# Universidad de Huelva

## Departamento de Ciencias de la Tierra




# El registro geoambiental del estuario holoceno de Huelva como indicador de la historia evolutiva de sus asentamientos ribereños

**Memoria para optar al grado de doctora**
**presentada por:**

**Paula Gómez Gutiérrez**

Fecha de lectura: 2 de octubre de 2021

Bajo la dirección de los doctores:

Joaquín Rodríguez Vidal

Juan Manuel Campos Carrasco

**Huelva, 2021**

CC BY NC ND

Universidad de Huelva

El registro geoambiental del estuario holoceno de Huelva como indicador de la historia evolutiva de sus asentamientos ribereños

Paula Gómez Gutiérrez
2021

Universidad de Huelva

# El registro geoambiental del estuario holoceno de Huelva como indicador de la historia evolutiva de sus asentamientos ribereños

**Tesis Doctoral**

**Paula Gómez Gutiérrez**

**2021**

**Facultad de Ciencias Experimentales**
**Programa Interuniversitario de Doctorado en Patrimonio**

**Departamento de Ciencias de la Tierra y Departamento de Historia, Geografía y Antropología**

# *El registro geoambiental del estuario holoceno de Huelva como indicador de la historia evolutiva de sus asentamientos ribereños*

Paula Gómez Gutiérrez

**Tesis Doctoral**

**2021**

**Facultad de Ciencias Experimentales**
**Programa Interuniversitario de Doctorado en Patrimonio**
**Departamento de Ciencias de la Tierra y Departamento de Historia, Geografía y Antropología**

Universidad de Huelva

# *El registro geoambiental del estuario holoceno de Huelva como indicador de la historia evolutiva de sus asentamientos ribereños*

**Memoria presentada para optar al grado de Doctor por la Universidad de Huelva presentada por:**

Paula Gómez Gutiérrez

**DIRECTORES:**

**Dr. Joaquín Rodríguez Vidal**

Catedrático de Geodinámica Externa de la Universidad de Huelva.

**Dr. Juan Manuel Campos Carrasco**

Catedrático de Arqueología de la Universidad de Huelva.

**Huelva, 2021**

El doctorando y los directores de la tesis Joaquín Rodríguez Vidal y Juan Manuel Campos Carrasco, Garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización de este trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Huelva, a de 2021

Directores de la Tesis:

Joaquín Rodríguez Vidal

Juan M. Campos Carrasco

Doctorando:

Paula Gómez Gutiérrez

*"En la inmensidad de esta marisma, oculta tras las montañas de salado cristal, mansos caminos de agua que llevan a la isla de Saltés. Allí los arcanos esperan pacientemente que el tributo arqueológico desvele su imagen y nos hable de tiempos pasados, cuando guió a míticos navegantes orientales hasta las márgenes mismas de Tartessos, cuando en sus orillas surgió una espléndida ciudad envuelta en metálica bruma. Asoman entre sus ruinas voces ancestrales que invitan a abrir nuestros sentidos y reconocernos, sabedores que antes que otros la visitaron y que después, cuando nuestras pisadas se fundan con su recuerdo, nuevos hombres vendrán a ocupar el tiempo de nuestra propia historia emocionados con el mismo sol, la misma tierra, los mismos planos e infinitos olores.*

*Sin duda es aquí donde se hallan las puertas del paraíso."*

*Juana Bedia García*

# Agradecimientos

De niña era muy observadora, pasaba las horas contemplando paisajes y preguntándome que debió pasar para que tuvieran el aspecto con el que hoy se muestran. Buscando respuestas encontré la geología, una pasión que he tenido la suerte de poder compartir con muchas personas a lo largo de estos años. Quiero aprovechar estas líneas para expresar mi máximo agradecimiento a todos y cada uno de ellos.

En primer lugar, he de agradecer la oportunidad que me han brindado mis directores, los catedráticos Joaquín Rodríguez Vidal y Juan M. Campos Carrasco, sin los cuales esta tesis no habría sido posible. No tengo suficientes palabras de gratitud para Joaquín, no solo por su labor como director, sino por todo el conocimiento que me ha transmitido a lo largo de este camino desde que llegué como alumna de licenciatura a su grupo de investigación, con una inmensa curiosidad y ganas de aprender. Él ha sido un gran guía, su amistad, experiencia y consejos han hecho de mí una mejor investigadora. A Juan, por confiar en mi capacidad para el desempeño de esta tesis, por acompañarme, y facilitar mi trabajo en momentos complicados.

