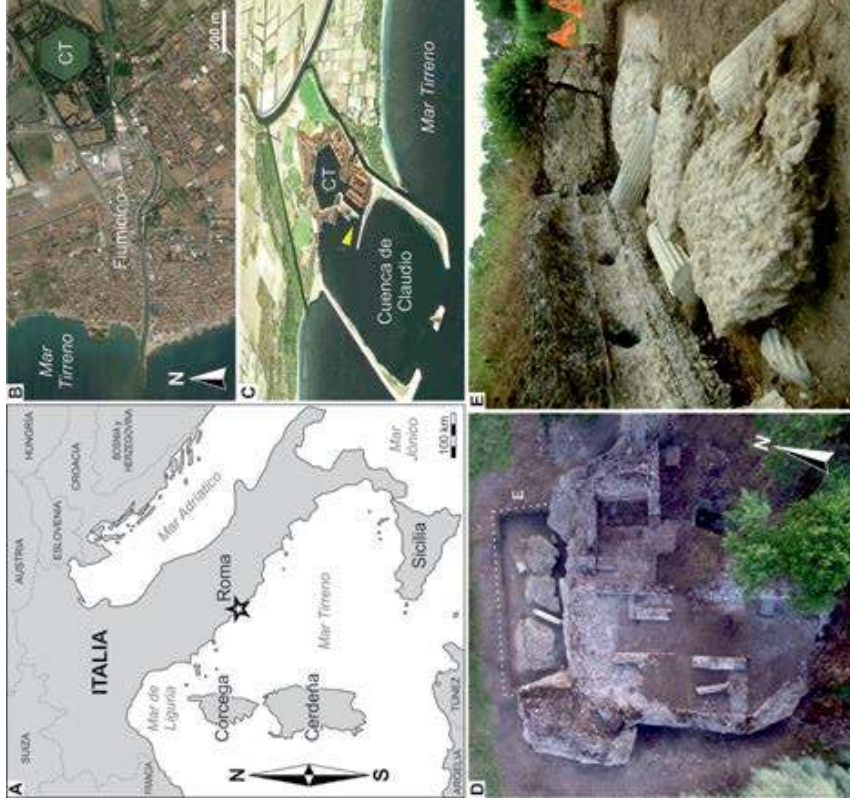


Figura 1. A. Situación geográfica de *Portus*. B y C Reconstrucciones digitales de *Portus* y de la Linterna interior (tomadas de *Portus Project University of Southampton*). D. Vista en planta de la ubicación del yacimiento estudiado. E. Vista general del yacimiento correspondiente al sector septentrional del muelle de la Linterna.

Material

El material analizado se refiere a los denominados “artefactos y estructuras arquitectónicas” en Muñiz et al. (2021, Figura 2: 616), que en el presente trabajo los llamaremos genéricamente como “conjunto artefactual” (fragmentos de columnas y bloques de muro) o “artefactos”. Este material quedó expuesto a lo largo de las campañas de excavación de 2017 y 2018, en el sector ubicado al norte de la cabeza del muelle este-oeste. En particular, el conjunto artefactual objeto de análisis consta de siete fragmentos de columnas de mármol (Figura 2) y tres bloques de muro (Figura 3).



Figura 2. A. Vista en planta del yacimiento con la ubicación de los fragmentos de columnas registrados (FC1 a FC7; escala 1m). B-H detalle de los diferentes fragmentos de columnas (FC) estudiados.

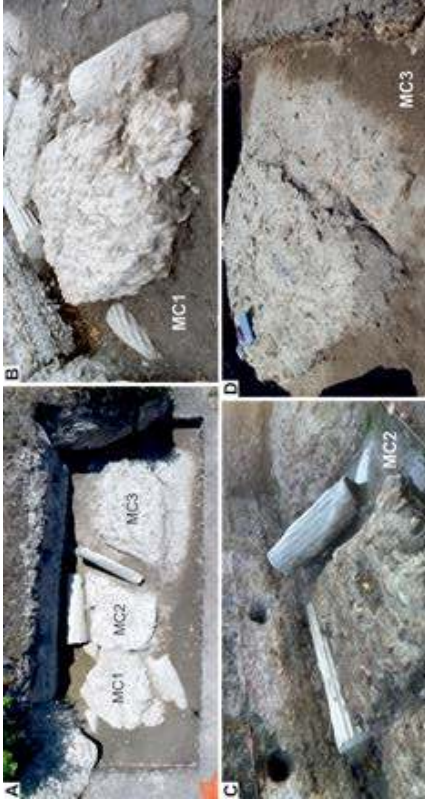


Figura 3. A. Vista en planta del yacimiento con la ubicación de los bloques de muro registrados (MC1 a MC3; escala 1m). B-D detalle de los diferentes bloques de muros (MC) estudiados.

Conjuntos Artefactuales	Tipología	Largo/ Ancho* (en cm)	Orientación	Sentido de la pendiente	
Fragmentos de Columnas	Fuste estriado o acanalado sin rebaje	FC1	N40E	NE	
		FC2	N60E		
		FC3	N15E		
		FC4	215/67	N70E	**
		FC5	210/62	NS	NE
		FC6	18/13	s/d	s/d
		FC7	25/s/d	NS	
Bloques de Muro	n/o	MC1	N70E	NE	
		MC2			235/225
		MC3			224/238
		295/263			

* Medidas correspondientes a las partes expuestas durante la intervención
 ** Desplazada de su disposición original
 s/n sin dato
 n/o no observado

Tabla 1: Parámetros obtenidos del conjunto artefactual.

Se tomaron las medidas (largo/ancho) de las partes aflorantes de cada artefacto, así como cada orientación a partir del eje largo y el sentido de la pendiente o buzamiento (Tabla 1).

Todos los fragmentos de columnas son de mármol y los bloques de muro caído fueron fabricados con fragmentos de rocas volcánicas piroclásticas y ladrillos cementados por un mortero. En el bloque MC1 se encontró agregada de manera excepcional una roca sedimentaria calcárea.

Historia de vida del conjunto artefactual

En primera instancia, Muñiz et al. (2021) aportan datos sobre la tafonomía del yacimiento a partir del análisis pormenorizado de las estructuras de bioerosión por la actividad de diferentes

comunidades de organismos endolíticos y epilíticos, observados en el conjunto artefactual expuesto. Estos autores diferencian varias zonaciones icnológicas y ecológicas: comunidades endolíticas perforantes (productores como esponjas Clionáidas, anélidos poliquetos esponioides y bivalvos litófagos) comunidades epilíticas incrustantes (producida por cirripedos balanomorfos y foraminíferos) y comunidad epilítica cementante (la única especie reconocida es el bivalvo *Ostrea edulis*). Por otro lado, aportan información sobre las condiciones paleoambientales del sitio durante su actividad: se trataría de un medio de aguas muy someras, ricas en nutrientes, de salinidad normal antes del abandono definitivo, enterramiento y conservación.

Son varios los trabajos donde se exponen propuestas cronológicas de eventos para el área estudiada. En este sentido, Marín et al. (2021) establecen tres periodos: (1º) Pre-Linterna; (2º) Desarrollo de La Linterna; y (3º) Amortización y abandono de La Linterna. Por otro lado, Bermejo et al. (2021) ordenan en 5 fases cronológicas la evolución de la estructura: Fase I, Monumental. Construcción y articulación del muelle; Fase II, Amortización de la fase monumental; reestructuración espacial y funcional del muelle; Fase III, Segundo gran episodio constructivo en el muelle *della lanterna*; Fase IV, Ampliación de la cabeza del muelle y creación de nuevos ambientes portuarios y Fase V, Niveles de abandono y colmatación. Por último, Muñiz et al. (2021) fijan en 5 fases la secuencia de eventos biológicos y deposicionales: (1º) el hábitat y primera fase de colonización; (2º) depósito de artefactos; (3º) segunda fase de colonización; (4º) bioerosión y (5º) depósito del muro, tercera fase de colonización y bioerosión de *Pholad dactylus*. La Tabla 2 recoge la correlación entre las secuencias, así como su cronología relativa.

A continuación, se amplían los datos correspondientes a esta ordenación relativa de eventos para la zona de estudio, a partir de la secuencia establecida por Muñiz et al. (2021):

La cuenca portuaria

Portus estaba constituido por tres elementos principales (Keay, 2012): la cuenca de Claudio (superficie de 200ha y batimetría: 7m); la dársena a modo de pequeña cuenca rectangular

(superficie de 1ha y batimetría 6m); y la cuenca hexagonal de Trajano (superficie de 32ha y batimetría: 5m). Desde el punto de vista litológico, el sedimento dominante es de fracción fina (limos arenosos-arcillas) (Marín et al., 2021). Estas cuencas portuarias también son consideradas ecosistemas que incluyen una amplia variedad de hábitats y organismos (Johnston et al. 2015), cuyo registro (en un contexto arqueológico) se ofrece clave para establecer reconstrucciones ambientales (Goiran et al. 2010). En el yacimiento estudiado y con independencia de la fauna endobentónica estudiada por Marín et al. (2021), la presencia de fauna fija o sésil (cirripedos, bivalvos cementantes, gasterópodos verméticos, serpulidos, etc.) en las estructuras portuarias se ofrecen como excelentes indicadores de las variaciones relativas del nivel del mar y de las condiciones ambientales (ver referencias en Muñiz et al. 2021). En este sentido, el sector septentrional del muelle de la Linterna de Portus, con apertura a la Cuenca de Claudio, presentaba inicialmente unas condiciones ambientales de aguas muy someras, ricas en nutrientes, con salinidad normal, baja energía y sustrato fino.

1ª Fase: Primera colonización

Bajo las anteriores condiciones ambientales, las paredes verticales del muelle estaban colonizadas por el bivalvo *Ostrea edulis* y el cirripedo balanomorto *Amphibalanus amphitrite* (Figura 4A). La zonación de *O. edulis* se localiza entre las cotas absolutas de -0,85 y -0,3m.s.n.m. y la de *A. amphitrite* entre -0,85 y 0,03m.s.n.m. Existe una zonación mixta de ambas especies desde la cota -0,85 hasta aproximadamente -0,36 m.s.n.m. Esta cota superior de la zonación mixta (-0,36m.s.n.m.) hasta la superior de la zona de *A. amphitrite* (-0,03m.s.n.m.) representaría el excepcional registro de las variaciones mareales en Portus durante los s.s. IV-V NE que se asemeja a la que presenta actualmente el Mar Tirreno (± 0,40-0,45m).

2ª Fase: Depósito de los fragmentos de columnas

Se depositaron siete fragmentos de columnas con tamaños dispares (ver Figura 2, Figura 4B) y que fueron arrojados desde la parte superior de la estructura del muelle. Las mediciones se realizaron a partir de las superficies expuestas siendo la máxima longitud/anchura observada de 215/67cm para FC5 y la mínima de 18/13cm en FC6 (Tabla 1). Todos los fragmentos de columnas están situados de manera infrayacente con respecto a los bloques de muro que fueron depositados en la 5ª fase. Los fragmentos FC2, FC3 y FC6 (ver Figura 2C, D y G, respectivamente) se localizan a una cota inferior a la de los muros caídos; mientras que FC1 y FC5 (Figura 2B y F) se hallaron cubiertos por fragmentos menores procedentes de los bloques de los muros (ver Figura 2B). En definitiva, tanto por cota como por solape, todo indica que los fragmentos de columnas fueron depositados antes que los bloques de muro.

Las orientaciones obtenidas, según el eje largo de cada fragmento, están entre NS y N70E y todos con buzamiento al NE (ver Tabla 1). Este buzamiento (aprox. 10º) sería coincidente con la pendiente natural del sustrato existente en el momento del depósito; lo que estaría avalado tanto por la inclinación que muestra FC5, como por las cotas tomadas en metros sobre el nivel del mar, que varían entre -61 y -85m.s.n.m. según la dirección del muelle en este sector y con sentido SO-NE. Esta pendiente condicionó que los diferentes fragmentos de columnas vertidos quedaran adaptados al fondo a diferentes cotas, y que, a la postre, supeditó la actividad biológica cementante y perforante posterior.

En particular, FC1, FC2 y FC3 quedaron apoyados en el sustrato por las caras planas generadas por la apertura, y en consecuencia dejando expuestas las partes convexas ornamentadas a las condiciones acuáticas y biológicas. FC4 quedó originalmente dispuesta con su eje largo paralelo a la dirección de la pared del muelle (N70E) (ver Figura 2A y E) aunque a posteriori sufrió un desplazamiento por reclamación, hecho que se argumentará más adelante en el desarrollo de la 3ª fase. FC5, el fragmento de columna de mayor tamaño, quedó apoyado por un lateral, adaptado a la pendiente del

Cronología relativa (dentro de nuestra era)	"Periodos" (Marín et al. 2021)	"Fases evolución de la estructura" (Bermejo et al. 2021)	"Secuencia de eventos" (Muñiz et al. 2021)
Fines del siglo III- Principios del siglo IV	1º. Pre-muelle de la Linterna	Fase I Monumental. Construcción y articulación del muelle	(1º) Primera fase de colonización
		Fase II Amortización de la fase monumental; reestructuración espacial y funcional del muelle	
Siglo IV- Primera mitad del siglo V	2º. Desarrollo de la Linterna	Fase III Segundo gran episodio constructivo en el muelle <i>della lanterna</i>	(2º) Depósito de artefactos (3º) Segunda fase de colonización (4º) Bioerosión (5º) Depósito del muro, tercera fase de colonización y bioerosión de <i>Pholad dactylus</i>
		Fase IV Ampliación de la cabeza del muelle y creación de nuevos ambientes portuarios	
Segunda mitad del siglo V	3º. Amortización y abandono	Fase V Niveles de abandono y colmatación.	

Tabla 2. Correlación y cronología relativa de eventos descritos para la zona de estudio.

fondo, parcialmente húmedo y posiblemente con su extremo más elevado expuesto a condiciones subaéreas (ver Figuras 2F y 4B). FC6 y FC7 son fragmentos menores e irregulares que se dispusieron adaptándose a la superficie del sustrato.

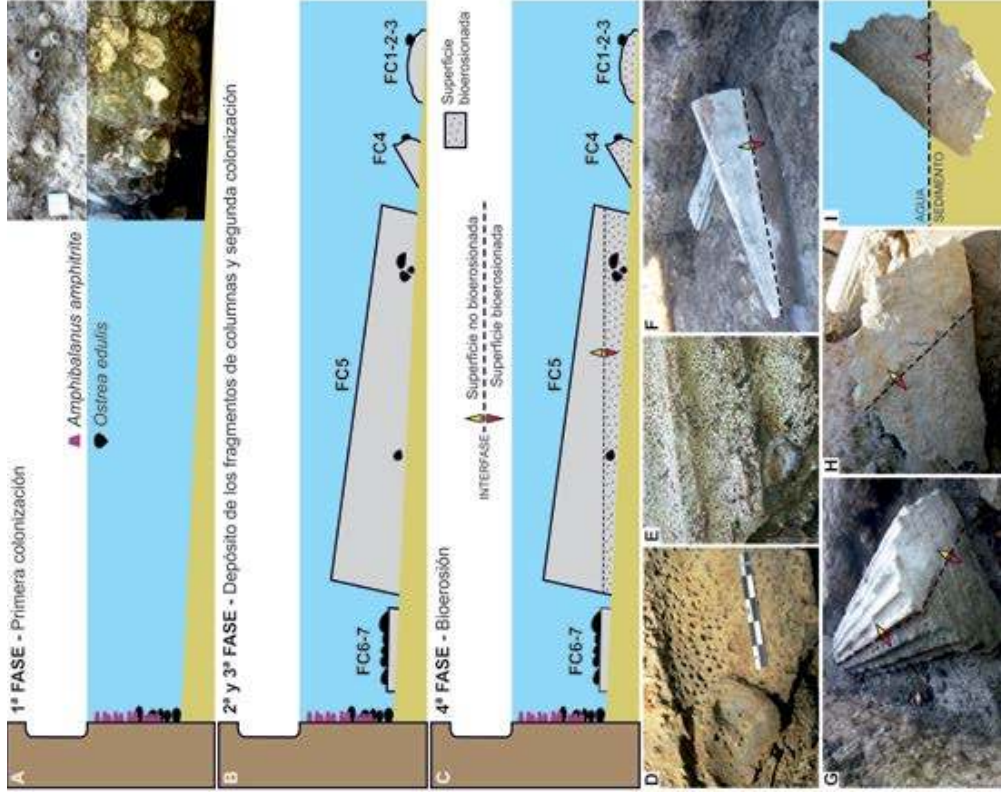


Figura 4. A-C Esquema ilustrativo de las tres primeras fases de la historia de vida del conjunto artefactual. D y E. Detalle de valva izquierda de *Ostrea edulis* y fragmento de columna (FC3) bioerosionado por esponjas clonales (estructuras de tipo *Entobia*). F. FC5 dispuesta *in situ* con la interfase de la superficie bioerosionada y la no bioerosionada (interfase B/NB) marcada. G. FC4 dispuesta tras el intento de reclamación y con la interfase B/NB señalada. H. Cara lateral generada por fractura en FC4 donde se observa la disposición de la interfase B/NB. I. Posición original de FC4 deducida a partir de la superficie bioerosionada.

3ª Fase: Segunda colonización

Los fragmentos de columnas vertidos supusieron un nuevo e idóneo sustrato para una nueva fase de colonización (Figura 4B). En concreto, existen cuatro fragmentos de columnas (FC2, 3, 4 y 5) que presentan ejemplares de *O. edulis* cementados. Por otro lado, *A. amphitrite* se encuentra ocupando la cara interna de las valvas izquierdas de *O. edulis* (según se observa en FC7). Esto viene a indicar que la colonización de los balanomorfos fue en otra fase a posteriori, una vez los ostreidos ya estaban muertos y sus valvas desarticuladas.