Agradezco al Museo de Gibraltar, a sus directores Clive y Geraldine Finlayson por ofrecerme la oportunidad de realizar una estancia en sus instalaciones, así como a José María G., Cristina R., Ana D., Sergio A. y Antonio B. por guiarme acerca de lo apasionante que es la arqueología, durante la excavación de “Martin´s Cave”.

También quiero dar las gracias a la Facultad de Ciencias Experimentales y al Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Huelva, por la infraestructura y el apoyo prestado para la realización de esta Tesis Doctoral. Agradezco la ayuda de los miembros de los grupos de investigación Paleontología y ecología aplicada, Geomorfología ambiental y recursos hídricos y Vrbanitas: Arqueología y Patrimonio. En especial a Luis Cáceres, Francisco Ruiz y Mariluz González-Regalado por ayudarme en todo lo que he necesitado durante estos años y desde mucho antes, por transmitirme vuestro conocimiento y amistad. No menos importante ha sido Manuel Abad, gracias a él, tuve la oportunidad temprana de experimentar la investigación y el trabajo de laboratorio, sin su ayuda no habría llegado a donde ahora me encuentro. A

mis compañeras y compañeros de sala, Fidel, Marta, Verónica, Gabriel y Ana, que me han soportado y animado día tras día durante estos años. A Manolo Camacho por su ayuda en el laboratorio. Al igual que a Luisa, que más allá de sus funciones siempre ha estado dispuesta a echarme una mano. Del grupo de arqueología me gustaría destacar a Lucia Fernández, Javier Bermejo, Clara Toscano y Francisco Marfil, por brindarme su ayuda siempre que la he necesitado.

Del mismo modo, agradecer a la familia que se escoge, a mi compañera de aventuras y amiga Laura, por su apoyo desde que nos conocimos en la UHU. A mis amigos de la adolescencia Laura, María, y Dani, por darme fuerzas cuando lo necesitaba. A mis dipus por estar ahí siempre, en especial a Ángela por animarme siempre a avanzar. A Eva y Maricarmen, por sus largas charlas conmigo. A Maico, que, aunque ya no esté entre nosotros, le agradezco todo su cariño y que me acogiera en su casa durante mi estancia en Gibraltar.

Por último, a mi familia, los que siempre están para mí y que a pesar de las dificultades son mi alegría. A mi madre, Cristina, por hacerme lo que soy. A mis abuelos Segismundo y Manuela, por inculcarme los mejores valores posibles. A mis tíos María del Carmen y Curro por hacerme siempre el camino más ligero. A mis hermanos Marta, Daniel y Mario, por poner tanta alegría y diversión en mi vida durante estos años y desde que existen. En especial agradezco a Antonio, que, con su amistad, cariño, complicidad y amor infinito, siempre ha estado dispuesto a ayudarme, porque sin su apoyo no habría sido capaz de terminar esta tesis, espero algún día poder devolverle todo el esfuerzo que ha invertido en mí desde siempre.

Y, para terminar, agradezco a mi “Trasto”, que no ha tenido la oportunidad de ver hasta donde he llegado, pero aún y después de tantos años sigo sintiendo conmigo. Él, que fue mucho más que un simple tío, y junto a mi abuelo, mis mejores referencias paternas. Ellos, con sus aciertos y desatinos en la vida me enseñaron a soñar alto y a luchar, gracias por apostar siempre por mí. A ellos, les dedico con mucho cariño este sueño cumplido.

A todos, Muchas Gracias.

## Resumen

El litoral constituye uno de los medios naturales más dinámicos, frágiles y complejos del planeta. Esta área de transición entre los sistemas terrestres y marinos se caracteriza por intensos procesos de intercambio de sedimentos y materia orgánica. A su vez, las migraciones y los desplazamientos humanos han estado favorecidos desde sus inicios por la existencia de una franja costera global; tanto por motivos de movilidad como por su alta biodiversidad y productividad. La costa no tardó en verse salpicada por innumerables asentamientos que, con el tiempo, constituirían algunos de los yacimientos arqueológicos de mayor importancia en la historia de la humanidad. Por ello, la comprensión de la dinámica litoral y su evolución temporal es crucial para el correcto entendimiento de la distribución y significado de los asentamientos arqueológicos regionales.

Esta Tesis Doctoral aborda el estudio del registro geoambiental holoceno (últimos 6.500 años) del estuario de Huelva, al suroeste de la Península Ibérica, a través del análisis de tres áreas (La Cascajera, en Isla de Saltés; la ensenada de Palos de la Frontera, y la antigua ciudad de *Onoba*); y de manera simultánea, su correlación con la evolución de los asentamientos humanos ribereños durante los distintos periodos históricos.

Los estuarios onubenses han sido ampliamente estudiados desde la perspectiva geológica y la arqueológica, abordadas generalmente de forma independiente. En los últimos años ambas disciplinas han aunado sus esfuerzos, logrando una sinergia que ha permitido una mejora considerable en la comprensión de la interacción entre el patrón de asentamiento humano y su entorno.

Geológicamente, el estudio de los yacimientos se ha basado en las características litológicas de perfiles y testigos de sondeos realizados en la barrera arenosa de La Cascajera y en la ensenada de Palos, con un total de 168 muestras brutas para distintos análisis. En el caso de la ciudad de *Onoba*, se realizó una cartografía geomorfológica y morfodinámica. A su vez, se revisó la documentación historiográfica de los yacimientos. Esto ha permitido reconstruir los procesos que originaron las distintas unidades sedimentarias que han ido

rellenando el estuario y, a su vez, establecer una cronología de eventos naturales, actividades antrópicas y sus paleoambientes.

El análisis multidisciplinar de los sedimentos del Holoceno superior de La Cascajera muestra una secuencia regresiva, desde una llanura mareal arenosa basal hasta una marisma actual, con tres facies intermedias (llanura mareal fangosa, chenier y abanicos de sobrepaso). La barrera emergió en el transito del siglo I a.C.-II d.C. Al estabilizarse, se instaló una *cetarea* romana dedicada al procesado de recursos marinos, activa desde fines de siglo IV d.C. hasta finales del siglo V d.C.

El estudio geoarqueológico del asentamiento de *Onoba* ha revelado que la evolución del relieve acantilado de los Cabezos condicionó el entramado urbano. En su zona más meridional se desarrolló una amplia área portuaria, cuya actividad sustentaba la economía de la ciudad.

El análisis de los sondeos del puerto histórico de Palos muestra un ciclo transgresivo-regresivo durante el Holoceno, evolucionando desde un paleoambiente terrestre hacia uno marino-litoral. A partir de este registro, ha sido posible fechar en 5.300 años el periodo final del Máximo Transgresivo Flandriense. Además, el registro holoceno tardío muestra que, para la época medieval, el canal mareal de la ensenada presentaría problemas de colmatación; si bien sería suficientemente profundo para la navegación.

La interrelación entre los hallazgos arqueológicos, la dinámica y la geomorfología costera, ha permitido definir la evolución natural del estuario de Huelva desde el comienzo del presente alto marino (6.500 años B.P.), así como su vínculo con los patrones de asentamientos humanos al favorecer la creación y desarrollo de puertos fluviales y marítimos de forma continuada durante más de 3.000 años.

## Abstract

The coastline is one of the most dynamic, fragile and complex natural environments on the planet. This transition area between terrestrial and marine systems is characterized by intense processes of sediment and organic matter exchange. At the same time, migrations and human displacements have been favored since their inception by the existence of a global coastal strip; both for mobility reasons and for its high biodiversity and productivity. The coast was soon dotted with countless settlements that, over time, would constitute some of the most important archaeological sites in human history. Therefore, the understanding of the coastal dynamics and its evolution through time is crucial for the correct understanding of the distribution and meaning of the regional archaeological settlements.

This Doctoral Thesis addresses the study of the Holocene geoenvironmental record (last 6.500 years) of Huelva estuary, southwest of the Iberian Peninsula, through the analysis of three areas (La Cascajera, in Saltés Island; the Palos de la Frontera cove, and the ancient city of *Onoba*); and simultaneously, its interrelationship with the evolution of the riverside human settlements during the different historical periods.

The estuaries of Huelva have been extensively studied from the geological and archaeological perspectives, generally approached independently. In recent years, both disciplines have joined forces, achieving a synergy that has allowed a considerable improvement in the understanding of the interaction between the human settlement pattern and its environment.

Geologically, the study of the geological outcrop has been based on the lithological features of profiles and cores from boreholes carried out in the La Cascajera sand barrier and in the Palos cove, with a total of 168 gross samples for different analyses. In the case of the city of *Onoba*, a geomorphological and morphodynamic cartography was carried out. Moreover, the historiographic documentation of the sites was reviewed. This has allowed to reconstruct the processes that originated the different sedimentary units which have been filling the estuary and, furthermore, to establish a chronology of natural events, anthropic activities and their palaeoenvironments.