4ª Fase: Bioerosión

La bioerosión es uno de los procesos de alteración más importante que puede sufrir un sustrato tanto en ambientes marinos modernos, como antiguos (Gibert et al. 2004; Davidson et al. 2018). Esta actividad bioerosiva queda registrada a modo de estructuras que, en concreto, designan el proceso mediante el cual un organismo vertebrado, invertebrado o vegetal esculpe, se incrusta o penetra por destrucción mecánica y/o disolución química un sustrato duro biogénico (conchas, huesos, ámbares, coprolitos y otros esqueletos mineralizados) o no biogénico (rocas de varios orígenes) (Neumann, 1966; Ekdale et al. 1984; Bromley, 1990, entre otros). En este contexto, se consideran organismos epiliticos aquellos que bioerosionan un sustrato duro fijándose o incrustándose a su superficie, mientras que para los endolíticos la actividad se desarrolla perforando hacia el interior el sustrato duro. Por lo general, las estructuras de bioerosión son el resultado de las combinaciones de varios parámetros relacionados: condiciones ambientales del medio, tipo de sustrato, productor y comportamiento. En nuestro caso, del análisis y estudio de las estructuras de bioerosión registradas se han extraído conclusiones tafonómicas (p.e. historia bioestratigráfica) del conjunto artefactual, así como de las condiciones ambientales bajo las que se produjeron.

Las estructuras de bioerosión registradas por la actividad de invertebrados marinos, son muy comunes en sustratos carbonatados. La presencia de fragmentos de columnas de mármol, las valvas de *O. edulis* y unas condiciones ambientales (salinidad, oxigenación, batimetría, etc.) adecuadas, supusieron un escenario idóneo para la colonización de organismos endolíticos perforantes como son las esponjas clonales, los bivalvos litófagos y los anélidos poliquetos marinos. Desde un punto de vista icnotaxonómico, las estructuras reconocidas son de “tipo *Entobia*” (producidas por esponjas clonales), “tipo *Gastrochaenolites*” (producidas por bivalvos litófagos) y “tipo *Caulostrepsis* y *Maenidropolydora*” (producidas por anélidos poliquetos).

Las estructuras de bioerosión descritas se habrían producido de manera penecontemporánea (casi simultánea), siendo dominantes, por grado de ocupación, las de tipo *Entobia*. Estas, dentro del contexto de un ambiente marino muy somero (posiblemente con bajada del nivel de mar con respecto a la fase anterior), evidenciarían un periodo de exposición a las condiciones ambientales, baja energía y mínima o nula tasa de sedimentación, i.e. condiciones ambientales de aguas más “limpias” o con poca turbidez.

En FC1 la bioerosión es principalmente de tipo *Entobia* con un área pequeña ocupada por estructuras de tipo *Gastrochaenolites* y tipo *Caulostrepsis*, pero que en conjunto ocupan toda la superficie expuesta coincidente con la parte externa convexa ornamentada del fragmento de columna (ver Muñiz et al. 2021, Figura 4A y B: 619). Las superficies expuestas en FC2 y FC3 (parte externa convexa ornamentada y conchas de ostreidos cementadas de la fase anterior, Figura 4D) están ocupadas en un 100% por estructuras de tipo *Entobia*. Esta disposición de la bioerosión indica que estos fragmentos se localizaron *in situ*, es decir, sin sufrir ningún proceso posterior de remoción y/o desplazamiento natural o de reclamación (proceso por el cual artefactos y/o estructuras son reutilizados por poblaciones humanas, Schiffer, 1987).

En FC4 las estructuras de bioerosión, exclusivamente de tipo *Entobia*, se observan tanto en la cara externa convexa ornamentada como en la cara lateral generada por la fractura. Este fragmento de columna tuvo una disposición inicial distinta a la registrada durante la intervención, hecho que se

interpreta como un intento de reclamación. Esta circunstancia es inferida a partir de la disposición de la superficie bioerosionada y la no bioerosionada, que debe ser paralela a la superficie del sustrato y sin embargo se halló inclinada (Figura 4G-I); además de la presencia de una fosa de espolio asociada (Bermejo *et al.* 2021).

La posición de FC5 es original y está marcada por la colocación horizontal de la interfase superficie bioerosionada/no bioerosionada (Figura 4F). En este fragmento la bioerosión es también y exclusivamente de tipo *Entobia*, y se localiza en la cara externa ornamentada, en la cara producto de la fractura y en las valvas de ostreidos cementadas en esta cara. Por último, FC6 y FC7 no presentan evidencias de bioerosión, lo que podría indicar unas condiciones ambientales adversas para el desarrollo de tal actividad (batimetría, sedimentación, etc.).

5ª Depósito del Muro, tercera colonización, desplazamiento vertical y nueva bioerosión

Durante esta última fase, se depositaron tres grandes bloques de muro (Tabla 1, ver Figura 3) que se dispusieron adaptados al relieve existente, bien por encima de los fragmentos de columnas (Figura 5A) o bien cubriéndose por fragmentos menores producto de la ruptura acaecida durante la caída (ver Figuras 3B y 4B). Se produce una tercera colonización por parte de *O. edulis* y *A. amphitrite*, tanto en la pared vertical del muelle como en las caras laterales de los bloques caídos (Figura 5B) y, excepcionalmente y sólo por *A. amphitrite*, en las superficies inclinadas de estos bloques. En FC4, la reclamación tuvo que ocurrir antes de esta fase, pues su cara externa ornamentada y sin bioerosión (ver Figura 4G) está colonizada por un ejemplar de *A. amphitrite* (Figura 5C); mientras que en esa misma cara y en la cara lateral producto de la fractura (Figura 5D y E) se observan conchas de *O. edulis* no bioerosionadas y dispuestas sobre las estructuras de tipo *Entobia* de la fase anterior. Estas evidencias refuerzan la idea de que todavía quedaba suficiente columna de agua, así como unas condiciones ambientales idóneas para la colonización de estos organismos, pero insuficiente para el desarrollo de la bioerosión. Igualmente apunta a que la reclamación de este fragmento de columna fue antes de la colmatación definitiva y abandono del sitio.

Esta tercera colonización se traslapa con las anteriores fases, pero en niveles superiores conforme la columna de agua decrece por la colmatación de la dársena. Se observa que *A. amphitrite* coloniza la cara interna de las valvas izquierdas de los ostreidos (de fases anteriores, i.e. ya muertos) y, ocasionalmente, también son colonizadas por briozoos incrustantes y gasterópodos verméticos (ver Muñoz *et al.*, 2021, Figura D-F:626).

No hay estructuras de bioerosión ni en las rocas volcánicas cristalinas ni en el mortero que conforman la pared del muelle, pues no son un sustrato idóneo (Rodríguez-Tovar *et al.* 2014). Únicamente se reconoce una estructura de bioerosión relacionada con la actividad del bivalvo litófilo *Pholas dactylus* (Figura 5F), realizada en MC1 (ver Figura 3A y B) en el único bloque con una roca sedimentaria calcárea anhidra.

En cuanto a las condiciones ambientales, en esta última fase se incrementó la tasa de sedimentación y turbidez del agua lo que afectó al desarrollo y actividad de las esponjas clonoidales, pues son intolerantes a estas condiciones. Se estima que la batimetría fue inferior al metro y que posiblemente, parte del conjunto artefactual quedara expuesto a condiciones subaéreas durante espacios de tiempo cada vez más prolongados. Finalmente, esta cara norte del muelle sufriría su colmatación definitiva, abandono y enterramiento.

Inferrencia del tiempo relativo de funcionamiento

Por lo general, la exposición de un sustrato lítico (preferentemente carbonatado) en un medio marino, bajo condiciones ambientales favorables y exposición más o menos constante durante un largo periodo de tiempo es, en potencia, idóneo para la colonización o asentamiento de comunidades

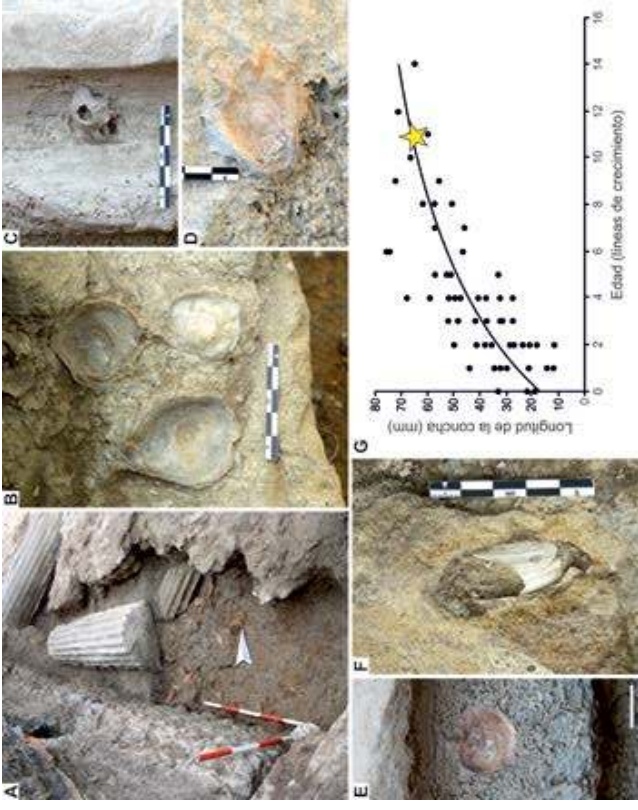


Figura 5. A. Vista de la localización de los fragmentos de columnas con respecto a la cara lateral (a la izquierda) de los bloques de muro. B. *Ostrea edulis* cementadas en uno de los laterales del bloque caído MC2. C. Ejemplar de *Amphitrite* adherido en la superficie no bioerosionada por esponjas de FC4. D-E. *O. edulis* traslapando a la bioerosión de tipo *Entobia* en la cara lateral (D) y cara externa ornamentada de FC4. F. Detalle de *Pholas dactylus* en su perforación del tipo *Gastrochaenolites*. G. Gráfico de la relación longitud/edad para *P. dactylus* (modificado de Pinn *et al.* 2005) con la localización del ejemplar estudiado.

ecológicas epilíticas y/o endolíticas. Son organismos epilíticos aquellos que bioerosionan fijándose o incrustándose a la superficie de un sustrato duro, mientras que los endolíticos son perforantes, es decir, desarrollan su actividad en el interior del sustrato duro (Golubic *et al.* 1975; Bromley, 1990; Schönberg, 2008). En particular, los sustratos duros carbonatados (rocas y esqueletos) son los más susceptibles a la bioerosión, debido a su fácil solubilidad química y baja dureza (Bromley *et al.* 1990).

La colonización en estos sustratos líticos carbonatados suele ocurrir durante las fases larvarias de los organismos, que varían en cada especie, así como en el tiempo de asentamiento. En este sentido, las esponjas perforadoras (p.ej. Familia Clonaidae) se encuentran entre los organismos bioerosivos más importantes y que causan daños relevantes en los sustratos carbonatados en ambientes marinos (Bromley, 1990; Fäber *et al.* 2019, entre otros). Para este proceso estas esponjas emplean una metaloenzima, la enzima anhidrasa carbónica (también llamada carbonato deshidratasa), para la bioerosión en combinación con la ruptura mecánica y la separación de partículas del tamaño de una célula (Pomponi, 1980; Schönberg, 2008).

Existen trabajos experimentales sobre bioerosión en mármoles que fueron sumergidos en diferentes puntos de la costa del mar Mediterráneo. Por lo general, de éstos se deduce que, bajo condiciones favorables, las comunidades de microorganismos perforantes (cianobacterias, hongos, algas, etc.) pueden llegar a estabilizarse dentro del primer año de exposición, mientras que la colonización por

comunidades de macroperforadores (p.ej. esponjas, anélidos, bivalvos litófagos, cirrípedos, etc.) puede tardar varios años en alcanzar la madurez (Fäber *et al.* 2016). Por ejemplo, Bromley *et al.* (1990) investigaron entre 1982-1989 los efectos de la bioerosión sobre bloques de mármol y caliza de diferentes tamaños < 1m y peso 1-30kg, que hundieron en aguas marinas poco profundas (3-17m de profundidad) de la costa de Rodas (Grecia). Los autores reconocieron los primeros indicios de esponjas clonadas al primer año, no fueron apenas visibles hasta el segundo año y después de seis años los bloques estaban ampliamente bioerosionados por estas. También señalan que la tasa de crecimiento de estas esponjas es exponencial, es decir, se acelera con la edad. Posteriormente, Fäber *et al.* (2016) muestran los resultados de esta misma investigación, pero con datos hasta 1996, donde exponen el ritmo al que la bioerosión externa e interna afecta a los bloques estudiados y aplican la microtomografía computarizada para la cuantificación de las estructuras endolíticas. Estos autores concluyen: (1) que los bloques fueron colonizados casi exclusivamente por esponjas perforadoras clonadas, (2) que durante los primeros 5 años de exposición (donde las primeras esponjas se asientan) producen bajas tasas de bioerosión, (3) que las esponjas maduran y aumentan esta tasa durante los años 6-7, (4) después de 14 años, el 30% del volumen de los bloques estaban ocupados por esponjas perforadoras y, por último, (5) que el asentamiento exitoso de las esponjas perforadoras depende en gran medida de la disponibilidad de espacio y de la competencia con otros bioerosionadores.

Los fragmentos de columnas estudiados (excepto FC6 y FC7, ver Figura 2) presentan una tasa de bioerosión por esponjas clonadas muy alta (>70% de la superficie expuesta) que redunda en una considerable y observable pérdida de masa mineral (ver Figuras 4E-G y 5E). Por otro lado, el tamaño de las cámaras (máximo observado de 5-6 mm, ver Figura 4D) resultante de la actividad perforadora sugiere que estas esponjas alcanzan estados ontogénicos adultos con implicaciones de temporalidad. Teniendo en cuenta estos datos y la información de los experimentos actuales descritos anteriormente, nos permite inferir, tentativamente, un tiempo relativo de algo menos de 20 años entre el depósito de los fragmentos de columnas (2ª Fase) y la colmatación y abandono (5ª Fase) de este sector del muelle de la Linterna.

Otro registro que aporta una notable información sobre este tiempo relativo de funcionamiento del sector estudiado, es el del bivalvo perforador *Pholas dactylus* (Figura 5F) (Orden Myrda, Familia Pholadidae) en el bloque de muro caído MC1 (ver Figura 3B). *P. dactylus* es un bivalvo perforador con desarrollo larvario planctotrófico que habita desde el intermareal hasta el sublitoral somero (aprox. 10m) en rocas poco litificadas como yeso, lava, caliza, margas, arcilla, arenisca, esquisto, turba e incluso en madera (Arias y Richter, 2012). Esta especie coloniza el sustrato en estadios larvarios tempranos y es de crecimiento lento, pudiendo alcanzar las conchas de las hembras hasta los 20cm de longitud (Hill, 2006). Pinn *et al.* (2005) hicieron un estudio actualístico entre 1999 y 2000 de la morfología de la perforación, biometría, edad y crecimiento de varias especies de bivalvos de la Fam. Pholadidae (*Pholas dactylus*, *Barnes candida* y *B. parva*) en sustratos calcáreos y arcillosos a lo largo de la costa sur de Inglaterra. Estos autores usaron el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy (relación edad/altura) para detallar la curva de crecimiento para *P. dactylus* (Figura 5G) concluyendo que tienen un ciclo vital de aproximadamente 12 años, donde alcanzan una longitud de las valvas de unos 7,5cm y una profundidad máxima de la galería de 8,1cm. En este sentido, el ejemplar de *P. dactylus* reconocido tiene una longitud de 6cm, su perforación (del tipo *Gastrochaenolites*) 7,5cm de longitud y un ángulo de penetración de unos 30°. A partir de estos datos, se puede extrapolar, también de forma tentativa, que el tiempo relativo de funcionamiento entre el depósito de los bloques de muro (5ª Fase), asentamiento larvario de *P. dactylus*, su desarrollo ontogénico (alto) y perforador hasta alcanzar las dimensiones observadas, podría estar entre los 10 y 12 años.

Por otra parte, hay que tener en cuenta, que la distribución y abundancia de las especies de esponjas perforantes, así como sus tasas de bioerosión, dependen directamente de parámetros ambientales como el flujo de agua, los nutrientes, la salinidad, la temperatura y la luz (ver Schönberg, 2008: 184). En general, el sector del muelle estudiado se encuadra en un contexto ambiental de puerto

artificial donde se sabe había influencia de mareas (ver Muñoz *et al.* 2021) y de aguas tranquilas como evidencia el tipo de sedimento (limo arenoso-arcillas). En particular, la presencia de la bioerosión producida por organismos epiliticos y endolíticos, de organismos cementantes y de fauna epi- y endobentónica de invertibrados (ver Marín *et al.* 2021) establecen que las condiciones ambientales en el sector serían marinas, muy someras, con salinidad normal a salobre, baja energía, mínima o nula tasa de sedimentación y poca turbidez, que a la postre se terciaron idóneas sobre todo para el desarrollo espacial, temporal y ontogénico de las esponjas clonadas sobre los fragmentos de las columnas.

Conclusiones

El análisis de las estructuras de bioerosión y organismos cementantes reconocidos en el conjunto artefactual del sector septentrional del muelle de la Linterna de Portus, ha permitido inferir su tiempo relativo de funcionamiento desde la fase post-construcción hasta la de abandono. En primer lugar, se establece la relación de la posición relativa entre los fragmentos de columnas y los bloques de muro que comprenden este conjunto artefactual; siendo los fragmentos de columnas los que quedan en una posición infrayacente con respecto a los bloques de muro. En segundo lugar, la presencia de fragmentos de columnas de mármol (depositados en la 2ª fase) con una tasa de bioerosión muy alta (entre el 70% y el 100%) producida por esponjas clonadas, aporta tentativamente un tiempo relativo de unos 20 años para la secuencia: depósito fragmentos columnas-asentamiento larvas de esponjas-desarrollo ontogénico-fin de la actividad. Y, por otro lado, el hallazgo de un ejemplar adulto del bivalvo perforador *Pholas dactylus* en los bloques de muros depositados posteriormente a los fragmentos de columnas, permite inferir que su actividad-desarrollo ontogénico fue a lo largo de un periodo máximo de 12 años. En definitiva, el tiempo relativo de funcionamiento del sector estudiado se podría establecer entre los 30-35 años antes de su abandono. Las condiciones ambientales iniciales en este sector portuario serían, *grosso modo*, marinas someras, con salinidad normal a salobre, con influencia mareal, pero de baja energía hidrodinámica, sedimento fino y tasa de sedimentación de nula. Estas condiciones serían cambiantes hasta la total colmatación, desuso y abandono.