The multidisciplinary analysis of the upper Holocene sediments of the La Cascajera shows a regressive sequence, from a basal sandy tidal plain to a current marshland, with three intermediate facies (muddy tidal plain, chenier and whashover fans). The barrier emerged in the transit of the 1st Century BC-2nd Century AD. Once stabilized, a Roman cetarea dedicated to the processing of marine resources was installed, active since the end of the 4th Century AD until the end of the 5th Century AD.

The geoarchaeological study of the *Onoba* settlement has revealed that the evolution of the cliff relief of Los Cabezos (hills) conditioned the urban layout. In its southernmost area, a large port area, whose activity sustained the city's economy, was developed.

The analysis of the soundings of the historic port of Palos shows a transgressive-regressive cycle during the Holocene, evolving from a terrestrial paleo-environment to a coastal-marine one. From this record, it has been possible to date the final period of the maximum of the Flandrian Transgression at 5.300 years. Furthermore, the late Holocene record shows that, by medieval times, the tidal channel of the cove would present colmatation problems, although it would be deep enough for navigation.

The interrelation between archaeological findings, dynamics and coastal geomorphology has allowed us to define the natural evolution of Huelva estuary since the beginning of the present high sea level (6.500 years B.P.), as well as its link with the patterns of human settlements by favoring the creation and development of river and sea ports continuously for more than 3.000 years.

# ÍNDICE

**CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN** 1

1.1. Estructura de la memoria de Tesis 3

1.2. Objetivos 5

1.3. Localización y caracterización del área de estudio 7

1.4. Metodología 11

**CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES** 17

2.1. El presente ascenso marino postglaciar y la inundación de los valles fluviales 19

2.1.1. Cronología del ascenso eustático en las costas meridionales de Iberia 24

2.1.2. La ocupación humana de una línea de costa en continuo cambio 32

**CAPÍTULO 3. EL REGISTRO MORFOSEDIMENTARIO DEL ALTO MARINO HOLOCENO EN EL ESTUARIO DE HUELVA** 39

3.1. Geomarcadores del alto eustático Postglaciar 41

3.1.1. Costas acantiladas y plataformas de abrasión 42

3.1.2. Barreras litorales en el interior del estuario 46

3.2. Progradación de barreras litorales y regularización costera 53

3.3. Eventos de alta energía y su registro morfosedimentario 54

3.4. Pautas de ocupación humana de los litorales estuarinos 84

**CAPÍTULO 4. ONOBA AESTUARIA Y SU ENTRAMADO INDUSTRIAL PORTUARIO** 97

4.1. El registro arqueológico de la Huelva prerromana 99

4.2. Geomorfología y paisaje de la Onoba romana 110

4.3. El registro geoarqueológico estuarino de la industria de pesquerías 116

**CAPÍTULO 5. GEOARQUEOLOGÍA DE LA ENSENADA COLOMBINA DE PALOS** 123
5.1. El registro arqueológico del puerto colombino de Palos 125
5.2. La ensenada de Palos y su registro sedimentario 137
5.3. Cambios ambientales y uso del territorio 154

**CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN FINAL Y CONCLUSIONES** 163
6.1. Evolución morfosedimentaria de la barrera de La Cascajera 165
6.2. Análisis geoarqueológico de la industria de pesquerías de *Onoba Aestuaria* 168
6.3. Evolución paleogeográfica de la ensenada de Palos 173
6.4. Paleogeografía del Estuario de Huelva y poblamiento humano 177
6.5. Conclusiones 182

**CAPÍTULO 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS** 189

**ANEXO I** 223
**ANEXO II** 307
**ANEXO III** 315
**ANEXO IV** 319

# CAPÍTULO 1:

## INTRODUCCIÓN

## 1.1. Estructura de la memoria de Tesis.

Esta Tesis doctoral se presenta como compendio de 5 publicaciones, relacionadas con el estudio de los registros geológicos holocenos en el estuario de Huelva. Todas ellas han sido publicadas en revistas indexadas, según los criterios descritos en la normativa de la Escuela de Doctorado de la Universidad de Huelva: *("el medio de publicación ha de estar incluido en una de las siguientes bases de datos: Science Citation Index, Social Science Citation Index, Arts & Humanities Citation Index.").* Los artículos se presentan en el anexo I al final de esta memoria.

La redacción de su contenido sigue una estructura en la que se relata, de forma cronológica, la evolución morfosedimentaria del estuario de Huelva durante los últimos miles de años, coincidiendo con el máximo eustático holoceno. El análisis geoarqueológico ha sido fundamental, puesto que la evolución y los cambios geomorfológicos acaecidos han condicionado la localización de los asentamientos humanos y el uso de los espacios ribereños.

Este formato se debe a que los distintos yacimientos se localizan en una zona regional común, con una problemática parecida; además, la metodología empleada es muy similar para todos ellos. De esta forma se evita la reiteración de datos, análisis y discusiones. Por último, la presentación de los resultados de los trabajos en un único capítulo, facilita la integración de los mismos y la mejor comprensión de sus conclusiones de forma conjunta.

- **ARTÍCULOS:**

Cáceres, L.M.; **Gómez, P.**; González-Regalado, M.L.; Clemente, M.J.; Rodríguez-Vidal, J.; Toscano, A.; Monge, G.; Abad, M.; Izquierdo, T.; Monge Soares, A.M.; Ruiz, F.; Campos, J.M.; Bermejo, J.; Martínez-Aguirre, A.; López, G.I. (2018). Modelling the mid-late Holocene evolution of the Huelva Estuary and its human colonization, South-Western Spain. *Marine Geology,* 406: 12–26.

**FACTOR DE IMPACTO: 3,349 (Q1 en SCI).**

González-Regalado, M.L.; **Gómez, P.**; Ruiz, F.; Cáceres, L.M.; Clemente, M.J.; Rodríguez-Vidal, J.; Toscano, A.; Monge, G.; Abad, M.; Izquierdo, T.; Campos,

J.M.; Bermejo, J.; Martínez-Aguirre, A.; Prudencio, M.I.; Dias, M.I.; Marques, R.; Muñoz. J.M. (2019). Facies analysis, foraminiferal record and chronostratigraphy of Holocene sequences from Saltés Island (Tinto-Odiel estuary, SW Spain): The origin of high-energy deposits. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 218: 95–105.

**FACTOR DE IMPACTO: 2,333 (Q1 en SCI).**

González-Regalado, M.L.; **Gómez, P.**; Ruiz, F.; Cáceres, L.M.; Clemente, M.J.; Rodríguez-Vidal, J.; Toscano, A.; Monge, G.; Abad, M.; Izquierdo, T.; Monge Soares, A.M.; Campos, J.M.; Bermejo, J.; Martínez-Aguirre, A.; López, G.I. (2019). Holocene palaeoenvironmental evolution of Saltés Island (Tinto and Odiel estuary, SW Spain) during the Roman period (1st century BC–5th century AD). *Journal of Iberian Geology*, 45 (1): 129-145.

**FACTOR DE IMPACTO: 1,233 (Q3 en SCI).**

Bermejo, J.; **Gómez, P.**; González-Regalado, M.L.; Ruiz, F.; Campos, J.M.; Rodríguez-Vidal, J.; Cáceres, L.M.; Clemente, M.J.; Toscano, A.; Abad, M.; Izquierdo, T.; Prudencio, M.I.; Dias, M.I.; Marques, R.; Tosquella, J.; Carretero, M.I.; Monge, G. (2019). A new roman fish-salting workshop in the Saltés Island (Tinto-Odiel Estuary, SW Spain): La Cascajera and its archaeological and geological context. *Cuaternario y Geomorfología* 33 (3-4); 13-26pp. DOI: 10.17735/cyg.v33i3-4.69080.

**Scimago (SCOPUS) 2019: 0,270 (SJR)**
**(Q3 en SCI).**

**Gómez, P.**; Toscano, A.; Rodríguez-Vidal, J.; Cáceres, L.M.; González-Regalado, M.L.; Abad, M.; Izquierdo, T.; Ruiz, F.; Monge, G.; Campos, J.M.; Bermejo, J.; Martínez-Aguirre, A. (2021). Comparativa de dataciones radiométricas en muestras de conchas marinas tardi-holocenas: El ejemplo de las tempestitas del estuario de Huelva. *Cuaternario y Geomorfología (En Prensa).*

**Scimago (SCOPUS) 2021: 0,250 (SJR)**
**(Q3 en SCI).**

- **MONOGRAFÍA:**

Rodríguez-Vidal, J.; **Gómez, P.**; Cáceres, L.M.; Arroyo, M. (2018). "El registro geológico holoceno de la ensenada de Palos de la Frontera y la evolución del paisaje de su puerto histórico: estado de la cuestión"**.** En: *Actas de las Jornadas de Historia sobre el Descubrimiento de América.* Tomo IV (E.