Agradecimientos

Este trabajo se adscribe a los siguientes proyectos: a) "Del Atlántico al Tirreno, los puertos hispanos y su relación comercial con Ostia Antica. DEATLANTIR IIª Fase (HAR2017-89154-P), Plan Nacional de I+D+i; b) "Análisis geoarqueológico y paleoambiental en puertos y distritos marítimos atlántico-mediterráneos: El arco atlántico del suroeste hispano (Onoba, Huelva) y la desembocadura del Tíber (Portus, Roma) (UHU-1260298), Programa Operativo FEDER 2014-2020; c) *Del atlántico al Tirreno (DEATLANTIR)*: "Investigaciones en las infraestructuras de Portus-Ostia Antica, el muelle de la Linterna", Proyectos Arqueológicos en el Exterior (Ref: 37-T002018N0000042780). Al Grupo de Investigación RNM 293 "Geomorfología Ambiental y Recursos Hídricos" de la Universidad de Huelva.

Bibliografía

- Arias, A., Richter, A., 2012. Assessing the status of the endangered species *Pholas dactylus* (Bivalvia: Pholadidae) in the coast of Asturias. *Revista de Investigación Marina* 19: 627-628.
- Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R., Fernández, L., Bermejo, A., Marfil, F., D'Ammassa, C., Baena, E., Domínguez, E., Rodríguez, N., Sánchez, L.J. 2021. Los puertos imperiales de Roma: investigaciones geoarqueológicas en el muelle este-oeste de Portus, in J.M. Campos y L. Bermejo (eds.) *Del Atlántico al Tirreno. Puertos hispanos e itálicos*: 583-609. L'Erma di Bretschneider, Roma.
- Borrazzo, K.B. 2006. Tafonomía lítica en dunas: una propuesta para el análisis de los artefactos líticos. *Intersecciones en Antropología* 7: 247-261.
- Bromley, R.G. 1990. *Trace fossils: biology and taphonomy*. Unwin Hyman, London.
- Bromley, R.G., Hanken, N.M., Asgaard, U. 1990. Shallow marine bioerosion: preliminary results of an experimental study. *Bulletin of Geologic Society of Denmark* 38: 85-99.

- Buatois, L.A., Mángano, M.G. 2011. *Ichtnology: Organism-substrate interactions in space and time*. Cambridge University Press, New York.
- Calcinai, B., Sacco, C., Daviddé, B., Ricci, S. 2019. Endolithic and epilithic sponges of archaeological marble statues recovered in the Blue Grotto, Capri (Italy) and in the Antikythera shipwreck (Greece). *Facies* 65(21): 1-18.
- Contreras F. 1984. Clasificación tipológica en Arqueología. El camino hacia la cuantificación. *Cuadernos de prehistoria y arqueología de la Universidad de Granada* 9: 327-385.
- Davidson, T.M., Altheri, A.H., Ruiz, G.M., Torchin, M.E. 2018. Bioerosion in a changing world: a conceptual framework. *Ecology Letters* 21(3): 422-438.
- Efremov, I.A. 1940. Taphonomy: a new branch of paleontology. *Pan American Geologist* 74: 81-93.
- Ekdale, A.A., Bromley, R.G., Pemberton, S.G. 1984. *Ichtnology: Trace fossils in sedimentology and stratigraphy*. SEPM. Short Course 15, 317 pp.
- Färber, C., Titschack, J., Schönberg, C.H.L., Ehrig, K., Boos, K., Baum, D., Illerhaus, B., Asgaard, U., Bromley, R., Freiwald, A., Wisslak, M. 2016. Long-term macrobioerosion in the Mediterranean Sea assessed by micro-computed tomography. *Biogeosciences*, 13(11): 3461-3474.
- Fernandez-lopez, S.R. 1999. Tafonomía y fosilización, in Tratado de Paleontología, tomo I B. Méndez (ed.). Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid: 51-107.
- García Sanjuán, L. 2005. *Introducción al reconocimiento y análisis arqueológico del territorio*. Ariel Prehistoria. Barcelona.
- Gibert, J.M. de, Domènech, R., Martinell, J. 2004. An ethological framework for animal bioerosion trace fossils upon mineral substrates with proposal of a new class. *fixichnia. Lethaia* 37(4): 429-437.
- Goiran, J.P., Tronchière, H., Salomon, F., Carbonel, P., Djerbi, H., Ognard, C. 2010. Palaeoenvironmental reconstruction of the ancient harbors of Rome: Claudius and Trajan's marine harbors on the Tiber delta. *Quaternary International* 216(1-2): 3-13.
- Golubic, S., Perkins, R.D., Lukas, K.J. (1975). Boring microorganisms and microborings in carbonate substrates, in R.W. Frey (ed.) *The study of trace fossils*: 229-259. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Hill, J.M. 2006. *Pholas dactylus* Common piddock, in H. Tyler-Walters and K. Hiscock (eds) *Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews*. [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom.
- Johnston, E.L., Hedge, L.H., Mayer-Pinto, M. 2015. The urgent global need to understand port and harbour ecosystems. *Marine and Freshwater Research* 66(12): 1-11.
- Keay, S. 2012. The port system of Imperial Rome in S. Keay (ed.) *Rome, Portus and the Mediterranean, Archaeological Monographs of the British School at Rome*, 33-67.
- Keay S, Millett M, Paroli L, Strutt K. 2005. Portus: an archaeological survey of the Portus of imperial Rome. *Archaeological Monographs of the British School at Rome* 15. London: British School at Rome.
- Keay, S.J., Parcak, S.H., Strutt, K.D. 2014. High resolution space and ground-based remote sensing and implications for landscape archaeology: the case from Portus, Italy. *Journal of Archaeological Science* 52: 277-292.
- Lyman, R.L. 1994. *Vertebrate taphonomy*. Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Marín, C., Gómez, G., Ruiz, F., Rodríguez, J., Gómez, P., Campos, J.M., Sebastiani, R., Bermejo, J., Muñoz, F., González-Regalado, M.L., Abad, M., Izquierdo, T. 2021. Paleobiología del muelle de la Linterna (Portus, Roma), in J.M. Campos y J. Bermejo (eds) *Del Atlántico al Tirreno. Puertos hispanos e itálicos*: 635-679. L'Erma di Bretschneider, Roma.
- Muniz, F., Belástegui, Z., Gómez, P., Rodríguez, J., Bermejo, J., Campos, J.M., Ruiz, F., Cáceres, L., Marín, C., Gómez, G., Toscano, A., González-Regalado, M.L., Abad, M., Izquierdo, T. 2021. El rol de la zonación icnológica-ecológica en el muelle de la Linterna de Portus in J.M. Campos y J. Bermejo (eds) *Del Atlántico al Tirreno. Puertos hispanos e itálicos*: 611-633. L'Erma di Bretschneider, Roma.
- Neumann, A.C. 1966. Observation on coastal erosion in Bermuda and measurements of the boring rate of the sponge, *Cliona lampa*. *Limnology and Oceanography* 11: 92-108.
- Pinn, E.H., Richardson, C.A., Thompson, R.C., Hawkins, S.J. 2005. Burrow morphology, biometry, age and growth of piddocks (Mollusca: Bivalvia: Pholadidae) on the south coast of England. *Marine Biology* 147(4): 943-953.
- Pomponi, S.A. 1980. Cytological mechanisms of calcium carbonate excavation by boring sponges. *International Review of Cytology* 65: 301-319.
- Rodríguez-Tovar, F.J., Uchman, A., Puga-Bernabeu, A. 2015. Borings in gneiss boulders in the Miocene (Upper Tortonian) of the Sorbas Basin, SE Spain. *Geological Magazine* 152(2): 287-297.
- Schiffer, M.B. 1991. Los procesos de formación del registro arqueológico. *Boletín de Antropología Americana* 23: 39-45.
- Schönberg, C., 2008. A history of sponge erosion: from past myths and hypotheses to recent approaches, in M. Wisslak and L. Tapanila (eds.), *Current Developments in Bioerosion*: 165-202, Berlin, Springer.
- Winter, C. P., Fagundes, M., Rodrigues, S. C. 2011. Una aproximación tafonómica al análisis arqueológico del material cerámico. Caso experimental sitio são lourenço 1, município de Itaitubá (mg). *Revista Geociências-U*.

10.

El uso estructural de la madera en la construcción pública de la antigua Roma: el encofrado del muelle del puerto imperial en *Portus*

D. Ponce González¹, L. J. Sánchez Hernández²

¹Máster en Ingeniería de Montes. Universidad de Huelva.

²Grupo de Investigación Urbanitas Universidad de Huelva.

Resumen

Se analizaron las maderas localizadas en el yacimiento de *Portus* procedentes del encofrado de la zapata de apoyo al muelle. Datadas entre los siglos II y IV de nuestra era, permiten establecer una cronología constructiva de la infraestructura. Por otro lado, la identificación de las maderas como pertenecientes a los géneros *Quercus* y *Pinus* (aparentemente de ámbito frío, en el primer caso, y térmico en el segundo), permite confirmar la existencia de un comercio activo de madera en el Mediterráneo y la preferencia de las maderas pesadas como elementos de sustentación de infraestructuras.

Palabras clave

maderas, comercio, paleobotánica, encofrado, roble, pino, muelle.

Abstract

The timbers located in the *Portus* deposit from the formwork of the support footing to the dock are analyzed. Dated between the 2nd and 4th centuries AD, they allow us to establish a chronology for the construction of the infrastructure. Besides that, the identification of the timber as belonging to the *Quercus* and *Pinus* genera (apparently from a cold environment, in the first case, and thermal in the second) allows confirming the existence of an active trade in wood in the Mediterranean, and the preference of heavy timbers for supporting elements of infrastructures.

Keywords

wood, trade, palaeobotany, formwork, oak tree, pine tree, dock.

Introducción

La madera constituye una de las materias primas de mayor importancia en el desarrollo cultural del hombre. A lo largo de toda la historia de la humanidad, ha sido empleada de forma masiva y recurrente, habiendo constituido un elemento imprescindible en la vida humana.

A pesar de que debido a su naturaleza degradable sus restos en yacimientos arqueológicos son menos abundantes que los constituidos por otros materiales (como metales, piedra o cerámica), su presencia en el día a día de las diferentes civilizaciones debió ser abrumadora. Una de las causas es, sin duda, su multifuncionalidad. La madera puede ser utilizada como elemento estructural, materia prima energética (tanto en verde como en forma de carbón vegetal), material de construcción de útiles y enseres de diferente tamaño, materia para la construcción de barcos y otros mecanismos de transporte, etc...

Esta gran variedad de usos tiene que ver, y se ve, además, potenciada, por otros aspectos tales como la amplitud ecológica de las especies que la producen (lo que la hace disponible en prácticamente todas las latitudes habitadas por el hombre salvo las más extremas), o la facilidad de su obtención y trabajo (evitando procesos costosos y complejos como los de la minería o cantería).

A los valores prácticos de la madera, se añaden los valores simbólicos que ciertas especies, debido generalmente a la dureza de su madera, longevidad de sus individuos o porte general de los mismos,

adquirieron a lo largo del tiempo, como los tejos o los robles en las culturas norteyas europeas, o el cedro en el oriente próximo.

El conjunto de todas estas características supuso desde la antigüedad la existencia de redes comerciales destinadas a su consumo, siendo éstas especialmente destacables en torno a los grandes imperios dadas sus necesidades logísticas, como el Egipto o el chino por citar los ejemplos más sencillos (Asensi, 2000).

Durante la expansión republicana romana y, sobre todo, durante el periodo imperial, las ingentes cantidades de madera que necesitaba el Estado, no solo en las provincias, sino en la propia metrópoli, tuvieron que dar lugar a un activo tráfico comercial de madera del que apenas hay evidencias, pero que se empieza a vislumbrar (Bernabei, 2019). Las necesidades de abastecimiento de la propia ciudad de Roma deberían cubrir, durante prácticamente un milenio, la construcción estatal y residencial, la calefacción privada y pública, los utensilios etc. de cientos de miles de personas, amén de la necesidad del material para soporte de grandes infraestructuras (vigas, cimientos o encofrados), o la construcción de la propia flota comercial y militar.

Un uso especialmente relevante lo constituye la madera estructural, entendiendo como tal aquella que, sin estar necesariamente a la vista, juega un importante papel de soporte de estructuras constructivas. Este tipo de madera requiere unas características especiales, en cuanto a longitud de elementos, rectitud de los mismos (para la construcción de tablonos o empleo como pilares o vigas), características mecánicas (ya sea resistencia a comprensión, torsión, tracción, pandeo...), durabilidad, etc., lo que implica que sólo ciertas especies serían usadas para estos fines. Normalmente, en Europa, estas características son cubiertas por ciertas coníferas (habitualmente los géneros *Pinus* y *Abies* de la familia de las pináceas) y las frondosas de la familia de las fagáceas (especialmente los géneros *Quercus*, *Fagus* y *Castanea*).

Estos géneros tienen una amplia representación autóctona en la península Itálica, pero la necesidad de madera con unas dimensiones adecuadas hace suponer que su consumo masivo provocaría la rápida desaparición de ésta de forma natural, sin posibilidad de rápida o suficiente regeneración, provocando su necesaria importación amparándose en los medios estatales, mediante la nacionalización de la madera producida en los bosques de las provincias, y su traslado a través de las redes comerciales aseguradas por el ejército. En efecto, lo que hoy en día podría considerarse un negocio ruinoso (traslado de madera no suitaria para uso constructivo a miles de kilómetros de distancia), en la antigua Roma, con los medios de producción basados en mano de obra esclava y en el empleo de los medios logísticos de control (ejército) y transporte (vías, puertos, naves) estatales, sería una práctica completamente lógica y asumible.

La identificación de materiales constructivos como los encontrados en la excavación del muelle de los puertos imperiales en *Portus*, reviste especial interés en tanto en cuanto que permite conocer las soluciones constructivas diseñadas por los ingenieros romanos en la construcción de determinadas infraestructuras (especies, funcionalidad de las mismas) y, al mismo tiempo, arrojar luz sobre el comercio de los productos forestales, en este caso la madera, durante el imperio (en función de su procedencia).

Obtención de las muestras y trabajos previos al laboratorio

Las muestras de madera analizadas proceden de las campañas de excavación 2019 y 2020 realizadas por el equipo de la Universidad de Huelva en la vertiente norte del muelle de entrada al puerto imperial. Dichas labores tenían como objeto consolidar las estructuras y avanzar en el conocimiento del proceso constructivo del muelle, así como obtener una cronología precisa del mismo.

En el verano de 2019, en el trabajo realizado en la periferia de la cabeza del muelle, inmediatamente anterior a la plataforma de la linterna, mediante un sondeo se encontraron las primeras evidencias

paleobotánicas. Así, se hallaron restos de un poste en disposición vertical del que se obtuvieron varios fragmentos (identificados con los números 86, 89, 90, 91 y 92, presumiblemente todos procedentes de la misma pieza, Figuras 1 a 4), un tablón en disposición horizontal (muestras 87 y 88, Figura 5) y una muestra de lo que aparentemente era un tapón de ánfora (muestra 97, Figura 6).

Los dos primeros grupos de muestras sugerían la existencia residual de una estructura de madera, posiblemente un encofrado formado por maderos verticales de sustentación y tabloncillos horizontales de contención, aunque no fue posible constatarla ni documentarla. Se consideró que pudiera tratarse



Figuras 1 a 4, de derecha a izquierda y de arriba abajo, fotos del palo en disposición vertical, respectivamente, muestras 86 y 89, muestra 90, muestra 91 y muestra 92.



Figura 5. Muestras 87 y 88, fragmentos de un tablón.

Figura 6. Muestra 97, tapón de ánfora.

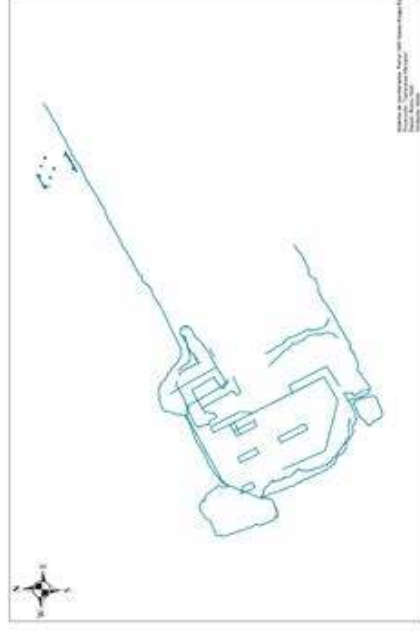


Figura 7. Localización del sondeo realizado el año 2020 en la cara norte del muelle.

de una estructura de soporte mecánico del muelle, preferiblemente lateral, que aguantase los empujes del muelle al consolidarse sobre el lecho. Quedó como objetivo para la siguiente campaña realizar una excavación específica que permitiera localizar o identificar esa estructura.

La campaña realizada a lo largo de verano y otoño de 2020 confirmó mediante un sondeo realizado unos 20 metros al noroeste de la cabeza del muelle (Figura 7) la presencia de una estructura de madera formada por un encofrado reticular, formando una matriz que, rellena de áridos y aglomerantes de diverso tipo, actuaría como pieza de contención de esfuerzos de la base del muelle.

El encofrado estaría formado por dos líneas de postes opalos paralelas al muelle, una de ellas adjunta al mismo y otra a una distancia de 3,5 metros hacia el exterior. Dichas líneas sujetarían tabloncillos de madera que cerrarían el conjunto de la caja. Entre medias nuevos postes con disposición vertical y otros en disposición oblicua, establecen el soporte de la matriz de relleno de la zapata (Figura 8).

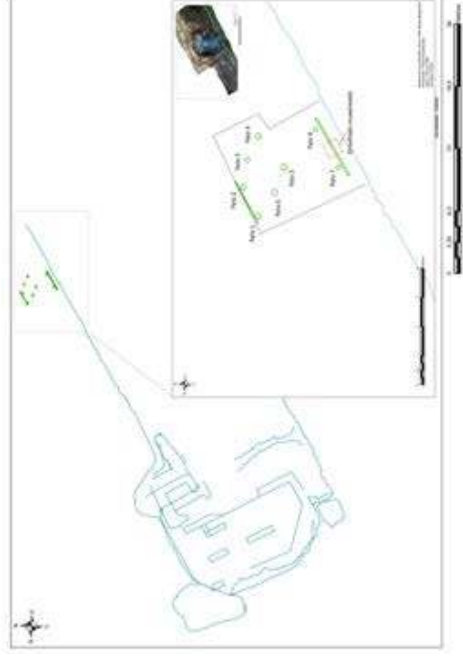


Figura 8. Detalle de la localización de las muestras de madera en el sondeo de 2020.

Descripción de las muestras de la campaña de 2019:

Del conjunto de muestras correspondientes al palo vertical, las muestras 86, 89 y 90 son muestras residuales del proceso extractivo, fragmentos arrancados del tronco. Su estado físico es aceptable, pero sus dimensiones las hacen poco útiles para ser analizadas.

Lo contrario ocurre con las muestras 91 y 92. La primera corresponde a la parte superior del tronco, que se extrajo completamente hidratada y sin signos de afección por ningún tipo de patologías. Dicha muestra permitió la extracción de una sección subcircular de la que se pudieron extraer muestras de alta calidad para su estudio anatómico procedentes del duramen y la médula del tronco. En cuanto a la muestra 92, aún siendo de un tamaño inferior, está constituida por una porción de madera orientada longitudinalmente, con tamaño y características de conservación suficientes para su microanálisis en laboratorio.

Las muestras 87 y 88 se corresponden con pequeñas astillas extraídas de un potencial tablón situado cerca de la base del muelle, de las que tanto el estado de conservación como el tamaño, auguraban un difícil proceso anatómico. No pudiendo verse el conjunto del tablón, es difícil aventurar el estado general del mismo, pero las muestras se deshacían parcialmente y solo pudieron obtenerse porciones pequeñas e irregulares para el intento de análisis microscópico.

La muestra 97 corresponde de *visu* a una pieza circular de corcho, ennegrecida en una de sus partes, e interpretada como un tapón de ánfora con brea impermeabilizadora.

Descripción de las muestras de la campaña de 2020:

El sondeo realizado en la campaña de 2020 permitió la extracción de 10 muestras de madera, ocho correspondientes a postes o palos, y dos correspondientes a los tabloncillos del encofrado de madera, tanto al sur del sondeo (la parte de la caja del encofrado adyacente al muelle) como al norte del mismo (parte exterior de la caja).

Los palos 1 al 4 se extrajeron prácticamente en toda su longitud al ser su consistencia bastante buena. En el caso del palo 5, si bien inicialmente se pudo extraer, su estado de conservación era muy deficiente y su consistencia decayó inmediatamente. De los palos 6 y 7 apenas se pudieron extraer unos fragmentos. Del palo 8, prácticamente deshecho, tan sólo se pudieron extraer unos fragmentos que se deshicieron al simple contacto con las manos de los operarios.

El palo 1 (Figura 9) resultó ser el que se encontraba en mejores condiciones. Con una longitud total de cerca de 2,5 m. y un diámetro medio de 30 cm, mostraba evidencias de haber sido trabajado, previsiblemente en origen, al desbastar la madera durante su aprovechamiento. Se pudo extraer la parte inferior del mismo, en contacto con el suelo, mostrando que había sido tallada en forma de punta y, posteriormente, quemada para endurecerse y poder ser clavada con más facilidad. De esta muestra apenas se extrajo una pequeña porción de su extremo superior para el análisis en laboratorio.

El palo 2 (Figura 10), de cerca de 2,3 m., también mostraba signos de haber sido trabajado, aunque mostraba restos de corteza en parte de su superficie, lo que evidencia que se emplearon pies enteros cortados, *ex-profeso*, para actuar como puntales. Seccionado a mitad de longitud, mostraba a simple vista un claro y nítido anillo poroso.

El palo 3 (Figura 11) permitió extraer una sección de 90 cm. de longitud. Contaba con un duramen bastante consistente de color ocre oscuro que mudaba hacia tonos más claros cerca de la albura.

Del palo 4 (Figura 12), el que mostraba un estado de conservación más aceptable, se pudieron extraer tres secciones consecutivas de 45, 35 y 25 cm. de largo. Se trata de una madera de reacción



Figura 9. Palo 1, con detalle de la punta tallada y carbonizada del mismo.

Figura 10. Palo 2. Obsérvese la punta tallada y la forma general del mismo, arqueada.

Figura 11. Palo 3.

(previsiblemente crecida en una ladera) de una edad total de cerca de 42 años. La parte central, sólida y de un color marrón oscuro, muestra una discontinuidad a los 14 años de vida, tras los cuales, y durante 3 años, aconteció un evento ambiental relevante, en el que se genera una discontinuidad notoria en la madera, con una menor consistencia, que da paso a un periodo de crecimiento normal con madera mucho más blanda y clara.

El palo 5 (Figura 13), como se indicó anteriormente, apenas permitió extraer muestras consolidadas. Su longitud total era de 1,90 metros.

Del palo 6 (Figura 14) se pudieron extraer dos secciones de 45 y 30 cm. La madera se encontraba fuertemente atacada por xilófagos marinos, invertebrados constructores de galerías de sección circular, recubiertas en su interior por conchas de muy reducido grosor. Anatómicamente, se podía observar a simple vista un claro anillo poroso.

Del fragmento 7 (Figura 12) apenas se pudieron extraer unos fragmentos irregulares que presentaban evidencias de estructuras de coníferas en su sección aproximadamente transversal.

En cuanto a los tabloncillos (Figura 15), tanto los del lado sur como los del lado norte, se encontraban muy alterados, sobre todo por el ataque biológico de xilófagos. Se trataba de tabloncillos de unos 24 por 15 cm. de sección, formando una caja bien conformada.

En las figuras 16 y 17, correspondientes a la extracción de las muestras, puede observarse como el nivel freático afectaba al conjunto del yacimiento, y como a pesar de trabajar con una bomba de extracción, la recarga de agua del mismo es continua. La presencia del agua, en ausencia de oxígeno, salvo algunos ejemplares que se han visto más afectados ha contribuido a mantenerlas en un estado bastante aceptable de conservación a través de los siglos.

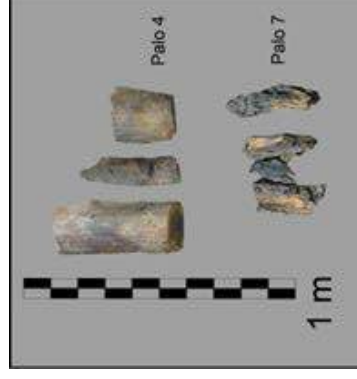


Figura 12. Fragmentos de los palos 4 y 7.



Figura 14. Fragmentos del Palo 6 una vez limpiadas las capas externas en peor estado de conservación.



Figura 15. Tablón sur en el que se observa la acción de los invertibrados xilófagos.



Figura 13. Palo 5. Obsérvase el proceso de deterioro del mismo en su parte inferior; la superior, aunque aparentemente bien conservada, prácticamente se deshacía al contacto.



Figura 16. Apertura de la zona de sondeo. Puede observarse como se encuentra en la parte inferior del muelle, soportando su fundamento.



Figura 17. Poste o palo número 5, localizado con disposición oblicua.

Debe tenerse en cuenta que la madera, aún en medio húmedo, tiene una gran capacidad de absorción de esfuerzos; es más, hinchada por el agua, al aumentar su volumen, mejora su comportamiento mecánico, por lo que, si se mantiene completamente sumergida y no se ve afectada por pudriciones, puede mantener su función durante largos periodos de tiempo.

En todos los casos se procedió a la preparación de muestras para su estudio en laboratorio de la siguiente manera:

Limpieza de barro y lodo.

Eliminación de capas externas con alteraciones, saneando la madera.

Secado progresivo al aire, sin calor, para evitar tensiones fuertes de la madera que puedan deformar la estructura microscópica de la madera.

Mantenimiento de la madera mediante un tratamiento en atmósfera controlada con permetrina durante 15 días, evitando la aparición de ataques con hongos.

Una vez extraídas las muestras y consolidadas, por indicación de la autoridad arqueológica del yacimiento, las muestras fueron depositadas en la base del sondeo y nuevamente cubiertas con el sustrato extraído.

Identificación de especies en laboratorio

Preparación de las muestras para su análisis microscópico

La identificación de las especies vegetales de las que procede la madera se ha realizado a partir del análisis de la estructura microscópica de la madera.

Aunque algunas de las muestras se encontraban en relativo buen estado, se ha procedido a usar dos técnicas alternativas para garantizar la consecución de resultados definitivos. Así, se realizaron **cortes blandos con microtomo de deslizamiento** y **cortes duros con microtomo giratorio**.

La **técnica de cortes blandos** consiste en la identificación de características anatómicas de diagnóstico e identificación de especies en láminas delgadas (entre 15 y 20 micras idealmente) obtenidas en los planos transversal, tangencial y radial de las muestras, con hidratación de las mismas.

Para ello se procede de la siguiente manera:

1. Obtención de una porción de muestra prismática de aproximadamente un centímetro cuadrado de sección y hasta 1,5 a 2 cm. de longitud, buscando un plano aproximadamente transversal.
2. Montaje del prisma así obtenido en el microtomo de deslizamiento, con exposición a cuchilla del plano supuestamente transversal (Figura 18).
3. Obtención de secciones de dicho plano para, con tinción de lugol (solución de yodo molecular y yoduro potásico en agua destilada), identificar si son o no transversales, procediendo a la corrección de la orientación y nueva visualización en un proceso iterativo que permita definir el plano transversal con toda claridad, clave para un proceso exitoso.
4. Identificado el plano transversal, obtención de secciones delgadas en dicho plano e hidratación de estas con agua destilada (Figure 19)
5. Con formón o gubia, obtención de planos aproximadamente radial y tangencial, ambos obtenidos en secciones a 90 grados de la inicial.
6. Trabajo de dichos planos, obtención de láminas y tinción con lugol, y, en su caso, rectificación y obtención de secciones delgadas, hidratándolas.

7. Deshidratación de las muestras mediante lavados sucesivos en alcoholes de graduación creciente (60%, 90% y absoluto)
8. Tinción de las muestras deshidratadas con safranina, dejándolas reposar unos 10 minutos (Figura 20)
9. Lavado de las muestras con Bioclear para eliminar los restos de humedad y tinción y cementado sobre portas empleando Bálsamo de Canadá (Figura 21)



Figura 18. Microtomo de deslizamiento con muestra montada para el corte del plano transversal.



Figure 19. Planos transversales recién cortados, con un grosor de 20 a 30 micras.



Figura 20. Proceso de tinción con safranina.



Figura 21. Montaje de secciones tintadas en portaobjetos para su visualización al microscopio de transmisión.



Figura 22. Inclusión en Alcohol 70% de las muestras en cajetillas que se usarán para realizar posteriormente los cortes en el microtomo.



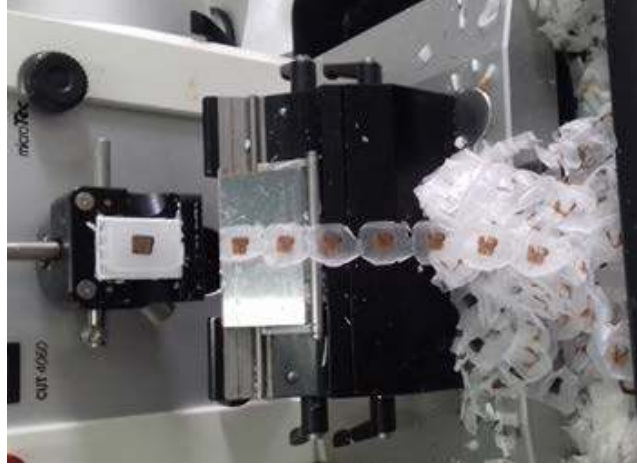
Figura 23. Molde con la muestra en el interior sumergida en parafina que se endurece.

Pasadas 24 h para garantizar el endurecimiento del Bálsamo de Canadá, las muestras están listas para ser visualizadas en microscopio de transmisión. Este procedimiento se llevó a cabo con las muestras recogidas en las dos campañas.

La **técnica de cortes duros** se fundamenta en el mismo concepto que el método que se acaba de describir, aunque con importantes diferencias procedimentales. Esta técnica se desarrolla a través de los siguientes pasos:

1. Cortado en bruto de porciones de cada una de las maderas encontradas para la obtención de pequeñas muestras prismáticas.
2. Inclusión en una mezcla de ETOH 45%, H₂O 45% y Glicerina 10% para ablandar y conservar las muestras obtenidas.
3. Preparación de tres muestras de madera por cada una de las obtenidas, de un tamaño aproximado de 1 X 0.5 X 0.5 mm³. Estas deben corresponder a las tres secciones de la madera (radial, transversal y tangencial). Para comprobar que han sido cortadas adecuadamente, tanto en su correspondencia como en su calidad, se observan con la ayuda de una lupa.
4. Preparación de portaobjetos con albúmina de huevo.
5. Deshidratación de las muestras sumergéndolas en secuencialmente en alcoholes de 70%, 95% y 100% en intervalos de 5 min, y Bioclear durante 10 min (Figura 22)
6. Inclusión de las muestras en parafina derretida habiéndolas, previamente, sumergido durante 30 min en una disolución 50:50 de Bioclear y alcohol.
7. Colocación de las muestras en moldes de acero inoxidable y aplicación de parafina derretida sumergéndolas (Figura 23)

Figura 24. Cortes realizados al microtomo.



Endurecimiento de la parafina durante dos horas aproximadamente.

1. Realización de cortes con el microtomo (Figura 24)
2. Colocación de los cortes en los portaobjetos con albúmina.
3. Tinción de las muestras con safranina.
4. Pegado definitivo de las muestras en los portaobjetos con medio de montaje (Eukitt), dejando secar 24 h.
5. Análisis de éstas al microscopio.

Este procedimiento sólo se realizó en las muestras recogidas en 2020.

Identificación de especies en laboratorio

Todas las muestras analizadas han sido identificadas, al menos, hasta el nivel genérico. Los géneros identificados han sido los siguientes:

Campaña	Muestra	Especie
2019	91	<i>Quercus</i> ¹ sp
2019	87	<i>Pinus</i> sp.
2019	97	<i>Quercus suber</i>
2020	Palo 1	<i>Quercus</i> sp.
2020	Palo 2	<i>Quercus</i> sp.
2020	Palo 3	<i>Quercus</i> sp.
2020	Palo 4	<i>Quercus</i> sp.
2020	Palo 5	<i>Quercus</i> sp.
2020	Palo 6	<i>Quercus</i> sp.
2020	Palo 7	<i>Pinus</i> sp.
2020	Tablón norte (externo)	<i>Pinus</i> sp.
2020	Tablón Sur (interno)	<i>Pinus</i> sp.

Descripción microscópica de las muestras de la campaña de 2019:

- Muestra 91 (por extensión muestras 86, 89, 90, 91 y 92): *Quercus* sp.

En el plano transversal se identifica un anillo poroso a semiporoso con vasos aislados, o en alineaciones cortas, radiales, y con diámetros de hasta 300, pero no superiores, como corresponde a los *Quercus* marcescentes y caducifolios (Figura 25)

En el plano tangencial se observan radios leñosos homogéneos, uni y multiseriados y perforaciones simples (Figura 26).

En el plano radial (Figura 27) se observan perforaciones simples, con radios homogéneos. Las punteaduras entre vasos y radios son alargadas, ovales. Se intuye la presencia de fibras libriformes.

- Muestra 87 (por extensión muestras 87 y 88): *Pinus* sp.

En el plano transversal se identifica con claridad un anillo de crecimiento. Se trata de una madera sin vaso, pero con canales resiníferos fisiológicos de células epiteliales delgadas, desgarradas.



Figura 25. Plano transversal. Vasos aislados en anillo poroso.

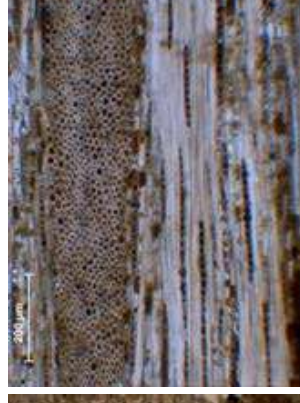


Figura 26. Plano tangencial. Radios uni y multiseriados.

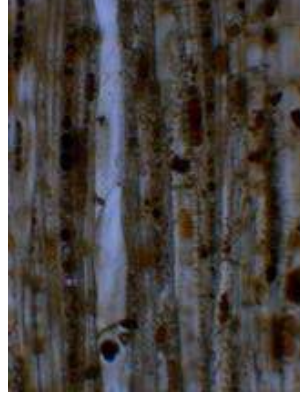


Figura 27. Plano radial. Perforaciones simples.

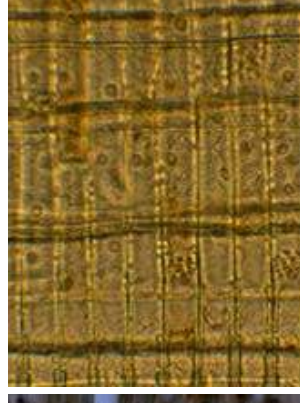


Figura 28. Plano radial. Punteaduras areoladas y aparente ausencia de dientes.

En el plano tangencial se observan radios leñosos uniseriados de una altura inferior a 10 células.

En este género, el principal elemento de diagnóstico lo constituyen las estructuras del plano radial (Figura 28), que se observan con muy poca nitidez, salvo el caso de las punteaduras areoladas en filas uniseriadas, por lo que se concluye con la asignación exclusivamente genérica.

- Muestra 97: *Quercus suber*

Se trata de una muestra de corcho reconocible de visu, ligeramente trabajado, no sólo en cuanto al contorno, sino en el alisado de ambas caras, una de ellas con restos de una sustancia negra, previsiblemente brea.

Descripción microscópica de las muestras de la campaña de 2020:

- Muestra Palo 6 (por extensión 1, 2, 3, 4, 5 y 6): *Quercus* sp.

Presencia de elementos de vaso de gran tamaño en pequeños grupos o incluso en solitario, muchos de ellos divididos en dos y hasta en 3 partes, como es característico en este género (Figura 29)

En el plano tangencial (Figura 30) se observan radios leñosos homogéneos, uni y multiseriados.

¹ En función de las características observadas, se trataría de un *Quercus* frío, caducifolio, del grupo de *Q. robur*, *Q. petraea*, o *Q. pubescens*, indistinguibles entre sí microscópicamente (Schoch et al., 2004)

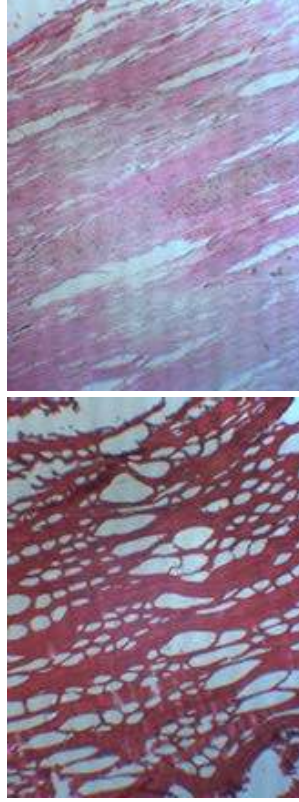


Figura 29. Corte transversal del Palo 6. Se observan elementos de vaso divididos.

Figura 30. Corte tangencial del Palo 3. Se observa un radio multiseriado.

Figura 31. Corte transversal correspondiente al Tablón Norte.

Figura 32. Corte tangencial del Tablón Norte. Se observan estructuras espiraladas en las traqueidas.

En el plano radial se observan perforaciones simples, con radios homogéneos. Las punteaduras entre vasos y radios son alargadas, ovales.

- Muestra Tablón Norte (por extensión Tablón Sur y Palo 7): *Pinus* sp.

En el plano transversal (Figura 31) son fácilmente identificables diversos anillos de crecimiento, los cuales mostraban una transición gradual entre la madera de otoño e invierno. En esta no son observables elementos de vaso, pero sí canales resiníferos fisiológicos de células epiteliales delgadas, desgarradas.

En el plano tangencial (Figura 32) se observan radios leñosos uniseriados de una altura inferior a 10 células. Además, se observa lo que aparentemente se trata de estructuras espiraladas en las traqueidas, las cuales podrían resultar un factor que ayude a confirmar la especie en futuros estudios.

Como ya se ha indicado previamente, en este género el principal elemento de diagnóstico lo constituyen las estructuras del plano radial (Figura 33). Se observan punteaduras areoladas, generalmente biseriadas en un número de cuatro, y con ligera presencia de dientes, por lo que se concluye nuevamente con la asignación exclusivamente genérica.

Ante la posibilidad de que las maderas correspondientes al género *Pinus* pudieran provenir del norte o centro de Europa, como se ha constatado en otros casos (Bernabei, 2019), en el análisis se



Figura 33. Corte radial correspondiente al Tablón Norte. Señaladas las punteaduras areoladas.

ha contemplado la posibilidad de identificar especies de dichas latitudes y no solo de un entorno mediterráneo. Así, se consideraron las opciones de identificar de *Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. mugo*, *P. cembra* y *P. strobus*. Con todo, rápidamente se descartaron al poseer todas ellas punteaduras de ventana en los campos de cruce, a diferencia de las areoladas que se observan en las muestras.

De esta forma, solo han sido consideradas un pequeño grupo de las especies género, las cuales presentan estas características: *Pinus pinea*, *P. halepensis* y *P. pinaster*; siendo todas estas autóctonas de las riberas mediterráneas y, en concreto, de la Península Itálica.

De entre estas, la forma de los dientes bien marcados y agudos en las traqueidas de los radios leñosos descartan al *P. pinaster* como posible especie, dejando como únicas posibles entre las especies consideradas a *P. halepensis* o *P. pinea*. Sin embargo, resulta difícil realizar una determinación precisa entre estos dos taxones. Además, la existencia de otras coníferas con características similares como *Picea abies*, con punteaduras lenticulares y estructuras espiraladas en las traqueidas como las observadas, obliga a la prudencia la identificación y esperar a estudios más profundos.

Análisis cronológico

Con objeto de conocer la cronología exacta del proceso constructivo del muelle, se procedió a realizar un análisis de la edad de las muestras, en parte de las extraídas en la campaña de 2020, encontradas *in situ* y completamente contextualizadas.

El resultado de las dataciones fue el siguiente:

Muestra	Edad
Palo 3	118-244 AD
Palo 4	116-239 AD
Palo 7	76-232 AD
Tablón externo	213-361 AD

Las muestras empleadas en el análisis se tomaron de las capas exteriores de los troncos, eliminando previamente las partes más alteradas, de tal forma que la datación (con su intervalo de error) correspondería aproximadamente al momento de la corta de los árboles. Habida cuenta que en todos los palos se identificó una edad del árbol no inferior a los 50 años, se concluye que:

- Los árboles nacieron en un intervalo, cuyo límite inferior se retrotraería unos 50 años, es decir, durante el siglo I AD en el caso de los palos, y en pleno siglo II en el caso del tablón más externo
- La construcción del encofrado tendría como fecha más temprana posible la inferior común a todos los palos, es decir, no antes del 118 AD aproximadamente.
- El tablón externo, aunque de una cronología aparentemente posterior, comparte un intervalo cronológico de coincidencia con el resto de las muestras (213-232), lo que permitiría concluir una acción constructiva única.

Con objeto de profundizar en la datación de las muestras, y al mismo tiempo contextualizarlas geográficamente y arrojar luz sobre su origen, se intentó realizar un análisis dendrocronológico de las mismas que, a fecha, no ha arrojado resultados. Queda abierta la posibilidad de que en un futuro las muestras puedan correlacionarse con series dendrocronológicas europeas de época imperial, permitiendo establecer un origen geográfico de las mismas.

Características estructurales de las maderas, y uso de las mismas

Sobre el uso de la madera desde la perspectiva de su conservación

La durabilidad de la madera en infraestructuras del tipo del muelle o similares, en contacto con el agua, siempre ha sido problemática (González y Vilchez, 2009)

Entre los factores más habituales de afectación, además del fuego (derivado del uso humano) que provocaba daños estructurales bastante comunes, son los hongos los principales causantes de graves daños, especialmente en las maderas que se encontraban en la zona de influencia de las mareas y el oleaje; es decir, en aquellas partes de la estructura que se secaban y mojaban alternativamente. Para combatirlos, uno de los métodos más usados era la utilización de maderas de alta densidad, debido a que por la menor porosidad y mayor dureza dificultaban la entrada del hongo. En cambio, estas maderas conllevaban el inconveniente de dificultar el uso de productos absorbibles como tratamiento. No cabe duda de que los ingenieros de la época conocieron y tuvieron que lidiar con estos agentes; en cualquier caso, en las muestras recogidas no se observaban daños causados por los mencionados problemas: no había constancia de podredumbres ni de partes carbonizadas más allá de la punta del palo 1, que se interpreta como un acto voluntario para su endurecimiento antes de su clavado sobre el lecho.

Sin embargo, algunas muestras (especialmente uno de los tablones) se encontraban en muy mal estado de conservación general, faltas de consistencia. Tras la inspección ocular inicial, *in situ*, se verificó que la madera, a pesar de tener un aspecto saludable, estaba prácticamente hueca en su interior. Multitud de galerías habían sido horadadas por algún invertebrado que incluso había dejado restos de caparazón en el interior de estas. Aunque no fue posible recuperar muestras del mismo, con gran probabilidad debía tratarse de la especie *Teredo navalis*, un lamelibranquio bivalvo que crece en el interior de las galerías, adquiriendo en el estado adulto el aspecto de un largo gusano de hasta un metro.

Los ataques de *Teredo* en embarcaderos de madera están suficientemente descritos por la bibliografía científica desde hace muchos años. Diversas experiencias para la minimización de daños han concluido siempre en que la mejor estrategia para combatirlos es el empleo de especies de maderas resistentes⁷.

Ciertas especies tropicales, como la teca (*Tectona grandis*), o australianas, como las del género *Eucalyptus* (Jiménez Salas y Justo Alpañés, 1981), ofrecen una gran resistencia ante el ataque de *Teredo* y otros invertebrados, dando grandes resultados en estas zonas. Sin embargo, en Europa, las maderas poseen una resistencia mucho menor, siendo la más destacada en este aspecto la madera de roble (*Quercus sp.*), lo que explicaría el interés de la administración romana en procurar madera de dicho género para este tipo de construcciones, asegurando rutas de abastecimiento, aunque

⁷ Paton (1849) realizó una descripción detallada de los ataques de *Teredo* a los embarcaderos de madera. Experimentó varios métodos (de potencial uso en la antigüedad) para intentar combatir a este bivalvo tales como la aplicación de brea, quena de la madera, saturación con aceites, aplicación de sulfatos de hierro, cloruro de zinc, etc... Llegando a la conclusión de que ninguno de estos servía ni para ahuyentar a estos invertebrados, ni para dañarlos. Se consideró que podía deberse a dos causas: o bien que algún agente abiótico o biótico anulara el tratamiento, o bien que *Teredo* ofreciera una gran resistencia a estos. Tras realizar un estudio comparando las dos hipótesis, se comprobó que la velocidad de ataque entre las maderas tratadas y las utilizadas en su estado natural no mostraba ninguna diferencia. *Teredo* afecta prácticamente de igual forma en ambos casos, lo cual denota la gran resistencia de estos invertebrados y la difícil tarea que constituiría para los ingenieros romanos combatirlos. El único factor que ha demostrado tener influencia en retrasar la aparición de invertebrado es la resistencia natural de la madera, variable entre distintas especies.

implicasen importantes esfuerzos logísticos. La mayor resistencia del roble no impediría su ataque por *Teredo* siendo previsible la labor de mantenimiento periódica en las estructuras expuestas a los cambios mareales para evitar su colapso, aumentando así la vida útil de los puertos. Si bien el encofrado interior del muelle estaría salvaguardado de una exposición variable a la humedad, esto no evitaría, como se ha demostrado, el ataque de *Teredo*.

En cuanto a la madera de pino, mucho más blanda, tendría una resistencia muy baja a estos ataques tal y como se puede observar en las muestras encontradas. En estas, los tablones están extremadamente más afectados que los palos. Ante esto, surge la duda de por qué se utilizaba esta madera y no se hizo la estructura completa de roble. O por qué uno de los palos se trata de pino a diferencia del resto.

La explicación más lógica para esta situación es de índole logística: la disponibilidad de madera suficiente, proveniente de grandes distancias, que obligaría a utilizarla en las partes más sensibles del encofrado, como son los soportes, dejando las partes secundarias y más fáciles de reemplazar a otro tipo de maderas, con la esperanza de que, al estar el conjunto recubierto de la matriz de obra, el ataque de *Teredo* tardaría en todo caso más tiempo en producirse.

El empleo de pinos de ambiente térmico, potencialmente de origen más cercano al yacimiento, implicaría un esfuerzo productivo complementario con objeto de atender las necesidades extraordinarias que supondría una obra de tal magnitud.

Características de la madera de los *Quercus caducifolios*

Las maderas identificadas como *Quercus* se corresponden con un conjunto de especies del género indistinguibles anatómicamente, formado por el roble común (*Quercus robur*), el roble albar (*Quercus pedunculata*) y el roble pubescente (*Quercus pubescens-humilis*)

El roble común tiene una amplísima distribución en Europa, faltando en las zonas más meridionales. Es el árbol más representativo del género en la mayor parte de los países de Europa central y oriental. El nombre específico, *robur*, era el apelativo latino a los robles en general, siendo por tanto la especie representativa de este grupo de árboles. Es una madera con una gran resistencia a la putrefacción en ambientes húmedos.

El roble albar tiene una distribución prácticamente idéntica a la del roble común, con el que se suele confundir. En similares condiciones ecológicas, suele ser de fuste más alto y estrecho que el anterior, especialmente en masas densas.

En cuanto al roble pubescente, aún siendo similar a los anteriores en características anatómicas, presenta algunas diferencias notables; así su hoja no es completamente caduca, existiendo casos de marcescencia en función de situación ecológica; por otro lado, su hábitat es menos norteño y se aventura más hacia el sur en Europa. Es un árbol de menor talla y potencia de fuste, con tendencia a ser arbutivo. La afinidad con los anteriores se manifiesta, especialmente, en su gran capacidad de hibridación con los anteriores.

De las características anteriores, tanto de conformación de fuste, uso de la madera en ambiente húmedo, y distribución de la misma, se puede aventurar la posibilidad de que las muestras encontradas en el muelle se correspondan con roble común o roble albar.

Se trata de una madera densa y pesada, dura, impermeable, con gran resistencia al ataque de agentes biológicos, de fibra recta, fácil de trabajar y buena resistencia tanto a la comprensión, como al pandeo.

Características de la madera de los Pinus

La madera de los pinos es una madera de gran tradición en la construcción, derivada de la gran amplitud ecológica del género, que le permite tener representantes en prácticamente todo tipo de regiones, desde las dunas costeras mediterráneas (pino piñonero) hasta las altas montañas europeas (pinos silvestre o negro).

En general, la madera de pino es una madera fácil de trabajar, con fustes alargados, y que en condiciones óptimas y según especies, da portes de gran tamaño aptos para la producción de tablas. Presenta diferencias de dureza según las especies, pero comparten todas la flexibilidad y una buena capacidad para resistir esfuerzos. Siendo de menor densidad que la madera de los robles es más vulnerable a los ataques de hongos.

Implicaciones comerciales

De las características de las maderas identificadas en el yacimiento de Portus, su cronología, características estructurales, y de las características biogeográficas de los posibles taxa identificados, se pueden extraer algunas consideraciones de tipo comercial.

Así, cabe suponer que los puntales de roble corresponderían al roble común (*Quercus robur*) o, menos posiblemente, al albar (*Quercus pubescens*). Estas especies, de altísimo interés cultural, es previsible hubieran desaparecido en porte arbóreo de gran parte de la península itálica durante época imperial, siendo muy probable su importación de las provincias más norteñas del imperio, donde existirían grandes masas boscosas, con abundante regeneración y facilidad de transporte a través del entramado logístico del imperio. El caso comprobado de la importación a través del propio Portus de madera de roble procedente de las montañas del Jura (Bernabei, 2019), en una cronología anterior, soportaría esta consideración.

En relación a los Pinus, la valoración es más compleja. Los pinos de ámbito frío podrían encontrarse en la península itálica en zonas de gran altitud, sin embargo, de nuevo en las provincias norteñas, sería posible encontrar las mismas especies, con mayores dimensiones y mayor facilidad extractiva, en zonas menos elevadas y quizás más llanas, existiendo también precedentes documentados para ello, por lo que nos decantamos por la importación en caso de tratarse de dichas especies.

En el caso de tratarse de un pino de carácter térmico (y en este caso, la especie más probable parece ser el *Pinus halepensis*), el origen del mismo sería claramente circummediterráneo. En efecto, el pino de Alepo, o pino carrasco, se encuentra en casi todos los países ribereños del mediterráneo, llegando a formar masas densas, monoespecíficas con ejemplares de gran porte y tamaño (en España, por ejemplo, en Sierra Espuña). Si bien la madera de los pinos fríos, tradicionalmente, es de mejor comportamiento mecánico que la de los pinos térmicos, cabe la posibilidad de que se utilizara el pino carrasco, de peor calidad, por ser más accesible, y atendiendo a la alta necesidad de madera de la obra. Lo mismo cabe decir del *Pinus pinea*, el pino piñonero, tremendamente abundante en el ámbito mediterráneo, aunque en este caso en zonas de llanura incluso para grandes dimensiones, pero posiblemente sobreexplotado en estos momentos de la historia itálica.

Mención aparte requiere la posibilidad de que la madera de conífera fuera de *Picea abies* que implicaría, indefectiblemente, actividad importadora de provincias montañosas de centro y norte de Europa.

Conclusión

Del estudio anatómico de las maderas localizadas en el yacimiento de Portus, se puede concluir lo siguiente:

- El empleo de robles de zonas frías para la sujeción del entramado externo e interno del encofrado de la zapata que da soporte al muelle en Portus. Se trata de especies resistentes a los agentes biológicos y no biológicos que alteran la madera, y de características físicas (longitud, grosor) y mecánicas adecuadas para dicha función.
- El empleo de maderas blandas, posiblemente pinos de zonas de mayor termicidad, para el cierre de la caja del encofrado mediante tablonés. El uso de estas maderas, adecuada por sus características mecánicas, pero no idóneas en ambientes húmedos expuestos, puede explicarse por la necesidad de utilizar cualquier tipo de especie ante la elevada demanda de madera por la obra en curso, de tal forma que se reservaría la madera de mayor calidad para la sujeción vertical.

Los estudios arqueológicos sobre el proceso constructivo del muelle (secuencia entre el cuerpo central y la zapata), así como futuros análisis dendrocronológicos, permitirán aportar luz definitiva sobre la procedencia de las muestras.

Bibliografía

- Asensi, M.V. 2000. *La madera en el antiguo Egipto. Identificaciones y Comercio*. Tesis Doctoral, Universidad de Alicante.
- Bernabei, M. et al. 2019. Dendrochronological evidence for long-distance timber trading in the Roman Empire. *Plos One* 14 (2): e0224077. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224077>
- Blázquez, J.M. 1980. "La exportación del aceite hispano en el Imperio romano. Estado de la cuestión". J.M. Blázquez (coord.), *Producción y comercio del aceite en la antigüedad*. Primer Congreso Internacional, Madrid, 19-46.
- Blázquez, J.M. 1991. "Excavaciones españolas en el Monte Testaccio. Nuevos Datos". *Revista de Arqueología* 120, abril, 50-54.
- Campbell, P. 2017. New underwater discoveries in Greece reveal ancient Roman engineering. *The Guardian* (Dec, 14, 2017)
- De Velasco, C. G. G., Vñichez, M. G. 2009. "La problemática de la construcción y conservación de los embarcaderos de madera en el siglo XIX". *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*: Valencia, Instituto Juan de Herrera. 21-24 de octubre de 2009. 675-682
- Fernández, P. 2017. "Productos de la Hispania romana: miel y púrpura". *Gerión* 35, 925-943.
- García, L.; Guindeo, A.; Peraza, C.; Palacios, P. De 2003. *La madera y su anatomía*. Ed.Mundi Prensa, Madrid.
- Garnier, N., Silvino, T., Bernal-Casasola, D. 2011. "L'identification du contenu des amphores: huile, conserves de poissons et poisson". *Actes du Congrès d'Artes, SFECAg*, 397-416.
- Gutiérrez, E. 2009. "La dendrocronología: métodos y aplicaciones". *Arqueología náutica mediterránea*, X. Nieto i M.A. Cau (ed.). *Monografías del CASC*, 309-322.
- Jimenez, J.A., Justo, J. L. 1981. *Geotecnia y Cimientos*. Madrid.
- Martínez, J.; Petit, M.D. 1998. "La pez y la impermeabilización de envases anfóricos romanos. Estudio analítico de una muestra e interpretaciones histórico-económicas". *Aespa*, 71: 265-274.
- Pascual, R. 1968. "Algunos aspectos del comercio antiguo según las ánforas". *Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, nº 5, 67-79.
- Paton, J. 1849. «Description of the pier head of the old pier of Southend, and of the recent extension of the structure; with an inquiry into the nature and ravages of the Teredo Navalis, and the means hitherto for preventing its attacks. Institution of Civil Engineers». *Minutes of Proceedings*. Vol. IX. Londres.
- Pons, L.I. 2000. "La economía de la *Mauretania Tingitana* y su relación con la *Baetica* del alto imperio". *Actas del Congreso "L'Africa Romana"* vol.2., Djerba, 10-13 diciembre 1998, 1251-1289.
- Nash, S.E. 2002. "Archaeological tree-ring dating at the millennium". *Journal of Archaeological Research*, Vol 10 (3), pp 243-274
- O'Kelly, J. 2017. Alfares onubenses: producción y comercio cerámico en el occidente de la *Baetica*. Tesis doctoral inédita. Volumen I. Universidad de Huelva, Huelva.
- Pascual, R. 1962. "Un pecio romano en "Les Negres" (Bagur, Gerona)". *Ampurias* XXX, 239-241.

Sáez, A.M., González, H., Higuera-Milena, A. 2016. "Una aportación al estudio del comercio marítimo antiguo gaditano a partir de un conjunto de ánforas halladas en aguas del área de La Caleta (Cádiz)". *Onoba. Revista de arqueología y prehistoria*, 4, 69-103.

Schoch, W., Heller, I., Schweingruber, F. H., Kienast, F. 2004. *Wood anatomy of central European Species*. Online version: www.woodanatomy.ch

Veal, R. 2012. "From context to economy: charcoal as an archaeological interpretative tool. A case study from Pompeii (3rd c. B.C.-A.D. 79)". *Journal of Roman Archaeology*, 91: 19-51.

Woodworth, M., Bernal, D., Garnier, N., Pecci, A. 2015. "The content of African Keay25 (Africana 3 Amphorae: Initial results of the CORONAM project)". *Archaeoanalytics. Chromatography and DNA analysis in archaeology*, 41-57.

11.

Arqueología en *Portus*, el muelle este-oeste: una propuesta de investigación futura

J. Bermejo¹, J. M. Campos¹, R. Sebastiani²

¹ Centro de Investigación en Patrimonio Histórico, Cultural y Natural. Universidad de Huelva

² Soprintendenza Speciale Archeologia Belle Arti e Paesaggio di Roma

Resumen

El desarrollo del proyecto DEATLANTIR, en su ámbito de acción italiana, ha permitido el inicio y desarrollo de estudios en el área de *Portus Augusti*, inserto en el Parque Arqueológico de *Ostia Antica*. En este contexto, como objeto de estudio particular, se ha desarrollado un proyecto específico, iniciado en 2017 y actualmente en vigor, sobre uno de los muelles internos del puerto. Este, denominado por la historiografía como *della lanterna* o *lanterna*, presenta un desarrollo este-oeste y una amplia diacronía, con un cierto debate relativo a la fecha de su construcción al que ahora vienen a aportar nuestras investigaciones, hasta su abandono en el s. VI. Las consideraciones finales a su estudio, con un nutrido conjunto de datos y resultados, han posibilitado un destacado conocimiento a día de hoy, que permite el planteamiento de una nueva fase proyectual con una especial atención en la dinámica de *Portus* en su tránsito del Alto Imperio al período Tardo Antiguo.

Palabras clave

muelle; dársena; puerto; *Portus Augusti*; *Ostia Antica*

Abstract

The development of the DEATLANTIR project, in its Italian research scope, has allowed the initiation and development of studies in the archaeological site of *Portus Augusti*, in the Parco Archeologico di *Ostia Antica*. In this context, as an object of particular study, a specific project has been developed, starting in 2017 and currently ongoing, on one of the internal docks of the port. This, known in historiography as "della lanterna", presents an east-west development and a wide diachrony, with a certain debate regarding the date of its construction to which our research now contributes, and its abandonment in the 6th century. The final considerations for its study, with a large set of data and results, have enabled an outstanding knowledge to date, which allows the approach of a new project phase with special attention to the dynamics of *Portus* in its transition from the High Empire to Late Antiquity.

Keywords

dock; port; *Portus Augusti*; *Ostia Antica*

El proyecto DEATLANTIR y su proyección italiana, hacia una nueva fase de estudio.

A lo largo de la última década, desde la Universidad de Huelva, se ha venido desarrollando la línea de investigación de los puertos en la Antigüedad, siendo numerosas las aportaciones científicas al fenómeno. En este contexto, la puesta en marcha de diversos marcos proyectuales, bajo el acrónimo DEATLANTIR (HAR2014-58326-P; II HAR2017-89154-P; UHU-1260298), han consolidado una importante línea de estudio relativa a los puertos y sistemas portuarios en época clásica en el Mediterráneo Occidental (Campos y Bermejo, 2017 Eds.), que tiene en los puertos imperiales de Roma (*Portus*) uno de sus mejores y mayores exponentes. Si bien es cierto, este enclave a suscitado en las últimas décadas un especial interés científico que ha cristalizado en importantes publicaciones por parte de distintos grupos de investigación pertenecientes a diversas Universidades y Centros de investigación europeos (Keay et al. 2005; Keay y Paroli, 2011; Keay 2012 ed; Bukowiecki et al. 2018; Bukowiecki y Mimmo 2021), son numerosos los aspectos aún por tratar y atender en el amplio complejo portuario. En este panorama científico es donde se produce el inicio de los trabajos de la Onubense en el área arqueológica de *Portus*. Los resultados del proyecto

han permitido profundizar en determinadas cuestiones históricas, elementos y ambientes de este puerto que, tradicionalmente, habían pasado desapercibidos en favor de otros más monumentales o más significativos. Por tanto, dicha investigación se singulariza en el marco del sitio, de lo que ha posibilitado un alto aprovechamiento y avance en el conocimiento.

Gracias a esta primera experiencia y sus variadas aportaciones, se amplían las miras científicas al tratamiento y resolución de nuevas premisas de investigación que, al partir del muelle este-oeste, pueden hacerse extensibles al resto de *Portus*. Entre otros, cómo funcionaron los sistemas de señalización -*lanternae* interiores-, elementos e infraestructuras de atraque -muelles-, poblamiento y necrópolis, desarrollo tardo antiguo, etc. En síntesis, la evolución y mutación del área portuaria de época imperial hacia el núcleo episcopal portuario de época tardía y alto medieval, una problemática histórica-arqueológica que requiere de un estudio pormenorizado. La aproximación y desarrollo científico en esta nueva etapa, deberá abordarse, como en anteriores experiencias, desde una metodología inter y multidisciplinar al contar en el equipo con especialistas de diversos campos de las Humanidades (arqueólogos, filólogos, antropólogos,...) y las Ciencias Experimentales (geólogos, paleobotánicos, paleontólogos,...), adscritos a distintas Universidades y Centros de Investigación tanto nacionales como extranjeros, que vienen colaborando estrechamente en el estudio de esta línea en distintos marcos proyectuales anteriores. Conjuntamente con ello, esta propuesta futura deberá aspirar a obtener una marcada proyección internacional dado que buena parte de la ejecución del mismo se realiza en Italia y cuenta, además, con la participación activa de distintas instituciones italianas (*Parco Archeologico di Ostia Antica*, *Soprintendenza Speciale per il Colosseo, il Museo Nazionale Romano e l'Area Archeologica di Ostia Antica*, *Museo delle nave romane di Fiumicino*). Finalmente, deberá contar con una cuidada programación de conservación y socialización, ámbito de colaboración conjunto con el Parco, para ello se abordará la conservación preventiva de los distintos elementos y ambientes susceptibles de estudio, su difusión al gran público con la elaboración de contenidos de alta divulgación científica que reviertan en nuevos puntos visibles del área arqueológica.

Antecedentes del proyecto

El desarrollo de estos marcos proyectuales¹ ha sido de especial importancia para comprender el complejo sistema portuario de *Portus*, sus particularidades geomorfológicas, así como su interesante diacronía. Conjuntamente ha posibilitado asentar unas intensas y sólidas relaciones científicas e institucionales entre la Universidad de Huelva y las distintas entidades participantes italianas, que ha llevado -entre otras cuestiones- al planteamiento y desarrollo actual de dos tesis doctorales sobre distintas líneas y elementos de *Portus* en estrecha colaboración con los investigadores del Parco Archeologico. Estos condicionantes permiten continuar con nuestra investigación, centrada en la continuidad del muelle este-oeste, así como en diversas zonas de *Portus* con líneas temáticas aun poco desarrolladas o desconocidas. En la base de nuestra investigación reside la significación de este complejo portuario en su evolución desde el florecimiento y auge imperial hasta su ocaso en momentos altomedievales. Para ello la nueva fase de estudio deberá contar, como hasta ahora, con un equipo de investigación y colaboradores altamente competitivos y especialistas en diversas temáticas, habida cuenta de la transdisciplinariedad del mismo y la proyección internacional que pretende; arqueólogos, filólogos clásicos, epigrafistas, geomorfológicos, paleontólogos, etc. ya que se plantean cubrir diversas líneas. Este elenco de investigadores, casi todos ligados a las investigaciones del Grupo de Investigación del área de Arqueología en los proyectos antes citados y procedentes de universidades de España (Universidades de Huelva, Sevilla, Cádiz y Córdoba), así

¹ Programa del Plan Nacional de I+D+i "Del Atlántico al Tirreno, los puertos atlánticos béticos y lusitanos y su relación comercial con Ostia Antica" (DEATLANTR I HAR2014-52665-P y II HAR2017-89154-P); programa de Arqueología en el Exterior del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, "Del Atlántico al Tirreno (DEATLANTR): Investigaciones en las infraestructuras de *Portus-Ostia Antica*, el muelle de la *Lanterna*"; Programa del Campus de Excelencia CEIMAR, "Del Atlántico al Tirreno: arqueología subacuática y portuaria en el Golfo de Cádiz y *Portus*, Roma (DEATLANTR_CEH-CO2.1)"; Plan Operativo FEDER Andalucía 2017-2020 "Análisis geoarqueológico y paleoambiental en puertos y distritos marítimos atlántico-mediterráneos: el arco atlántico del suroeste hispano (Onoba, Huelva) y la desembocadura del Tíber (*Portus*, Roma) (UHU-1260298)

como centros de investigación de Italia, (*Soprintendenza Speciale per il Colosseo, il Museo Nazionale Romano e l'Area Archeologica di Ostia Antica*; *Museo delle nave romane di Fiumicino*), garantizan el acceso a la información existente sobre *Portus* y su área inmediata.

Hipótesis de trabajo

Las investigaciones que a lo largo de los últimos años y especialmente en el marco del proyecto DEATLANTR en sus ambas fases y de manera preferente aquellas centradas en *Portus* y sus muelles (entre otros, Campos y Bermejo, 2017 Ed.; 2021 Eds.) suponen el punto de partida de nuestra hipótesis para proseguir la investigación de esta temática en el enclave portuario romano. Esto es, es preciso señalar que a día de hoy se cuentan con estudios que han permitido situar a *Portus* como uno de los centros portuarios más importantes del mundo antiguo, no obstante, y debido a la extensión, significación y complejidad del mismo, no se cuentan con investigaciones específicas para diversos aspectos, ambientes, elementos, así como, períodos históricos más destacados, caso de la tardoantigüedad en el contexto de su transformación a ciudad. En línea con esta última idea es muy poco lo que a día de hoy se conoce de *Portus* en el tránsito hacia la tardoantigüedad y los siglos altomedievales. Sin duda en el proceso se producirá un traslado, una *mutatio*, de las funciones portuarias hacia el *canale trasverso* y la *fossa traiana*, germen del área nuclear tardía que aglutinará las funciones habitacionales, artesanales y portuarias. Este tránsito, supone a día de hoy un preciso objeto de estudio y análisis, el circuito de navegación interno para estos momentos permanece aún con importantes lagunas y detalles poco conocidos, ya que sus infraestructuras o muelles presentan un importante incógnitas. Así, destaca el muelle este-oeste, denominado de la *lanterna*, el cual pese a haber experimentado un significativo avance en su conocimiento (Bermejo et al. 2021 a, b, y c; e-p a y b; Muñoz et al., 2021; Marin et al., 2021), apenas se ha podido conocer y estudiar la parte más avanzada del mismo y revela todavía cierta actividad en momentos del VI d.C. En la misma dinámica se muestra el muelle norte-sur, del que se ha establecido una hipótesis constructiva, pero sin datos de excavación, lo que debe ser tomada con todas las reservas (Bukowieck y Mimmo, 2021).

Un menor conocimiento muestra el área del denominado episcopio, zona nuclear del área portuaria tardoantigua y altomedieval. La conexión del antiguo complejo portuario con la denominada *fossa traiana* parece que jugó en favor del establecimiento de este espacio como zona nuclear; con la progresiva colmatación de las antiguas dársenas de Claudio y Trajano esta *fossa* de comunicación, la cual conectaba el Tíber con *Portus* y a su vez con el Tirreno, se perfiló como la única arteria viable para los siglos posteriores. Dicho espacio supondrá el germen de la ocupación Alto Medieval, heredera del poblamiento tardo antiguo de *Portus* una vez que se convierte en ciudad. Llegados a este punto, es aquí donde se encuentra el punto de arranque o partida de nuestra hipótesis, el análisis del tránsito de este espacio de *Portus* en su evolución desde época imperial hasta el altomedievo, un proceso escasamente estudiado y que encuentra en el importante volumen de datos generado a raíz de las últimas excavaciones (D'Ammasa et al. 2018; D'Ammasa, 2021), una fuente de estudio fundamental. Conjuntamente, la dotación de murallas en Porto, ya a partir de Constantino, o el estudio de sus necrópolis tanto desde un punto de vista antropológico como ritual suponen ámbitos de estudio que merecen ser atendidos a raíz de las últimas investigaciones. El tratamiento de estos elementos, a través de análisis paramentales, documentación fotogramétrica y geofísica, análisis de muestras óseas, faunísticas, entre otras actividades, debe venir acompañado de estudios geomorfológicos a nivel microespacial que permitan contextualizar particularidades de estos objetos de estudio, especialmente en el área del *canale* en su unión con la antigua *fossa traiana*, intersección hoy día colmatada, y vengán a sumarse al conocimiento general alcanzado relativo a la geoarqueología del sitio: caso de dragados en sus márgenes, pervivencia de canales en época altomedieval, etc. Esto individualiza nuestra investigación, dado que, aunque se tiene un conocimiento global desde el punto de vista geomorfológico del complejo portuario, son pocos los detalles a nivel microespacial, centrados en elementos específicos como podría ser el caso de sus muelles. De tal forma, en este análisis geoarqueológico, los datos aportados por el estudio de la microfona permitirán, profundizar en la evolución de la rada portuaria, esto es, en su progresiva colmatación y cegamiento en momentos tardíos/altomedievales con especial interés

en el denominado *canale drenato*, un pequeño cauce mantenido hasta ese periodo mediante tareas de drenaje del cual no se conoce ningún dato a día de hoy y ningún equipo de investigación, pasado y presente, ha prestado atención. Del mismo modo y asociado a estos análisis se debe abordar el estudio del paleopaisaje a través de muestras antracológicas, carpológicas y palinológicas, las últimas investigaciones al respecto permiten establecer interesantes hipótesis relativas a productos trasegados en su dársena, caso del grano y plagas asociadas, semillas de *vitis*, etc. (Marín et al., 2021).

El desarrollo de esta futura fase de trabajo se realizará sobre una base metodológica integral en la que se analizará un importante volumen de datos arqueológicos, geológicos, paleontológicos, botánicos, etc. en un firme diálogo entre las Humanidades y las Ciencias Experimentales. Este análisis permitirá entretener un discurso histórico renovado, con nuevas aportaciones para uno de los complejos portuarios más importantes de la antigüedad, dado que existen las premisas de partida necesarias para profundizar en cuestiones sobre cómo era la planta del puerto, cómo se diseñaron y evolucionaron sus muelles, el proceso de tránsito en época tardía, la reconstrucción diacrónica de su paisaje, mantenimiento de navegabilidad, etc. En síntesis, a través del desarrollo de diversas líneas temáticas (arqueología, geología, paleontología, paleobotánica, antropología física, etc.), se podrá precisar y definir el fenómeno de mutación y traslación que se opera en las actividades de *Portus* desde las dársenas de Claudio y Trajano, en momentos Alto y Medio Imperiales, hacia el área de la *fossa traiana* y el centro del episcopio en momentos tardíos y posteriores. Este trasunto se encuentra hoy día mal conocido, un proceso y periodo al que la investigación ha dedicado poca atención y sin el cual no se entendería el proceso de pérdida de papel de Roma y centro Italia como capital del Imperio en favor de otras regiones y ciudades. Este estudio permitirá poner de relieve dicha significación y comprobar en qué medida siguió, o no, siendo un punto importante en el concierto portuario del Mediterráneo.

Pensamos, pues, que se dan las condiciones suficientes para plantear una nueva fase proyectual, dado que existen diversos temas y áreas aún por definir. Por todo ello y en una previsión del impacto científico y patrimonial del proyecto, debemos tener presente que el mismo se concibe como un salto cualitativo en el conocimiento histórico-arqueológico de este complejo sistema portuario marítimo-fluvial. A este respecto el triángulo institucional conformado por el *Museo delle nave romane*, el *Parco Archeologico di Ostia Antica* y la *Soprintendenza Speciale per Roma e il Colosseo*, conjuntamente con la Universidad de Huelva, garantizan un apoyo científico así como la facilidad en el acceso de una parte importante de la documentación y, para el caso del programa de difusión, los espacios necesarios para ofrecer al gran público el resultado de nuestras investigaciones. Este salto es necesario, dado que a día de hoy solo están sentadas las bases y se ha actuado sobre una parte muy concreta del amplio espacio que ocupa *Portus*.

Objetivos del proyecto

En relación con nuestra hipótesis de partida la siguiente fase proyectual debe abordar los siguientes objetivos generales:

- a) Continuar la línea de investigación, ya iniciada con anteriores proyectos, relativa a los puertos en la antigüedad desde un punto de vista geoarqueológico.
- b) Abordar el estudio de nuevas áreas de *Portus*, actualmente nada o escasamente investigadas, así como otras ya iniciadas que presentan importantes novedades en su configuración. Igualmente profundizar en el conocimiento del proceso de conformación como ciudad y su evolución desde época imperial al Alto Medievo.

Por cuanto respecta a los objetivos específicos del proyecto estos suponen, junto con nuestra hipótesis de partida y el planteamiento metodológico, la columna vertebral del presente marco

proyectual. Dichos objetivos serán alcanzando al desarrollar una serie de tareas recogidas en el cronograma de esta propuesta. Así pues y descendiendo a un nivel más específico los objetivos son los siguientes:

* Investigación:

- a) Recopilar toda la información existente relativa a sectores de *Portus* con escaso tratamiento por parte de la investigación o actualmente desconocidos centrada en el sector del *episcopium*, *fossa traiana*, murallas y necrópolis tardías, así como la existente sobre las áreas de interés del proyecto conocidas o que hayan sido objeto de atención por la investigación precedente (muelles). Esta información se recogerá de manera lógica y jerarquizada y será la piedra angular a partir de la cual plantearemos nuestra investigación.
- b) Avanzar en el estudio de sus muelles internos, especialmente en el más destacado, el este-oeste. Para ello se prevé el análisis paramental y documental de las estructuras con la aplicación de documentación fotogramétrica.
- c) Profundizar en el conocimiento, mediante métodos no invasivos, de sectores de *Portus* desconocidos para la investigación o escasamente tratados. En este objetivo el área del episcopio y la conexión del canal de *collegamento* con la *fossa traiana* supone una de las áreas preferentes del proyecto ya que es aquí donde se concentra el puerto tardío y altomedieval.
- d) Definir el poblamiento asociado al enclave portuario tardío, para ello se atenderá al estudio antropológico y ritual de las necrópolis.
- e) Aproximación, definición e interpretación del cambio de modelo portuario desde época imperial hasta época Altomedieval. En este proceso se encuentra reflejado el papel jugado por Roma como metrópolis del Imperio hasta su decadencia y pérdida de peso en el concierto Mediterráneo. Con todo permitirá definir la diacronía de uno de los sistemas portuarios más complejos del mundo mediterráneo.

* Protección:

- a) Implementación de la carta arqueológica del área arqueológica di Porto. Para ello se ofrecerá al Parco Archeologico di Ostia Antica, centro responsable de la tutela de dicha área toda la información y datos generados en el seno del proyecto, caso de planimetrías geofísicas, documentación fotogramétrica, etc. que permitan implementar las herramientas de gestión empleadas por la institución en la investigación y conservación del patrimonio arqueológico.

* Difusión:

- a) Establecimiento de un cuidadoso programa de difusión del proyecto y las investigaciones en él desarrolladas, tanto a nivel científico y académico como al gran público con la intención de una transmisión social del conocimiento que redunde en una sociedad más reflexiva, inclusiva e innovadora. Para ello se contará, además de con el propio Parco Archeologico y su programa anual de actividades dirigidas al gran público, con el apoyo del Museo de las naves romanas de Fiumicino en el que se expondrán de manera temporal los resultados del proyecto. Estos objetivos quedarán garantizados con las actividades recogidas en el plan de difusión y explotación de resultados.

Planteamientos teóricos

El conocimiento histórico-arqueológico de *Portus Augusti* ha sufrido en los últimos años un notable avance producto de diversos proyectos internacionales, entre los que cabe mencionar el destacado

Portus Project al sentar las bases y premisas investigadoras futuras del sitio (Keay 2012 Ed.). En este escenario se han posicionado las investigaciones del equipo que conforma la presente propuesta, las cuales han aportado al desarrollo investigador del sitio, al individualizar objetos de estudios específicos aún no abordados o escasamente tratados. En línea con esta última idea, a día de hoy y motivado por los resultados de esas aportaciones, se torna necesario continuar dicha línea proyectual en *Portus*, al dotar nuestra investigación de un nuevo marco proyectual con renovados objetivos y una potenciación de su proyección internacional. En suma, un nuevo proyecto que aborde el tránsito del sistema portuario de *Portus* desde su etapa imperial hasta el periodo tardío y altomedieval a través de áreas y objetos de estudio que merecen la atención de la investigación. Además de ello, dicha investigación debe contemplar un desarrollo integral, al tratar diversas líneas de actuación, de ahí que nuestro planteamiento teórico-metodológico parta con un marcado carácter transversal, en la idea de amplios campos de estudio que deben ser tratados de manera conjunta e interrelacionada en este complejo sistema portuario. Por todo ello y según nuestra exposición, para alcanzar los objetivos anteriormente planteados se establece una metodología y plan de trabajos multidisciplinar en su aplicación y transdisciplinar en su interpretación, de manera que exista una auténtica sinergia en las actividades encaminadas a la resolución de problemas en la investigación.

El Proceso Metodológico.

Habida cuenta del carácter transdisciplinar de la investigación y para cubrir los objetivos anteriormente planteados, pensamos que una nueva fase proyectual de las características y objetivos como el que se concibe en este trabajo tendrá que dotarse de una sólida matriz, un sistema de relaciones referidas a distintos niveles, que desde los primeros estadios de recopilación e investigación arqueológica e histórica, pasando por la codificación de toda la información, alcance hasta los niveles de tutela, difusión así como de proyección y significación social de los distintos bienes materiales. La matriz metodológica se articula en una estructura ordenada a través de cuatro niveles que denominamos de Información, Evaluación, Intervención y Proyección.

Nivel de Información.

Previo a cualquier tipo de trabajo, e incluso durante el desarrollo de ulteriores actividades, un primer nivel metodológico se sustenta en la recopilación y organización de toda la información existente relativa a las áreas de actuación del proyecto en *Portus*, esto es, el área del episcopio, sus necrópolis, murallas tardías, memorias de antiguas excavaciones, documentación planimétrica, cartográfica, bibliografía de referencia y general. Toda esta información, mucha de la cual se encuentra en distintos archivos de Roma, será vital para el sostenimiento del proyecto, así como de la matriz metodológica ya que supone el punto de partida de la investigación. Dentro de este nivel quedará recogido todo el proceso de recopilación, tratamiento y ordenación de la información arqueológica. Desde esta perspectiva es un nivel fundamental, ya que es la piedra angular sobre la que quedará sustentado todo el proyecto tanto a nivel de interpretación como de resultados. En esta línea, y bajo esta premisa, en el proyecto que aquí se plantea, se pretende abordar y aunar una ingente cantidad de información cuyo rasgo común es la heterogeneidad, aunque ello no significa un impedimento sino más bien al contrario un rico mosaico de datos con un alto potencial de cara a trascender a interpretaciones científicas. Nos enfrentamos a unos datos dispersos, por su naturaleza transdisciplinar, de ahí la presencia de diversos especialistas, y por el distinto grado de conocimiento que disponemos sobre cada uno de los mismos.

Nivel de Evaluación

Paralelamente al desarrollo de esta primera fase procederemos a la sistematización y codificación de la información. Para ello en este nivel se perfila una tarea básica: el diseño de un SIG y sus correspondientes bases de datos sobre las áreas particulares objeto de estudio de *Portus* en el

proyecto. Este sistema recogerá toda la información bibliográfica, arqueológica, cartográfica, etc. convirtiéndose en un instrumento o herramienta fundamental de cara a la evaluación o diagnóstico de los mismos. Igualmente, y aunque enclavado en el nivel denominado de evaluación, la dinámica aplicación del SIG trascenderá a los otros niveles metodológicos. De este modo, entendemos que igualmente, para lograr una plena operatividad del mismo, concebido como herramienta de utilidad en la gestión del patrimonio, deberá de mantener una total relación con los niveles denominados de intervención y proyección. Con todo, y en sintonía con la metodología de anteriores proyectos llevados a buen término, así como con el modelo de investigación defendido por nosotros, entendemos que los documentos o herramientas de evaluación y diagnóstico patrimonial, como en este caso concreto lo supone el SIG, no deben ser considerados un subproducto proyectual y sí una experiencia en continua actualización e interacción que será, en definitiva, lo que le dé vigencia y utilidad en cada momento.

Nivel de Intervención.

Este nivel, relacionado directamente con el trabajo de campo, de gabinete y laboratorio, representa la vertebración del resto de los contemplados en la matriz, pues a partir de él obtendremos el cuerpo de datos fundamental que permitirá no sólo conseguir los objetivos de la investigación, sino también la adopción de las medidas pertinentes para garantizar la protección, conservación, difusión y proyección social de este patrimonio en las siguientes fases del mismo. La gama de intervenciones contempla por un lado, las actividades realizadas directamente en campo, planteándose la realización de prospecciones geofísicas de algunas áreas, así como otros trabajos de campo con el objetivo de obtener una documentación planimétrica, fotográfica, fotogramétrica o de levantamientos 3D, no estando contemplada dentro de nuestra perspectiva la realización de ningún tipo de excavación, aunque lógicamente se aprovecharán los datos que se generen en las intervenciones que en estos lugares puedan realizarse por otras vías. Por otro, todas las actividades desarrolladas en gabinete y laboratorio, entre las que se encuentran la revisión de materiales (material numismático y epigráfico) en fondos museísticos y colecciones, así como el análisis de diversas muestras necesarias para el desarrollo proyectual.

Nivel de Proyección

Éste supone el último de los niveles metodológicos de la matriz, en él confluyen todos los anteriores consiguiendo así la conexión de la investigación con la sociedad mediante la proyección científica que genera y divulga el patrimonio y la síntesis histórica, a través de la transmisión a la sociedad. Con ello se perfila, además, un primer acercamiento de manera integral al objeto de estudio - *Portus* como modelo portuario a través de la historia del Mediterráneo -, experiencia que sentará las bases de futuros proyectos en convocatorias competitivas, en los que se aborden nuevos objetos de estudio y permitan buscar sinergias con otros equipos y centros de investigación.

Proyección futura y difusión de resultados

La investigación desarrollada hasta ahora ha contado con un marcado carácter multidisciplinar y transversal. En buena parte de la misma, ésta, ha sido posible gracias a la participación de investigadores de diversas especialidades; a este respecto, en la futura propuesta debe mantenerse esta premisa, al conformar un grupo con especialistas procedentes del campo de las Humanidades y el de las Ciencias Experimentales. Por un lado, se deberá contar, desde el plano humanístico con arqueólogos, numismáticos, epigrafistas, filólogos, que dotan a la propuesta de una sólida base histórica y arqueológica. Por otro, desde el área de las ciencias experimentales participarán geólogos, paleontólogos, antropólogos físicos, botánicos, que vienen a completar un importante ámbito en la investigación sobre *Portus* desde el plano científico-técnico. Del mismo modo la transversalidad del proyecto se consigue mediante el desarrollo de un aparato metodológico que parte de una concepción integral, dado que entiende un único objeto de estudio - *Portus* - focalizado en su

evolución desde momentos imperiales hacia la Antigüedad Tardía, a través del análisis de diversos testimonios, arquitectura, epigrafía, numismática, geomorfología, paleontología, paleoantropología, mundo funerario, entre otras. Sin lugar a dudas, la idea que concibe este proyecto, la evolución de uno de los puertos más importantes de la antigüedad y, especialmente, su transformación en época tardía, no podría realizarse sin una marcada multidisciplinariedad y transversalidad entre distintas ramas del conocimiento.

Por cuanto respecta al plan de difusión diseñado para la nueva fase de investigación, contemplamos ámbitos de actuación diferenciados, por un lado, destinado a la comunidad científica y administraciones competentes en materia de patrimonio y, por otro, aquel dirigido a la sociedad en general a través de un lenguaje de alta divulgación científica y un cuidadoso plan de comunicación. Conjuntamente, ambos, tendrán una clara proyección internacional, al contemplar actuaciones tanto en el territorio nacional como internacional. Según estas premisas, por tanto, se contemplan acciones en el ámbito más científico y patrimonial, con aportaciones a Congresos y/o seminarios especializados, así como publicaciones en las revistas más prestigiosas de este ámbito. Del mismo modo se deberá implementar una página web propia del proyecto en la que se recogerán los objetivos, metodologías, resultados, etc., así como una sección específica con las publicaciones científicas. En el ámbito del público en general se deberá diseñar e implementar un plan de comunicación tanto del proceso de investigación como de los resultados científicos, permitiendo la transmisión del conocimiento a la sociedad desde el inicio del proyecto.

A modo de síntesis final, se contempla el desarrollo de una nueva fase de estudios e investigaciones en *Portus*, una línea ya consolidada en anteriores marcos de proyectuales en estrecha colaboración conjunta por parte de la Onubense y el Parco Archeologico di Ostia Antica, que permitirá el desarrollo, puesta en valor y avance del conocimiento del área arqueológica portuaria más importante del Mediterráneo.

Bibliografía

- Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R. e.p. b. "El muelle este-oeste de *Portus*. novedades geoarqueológicas en el contexto de los puertos imperiales", *Actas del Congreso Internacional Entre Mares, emplazamiento, infraestructuras y organización de los puertos romanos*, Irún, noviembre 2021.
- Bermejo, J., Campos, J.M.; Sebastiani, R., Bermejo A., Fernández, L., Marfil, F., D'ammassa, C. e.p a. "El muelle este-oeste de *Portus* y sus ambientes, primeros datos sobre su configuración arquitectónica", *Acti del VI seminario ostiense*, 10, 11 di marzo 2019, Roma.
- Bermejo, J., Campos, J.M.; Sebastiani, R., D'ammassa, C., Fernández, L., Bermejo A., Marfil, F. 2021. "Il molo est-ouest a *Portus*. Un'analisi preliminare dalla archeologia della architettura." *Atti del V seminario Ostiense*, 21-22 Febbraio 2018, Rome.
- Bermejo, J., Campos, J.M.; Sebastiani, R., Fernández, L., Marfil, F., Bermejo A., D'ammassa, C., 2021b. "El denominado muelle de la linterna en *Portus*. Primeras investigaciones y resultados", *Actes du 12ème Colloque Historique de Fréjus 16 et 17 novembre 2018 – Fréjus, Les ports dans l'espace méditerranéen antique Fréjus et les ports maritimes*. 303-316
- Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R., Fernández, L., Bermejo, A., Marfil, F., D'ammassa, C., Baena, E., Domínguez, E., Rodríguez, N.E., Sánchez, L.J. 2021. "Los puertos imperiales de Roma: investigaciones geoarqueológicas en el muelle este-oeste de *Portus*", en *Campos, J.M., Bermejo, J. (eds) Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos*. L'erma di Bretschneider. Roma, 583-610.
- Bukowiecki, E., Fabro, R., Mimmo, M. 2018. "Portus, Chronique des activités archéologiques dell'École Française de Rome" [En ligne], Italie centrale, URL: <http://journals.openedition.org/cefr/2154>
- Bukowiecki, E., Mimmo, M. 2021. "Infrastructures portuaires à *Portus* : Les entrepôts dits de Trajan et le môle nord-sud", *Actes du 12ème Colloque Historique de Fréjus 16 et 17 novembre 2018 – Fréjus, Les ports dans l'espace méditerranéen antique Fréjus et les ports maritimes*. 289-302
- Campos, J.M., and Bermejo, J. (eds.) 2017. *Los puertos atlánticos béticos y lusitanos y su relación comercial con Ostia Antica*. L'erma di Bretschneider. Roma.

- Campos, J.M., and Bermejo, J. (eds.) 2021. *Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos*. L'erma di Bretschneider. Roma.
- D'Ammasa, C. 2021. "Portus *Romae*. fortuna e declino. Brevi note storiche, archeologiche e topografiche", en Campos, J.M., Bermejo, J. (eds) *Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos*. L'erma di Bretschneider. Roma, 655-680.
- D'Ammasa, C., Manna, A., Sebastiani, R., 2018. " Indagini archeologiche tra il Canale Trasverso e l'Episcopio. Osservazioni preliminari sulle fasi post-classiche di Porto", *Mélanges de l'École française de Rome - Antiquité*, 130-2
- Keay, S., Millett, M., Paroli L., Strutt K. 2005. *Portus: An Archaeological Survey of The Portus Of Imperial Rome*. Archaeological Monographs of the British School at Rome 15. London: British School at Rome; 2005.
- Keay, S., Paroli L. 2011. *Portus and its Hinterland: Recent Archaeological Research*. Archaeological Monographs of the British School at Rome 18. London: British School at Rome.
- Keay, S. (ed.). *Rome, Portus and the Mediterranean. Archaeological monographs of the British School at Rome*.
- Marín, C., Gómez, G., Ruiz, F., Rodríguez-Vidal, J., Gómez, P., Campos, J.M., Sebastiani, R., Bermejo, J., Muñiz, F., González-Regalado, M. L., Abad, M., Izquierdo, T. 2021. "Paleobiología del muelle de la Linterna (*Portus, Roma*)", en Campos, J.M., Bermejo, J. (eds) *Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos*. L'erma di Bretschneider. Roma, 635-544.
- Muñiz, F., Belaustegui, Z., Gómez, P., Rodríguez, J., Bermejo, J., Campos, J.M., Ruiz, F., Cáceres, L., Marín, C., Gómez, G., Toscano, A., González-Regalado, M.L., Abad, T., Izquierdo, T. 2021. "El rol de la zonación icnológica-ecológica en el muelle de la Linterna de *Portus*", en Campos, J.M., Bermejo, J. (eds) *Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos*. L'erma di Bretschneider. Roma, 635-544.

12.

El muelle este-oeste de *Portus*, consideraciones finales de una primera fase de estudio

J. Bermejo¹, J. M. Campos¹, R. Sebastiani²

¹ Centro de investigación en patrimonio histórico, cultural y natural. Universidad de Huelva

² Soprintendenza Speciale Archeologia Belle Arti e Paesaggio di Roma

Resumen

La siguiente aportación recoge a modo de síntesis final y cierre de la presente monografía, las principales ideas y resultados de la misma. En este capítulo se recopilan, de manera sintética, los resultados del estudio que, a lo largo del proyecto de investigación, han aportado una nueva visión en relación a diversos aspectos tales como, la construcción y diacronía del muelle este-oeste, el paleoambiente circundante, el análisis paleobotánico y geomorfológico. Asimismo, a futuro, se deberán atender a nuevas premisas de estudios surgidas en dicho contexto y que, a día de hoy, necesitan de una atención más detallada, esto es, de nuevos marcos proyectuales que vengan a aportar nuevo conocimiento.

Palabras Clave

Portus; muelles; arqueoarquitectura; paleobotánica; geomorfología.

Abstract

The following contribution collects as a final synthesis and closing of this monograph, its main ideas and results. This chapter summarises the results of the study which, throughout the research project, have contributed a new vision in relation to various aspects such as the construction and diachrony of the east-west pier, the surrounding paleoenvironment, and paleobotanical and geomorphological analysis. Likewise, in the future, new study premises that have arisen in this context and which, today, require more detailed attention will need to be addressed, that is, new project frameworks that will contribute new knowledge.

Keywords

Portus; docks; archaeoarchitecture; paleobotany; geomorphology.

los aspectos relacionados con la geomorfología o el paleoambiente más próximo al muelle, problemáticas geoarqueológicas que han sido objeto de interés y permiten, en el contexto general y particular de *Portus* (Coiran et al., 2010; 2011) precisar nuevos datos, caso del *Canale di Imbocco*. En las últimas fases de actividad portuaria, este canal presentaba problemas de colmatación derivados del transporte de restos de la fanerógama marina *Posidonia oceanica* desde la zona litoral adyacente (Abad et al., 2023). Las asociaciones de foraminíferos bentónicos revelan la presencia de un medio salobre, sometido a intensas variaciones de salinidad y temperatura, con unos intercambios mareales atestiguados por una abundancia notable de formas planctónicas y especies bentónicas marina. En su fase final de relleno, se sucede el tránsito a un borde de canal o canal muy somero, con una primera aparición de sedimentos fluviales hasta un relleno final de origen fluvial y/o antrópico, que testifica el final de la actividad portuaria. Esta secuencia, ha sido detectada en las inmediaciones del propio muelle, a escasos metros del mismo, de lo que permite establecer una relación más directa, no solo con la evolución del área portuaria, sino de manera específica con la propia estructura.

De manera similar, el análisis de los restos de bioerosión y organismos cementantes reconocidos en el conjunto de estructuras documentadas a los pies del muelle, en su sector septentrional, ha permitido inferir su tiempo relativo de funcionamiento desde la fase post-construcción hasta la de abandono; de tal forma se obtuvo un importante conjunto de datos para la interpretación del análisis arqueológico de los restos, su posición de caída y los procesos postdeposicionales. En primer lugar, se estableció la relación entre los fragmentos de columnas y los restos de muros caídos a los pies del muelle; siendo los primeros los que quedan en una posición infrayacente con respecto al derrumbe de los muros. En segundo lugar, la presencia de fragmentos de columnas de mármol (depositados en la 2ª fase) con una tasa de bioerosión muy alta (entre el 70% y el 100%) producida por esponjas clonadas, aporta tentativamente un tiempo relativo de unos 20 años para la secuencia: depósito fragmentos columnas- asentamiento larvas de esponjas- desarrollo ontogenético-fin de la actividad. En segundo, el hallazgo de un ejemplar adulto del bivalvo perforador *Pholad dactylus* en los bloques de muros depositados posteriormente a los fragmentos de columnas, permite inferir que su actividad-desarrollo ontogenético fue a lo largo de un periodo máximo de 12 años. En definitiva, el tiempo relativo de funcionamiento, desde los primeros derrumbes de columnas en el lecho fangoso hasta su final colmatación y retirada de agua, se podría establecer entre los 30-35 años antes de su abandono. Las condiciones ambientales iniciales en este sector portuario serían, grosso modo, marinas someras, con salinidad normal a salobre, con influencia mareal, pero de baja energía hidrodinámica, y sedimento fino.

No menos interesante han sido los resultados aportados desde la paleobotánica, centrada fundamentalmente en el estudio de las maderas empleadas en el encofrado de construcción del muelle. El hallazgo y análisis de este sistema constructivo, así como la obtención de un importante conjunto de muestras de diversa tipología, ha supuesto una destacada novedad en el ámbito de *Portus*, ya que es la primera vez que se puede estudiar dicho sistema de una manera integral. Este sistema, documentado en algún punto de *Portus* de manera muy parcial (Morelli et al., 2005, 2017), supone toda una novedad en los estudios del sitio al permitir conocer de manera casi completa cómo se articulaban dichos sistemas, sus componentes y método constructivo. Por un lado, los análisis han confirmado el empleo de *quercus*, procedente de zonas frías, para la sujeción del entramado externo e interno del encofrado de la cimentación que da soporte al muelle. Se trata de especies resistentes a los agentes biológicos y no biológicos que alteran la madera, y de características físicas (longitud, grosor) y mecánicas adecuadas para dicha función. Por otro, el empleo de maderas blandas, posiblemente pinos de zonas de mayor termicidad, para el cierre de la caja del encofrado mediante tabloneros. El uso de estas maderas, adecuadas por sus características mecánicas, pero no idóneas en ambientes húmedos expuestos, puede explicarse por la necesidad de utilizar cualquier tipo de especie ante la elevada demanda de madera por la obra en curso, de tal forma que se reservara la madera de mayor calidad para la sujeción vertical. Habrá que esperar a futuros análisis que permitirán aportar más datos y precisar la procedencia de la madera empleada.

Producto de lo anterior, a lo largo del proyecto de investigación, han sido numerosas las líneas de trabajo que se han abierto y que merecerán atención futura. Es el caso, por ejemplo, de todos

Por cuanto respecta al proceso de estudio arqueológico del muelle, se pueden establecer una serie de consideraciones al respecto de determinadas cuestiones. Así pues, desde un punto de vista cronológico relativo a la construcción del mismo, las dataciones de C14 de varias muestras de madera del encofrado aportan una cronología coincidente para todas ellas de la primera mitad del s. III d.C. Conjuntamente, el estudio del material cerámico recuperado del relleno del encofrado comparte el mismo período temporal. Aquí reside una de las principales aportaciones de la investigación, dado que la última parte del muelle parece corresponder a una obra de momentos severianos o inmediatamente posterior. No obstante, estos resultados relativos a su cronología no deben ser extrapolados a la totalidad del muelle, es decir, no debemos descartar la posibilidad de un muelle que ve su progresivo avance a medida que se produce la colmatación de la antigua dársena de Claudio, esto es, distintas fases constructivas siendo la última la detectada en nuestras investigaciones. Esta idea podría guardar relación con las investigaciones realizadas en la zona de arranque del muelle, en donde se documentaron niveles de época de Claudio asociados a la construcción del mismo.

La construcción verá diversas remodelaciones o fases constructivas, todo parece indicar que, tras la erección de esta parte del muelle, le sucederá otra representada por un prolongamiento a modo de puntal final. A este respecto se documentaron una serie de características constructivas y de fábrica que permitían establecer ambas partes. En primer lugar, la diferencia en la profundidad de su cimentación, sin ser un argumento concluyente, al menos muestra una significativa diferencia que debe ser tenida en cuenta. En segundo lugar, su fábrica muestra elementos diferenciadores, nivelaciones en los vertidos, así como un sistema de *catenae* de mayor diámetro, estarían revelando el empleo de módulos distintos en sus encofrados. Finalmente, existe una relación de adosamiento entre el cuerpo del muelle y su parte final, una unión en su fábrica claramente visible en su lado norte. Todos estos detalles, a falta de una excavación que profundice en la cimentación de la cabeza y permita obtener otros datos y dataciones, apuntan a la posibilidad de fases distintas. Por cuanto respecta a la cronología de la misma, poco podemos precisar de su construcción, aunque obviamente se produjo como pronto a partir de mediados del s. III d.C. Seguidamente se ha podido documentar un tercer episodio en la vida del muelle, especialmente en su último sector, representado por un momento de ruina y amortización del mismo con la construcción de nuevos ambientes. Este proceso, fechado por el nivel de derrumbe documentado a los pies de la estructura en torno a la primera mitad del s. V d.C. supuso un cambio completo de la fisonomía de la estructura. Poco tiempo después se producirá el adosamiento de diversas estructuras en los flancos del muelle que a modo de pantales permitieron dotar a la estructura de la cabeza de mayor superficie útil. Estas ampliaciones permitieron la erección, en el lado norte, de una potente estructura turriiforme, quizás, con funcionalidades de señalización y avistamiento. Para estos momentos, fechados en la segunda mitad del s. V d.C. se asiste a una profunda transformación de todo *Portus*, con una clara búsqueda de la defensa del puerto que llevará a la remodelación de antiguas estructuras de almacenamiento, atraque, etc. Finalmente, se documenta un último proceso constructivo en el muelle, representado por el adosamiento en su lado norte de una nueva plataforma sobre la que se construirán nuevos ambientes. Lo escaso conservado de las mismas impide cualquier tipo de aproximación a su funcionalidad y cronología, aunque si bien es cierto, como mínimo debió producirse a caballo entre los s. V-VI d.C. Tras este último episodio, el muelle y su cabeza no volverán a mostrar síntomas de ocupación o reformas estructurales que lleven a pensar en un uso más allá del s. VI d.C., es, por tanto, que el área será abandonada y pasará a convertirse en un cúmulo de ruinas y cantera de materiales.

En síntesis, podemos afirmar que el denominado *molo della lanterna* fue una infraestructura bastante dinámica en el tiempo, con importantes cambios funcionales en lo que se refiere a su articulación y papel dentro del propio puerto. En líneas generales hemos expuesto, a lo largo de la presente monografía, como en sus siglos de vida, primera mitad del III finales del VI d. C., se sucedieron múltiples episodios todos ellos en consonancia con el contexto político y económico

que se vivió durante estas centurias (Bermejo et al., 2023; Bermejo et al. 2021: 602, ss; Bermejo, Campos y Sebastiani e.p.):

- **Fase 1.** Se corresponde con el momento de construcción del propio muelle, al menos para su tramo final. Gracias a los estudios realizados hemos podido concluir que para su alzado se empleó un sistema arquitectónico basado en la construcción de una zanja con encofrados de madera y pilotes internos hincados, rellena de diverso material cerámico con función drenante y piedras heterométricas empleadas como plataforma de trabajo. Esta cimentación tuvo un doble cometido, por un lado, dotar de mayor solidez a la obra por sus flancos, y por otra, favorecer los vertidos de *caementa* con los que se levantó la base y alzado del muelle. Desde un punto de vista cronológico, la datación de esta primera fase, correspondiente a la construcción del último tramo del muelle, ha sido posible gracias a la combinación de varios datos. Por un lado, las dataciones de C14 de varias muestras de madera del encofrado han aportado una cronología coincidente para todas ellas de la primera mitad del siglo III d. C.; por otro, el estudio del material cerámico recuperado del relleno de la zanja remite a un contexto cronológico del mismo momento.
- **Fase 2.** La segunda fase constructiva guarda relación con el adosamiento de una imponente cabecera en su extremo occidental o final. Sobre la misma parece que llegó a proyectarse la construcción de una estructura de cierto porte monumental, como así revelan los restos de cimentación que fueron amortizados bajo los episodios constructivos posteriores, así como los materiales arquitectónicos-decorativos que fueron documentados a sus pies sobre el antiguo lecho mareal. No tenemos una total certeza sobre la funcionalidad que pudo tener este edificio monumental; no obstante, el tamaño de sus cimentaciones y la altura de las columnas, nos hacen decantarnos por una estructura de tipo turriiforme, muy posiblemente un faro encargado del control y vigia de los barcos. Por cuanto respecta a la cronología de la misma, poco podemos precisar, aunque obviamente debió producirse como pronto a mediados del siglo III d. C.
- **Fase 3.** Seguidamente se constata una tercera fase en la vida funcional del muelle y su puntal, representada por un episodio de ruina y amortización de las estructuras monumentales de la cabeza mediante la construcción de una nueva infraestructura. Este proceso, datado gracias al nivel de derrumbe documentado a los pies de la misma en torno a la primera mitad del siglo V d. C., supuso no sólo la edificación de un nuevo edificio de 78m², sino un cambio funcional del muelle, pues dada las evidencias materiales constatadas en el interior de este nuevo edificio, mayormente material anórfico, sopeamos que se trata de un almacén de *Portus* en estas fechas.
- **Fase 4.** Entre mediados/finales del siglo V d. C. se producirá una nueva transformación de la cabeza del muelle, una vez más no sólo funcional, sino también morfológica. El antiguo almacén se seguirá manteniendo en uso durante este período; no obstante, la necesidad de albergar nuevas infraestructuras sobre la superficie del *molo* conllevará la necesidad de tener que construir diversas plataformas adicionales en sus esquinas noroccidental y nororiental, y frente meridional. Sobre la primera se alzará un segundo edificio de tipo turriiforme con funciones de señalización y avistamiento, de la mano de la profunda transformación que estaba experimentado todo *Portus* en búsqueda de una mayor defensa mediante la transformación de antiguas estructuras de almacenamiento, atraque, etc.
- **Fase 5.** Este representa el último impulso constructivo de este muelle. Durante el mismo se construirá una nueva plataforma o pantalan en su esquina noroccidental adosado a la anterior. Sobre ella se construirán nuevos ambientes funcionales; si bien, lo escaso de lo conservado impide cualquier tipo de aproximación funcional y cronológica, aunque si bien es cierto, como mínimo debió producirse a caballo entre los siglos V-VI d. C. También durante esta fase se asistirá a la remodelación interna tanto del almacén, como de la estructura turriiforme, dentro de ese ambiente bélico greco gótico que se estaba viviendo en estos momentos.
- **Fase 6.** Tras este último episodio, el muelle y su cabeza no volverán a mostrar síntomas de ocupación o reformas estructurales que lleven a pensar en un uso más allá del siglo VI d. C.: siendo el área abandonada hasta convertirse en un cúmulo de ruinas y cantera de materiales.

Bibliografía

- Abad, M., Arroyo, M., Gómez, G., Muñoz, F., Campos, J.M., Bermejo, J., Fernández, L., Bermejo, A., González, M.L., Tosquella, J., Rodríguez-Vidal, J., Muñiz, F., Pozo, M., Izquierdo, T., Romero, V. 2023. Late Holocene filling of the Canale di Imbocco (Portus, central Italy): a multidisciplinary palaeoenvironmental perspective, *Comptes Rendus Palevol*, 22 (21), 467-478.
- Bermejo, J., Campos, J.M., Bermejo, A., Fernández, L., Sebastiani, Sánchez-Hernando, L. J. 2023. Portus, New Contributions to its Research: Construction Systems and Dating of the East-West Docks, *Journal of Maritime Archaeology* <https://doi.org/10.1007/s11457-023-09360-9>
- Bermejo, J., Campos, J.M., Sebastiani, R., Fernández, L., Bermejo, A., Marfil, F., D'Ammassa, C., Baena, E., Domínguez, E., Rodríguez, N. E. y Sánchez, L.J. 2021. Los puertos imperiales de Roma: investigaciones geoarqueológicas en el muelle este-oeste de Portus, en J.M. Campos y J. Bermejo (eds.), *Del Atlántico al Tirreno, puertos hispanos e itálicos*: 583-610, L'erma di Bretschneider.
- Campos, J.M., Bermejo, J. y Sebastiani, R. e.p. El muelle este-oeste de Portus, novedades geoarqueológicas en el contexto de los puertos imperiales, en *Actas del Congreso Internacional Entre Mares: emplazamiento, infraestructuras y organización de los puertos romanos* (Irún, noviembre de 2021).
- Keay, S. 2012 Ed. *Rome, Portus and the Mediterranean*. Archaeological Monographs of the British School at Rome. London: British School at Rome.
- Keay S, Millett M, Paroli L, Strutt K. 2005 Eds. *Portus: An Archaeological Survey Of The Portus of Imperial Rome*. Archaeological Monographs of the British School at Rome 15. London: British School at Rome.
- Keay S, Paroli L. 2011 Eds. *Portus and its Hinterland: Recent Archaeological Research*. Archaeological Monographs of the British School at Rome 18. London: British School at Rome.
- Paroli, L. 2004. Il porto di Roma nella tarda antichità, en A. Gallina y Turchetti (eds.), *Le strutture dei porti e degli approdi antichi. II Seminario Roma-Ostia Antica*: 247-266.
- Goiran J.-Ph., Salomon F., Tronchere H., Carbonel P., Djerb H., Ognard C., 2011. "Caractéristiques sédimentaires du bassin portuaire de Claude: nouvelles données pour la localisation des ouvertures", *Keay S., Paroli L., Portus and its Hinterland, Archaeological Monographs of the British School at Rome*, 31-45.
- Goiran, J.-P., Tronchère, H., Salomon, F., Carbonel, P., Djerbi, H., Ognard, C., 2010. "Palaeoenvironmental reconstruction of the ancient harbors of Rome: Claudius and Trajan's marine harbors on the Tiber delta". *Quat. Int.* 216, 3-13.
- Morelli, C., Paroli, L. y Veduchi, P.A. 2005. Summary of other recent fieldwork at Portus, en S. Keay, M. Millett, L. Paroli y K. Strutt (eds.), *Portus: An Archaeological Survey Of The Portus of Imperial Rome*. Archaeological Monographs of the British School at Rome 15. London: British School at Rome: 241-258.