García, coord.) Universidad Internacional de Andalucía y Ayuntamiento de Palos de la Frontera; 489-511 pp.

Esta Tesis de doctorado ha contado con la financiación y el apoyo de los proyectos MICINN-FEDER CGL2010-15810/BTE, en colaboración con el departamento de Física Aplicada I de la Universidad de Sevilla (Laboratorio de EUITA), HAR2012- 36008, el proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía P09-SEJ04770, el CEI-Patrimonio 2014-Marismas del Odliel-PatrimoniUN10 y el subproyecto “Investigaciones geoarqueológicas en la ensenada de Palos”, financiado por el Ayuntamiento de Palos de la Frontera, así como con los grupos PAIDI: RNM293 (Geomorfología ambiental y recursos hídricos), RNM238 (Paleontología y ecología aplicadas) y HUM132 (Vrbanitas. Arqueología y Patrimonio). Este trabajo se ha desarrollado dentro de las actividades del Centro de Investigación sobre Patrimonio Histórico, Cultural y Natural (CIPHCN) de la Universidad de Huelva.

## 1.2. Objetivos.

El medio litoral es sin duda una de las áreas naturales más dinámicas, frágiles y complejas del planeta; es pues, una zona de transición entre el medio marino y el terrestre. De manera simultánea, las migraciones y los desplazamientos humanos se han visto favorecidos por la existencia de una costa de extensión global, que se ha visto salpicada de frecuentes yacimientos arqueológicos significativos en la historia de la humanidad. La comprensión de la dinámica litoral y su evolución temporal es un elemento crucial para la correcta comprensión de la distribución y significado de los asentamientos arqueológicos regionales.

Hasta hace unas décadas, era frecuente que la investigación histórico-arqueológica interpretara los yacimientos costeros desde la perspectiva de la realidad paisajística reciente, sin tener en cuenta las importantes transformaciones acaecidas en estos medios litorales a lo largo de los siglos o milenios. Sin embargo, en los últimos años, son cada vez más numerosos los

equipos de investigación que plantean la necesidad de conocer la evolución de dicho paisaje y su configuración para cada momento histórico o geológico, con el fin de comprender los asentamientos humanos en su contexto territorial original (Alonso et al., 2009).

El estuario de Huelva, al suroeste de la península ibérica, por su situación geográfica y dimensiones intermedias, ofrece una oportunidad extraordinaria para el estudio en conjunto del registro geológico de sus formaciones sedimentarias holocenas y, simultáneamente, de la evolución de los asentamientos humanos a lo largo de su historia y prehistoria.

El objetivo general de esta tesis es el de profundizar en el empleo de los recursos-proxis que ofrecen distintas materias, como la geomorfología, estratigrafía, paleontología y arqueología a modo de una única disciplina y el establecimiento de un lenguaje geoarqueológico común. Por ello, esta memoria pretende proporcionar una plataforma multidisciplinar e interdisciplinar que sirva para definir la relación entre la evolución fisiográfica del medio ambiente costero, en el estuario de los ríos Tinto y Odiel, y la población humana desde hace unos 6.000 años, periodo conocido como el Presente Interglaciar o momento eustático final de la transgresión Flandriense.

Para alcanzar dicho fin, se han planteado los siguientes **objetivos** específicos:

1. Estudio de las formaciones sedimentarias, principalmente *cheniers* y abanicos de sobrepaso (*washover fans*), identificadas en la Isla de Saltés (estuario de los ríos Tinto-Odiel), atendiendo especialmente al registro paleontológico, con el fin de deducir el origen de estos depósitos de alta energía e inferir qué escenarios hidrodinámicos pudieron producirlos.
2. Determinar la evolución geológica de la Isla de Saltés durante la época romana (siglo I a.C. - siglo V d.C.). Estos resultados se han comparado con el registro arqueológico, para trazar la evolución paleoambiental del área durante este periodo.
3. Definir la interrelación entre los procesos dinámicos naturales y la ocupación del territorio sobre la ciudad pre-romana y romana de *Onoba*,

así como la delimitación y cambios de la línea de costa en el paleoestuario de los ríos Tinto y Odiel.

4. A través de un enfoque multidisciplinar, definir la relación entre la evolución ambiental costera y los patrones de asentamiento humano en el estuario de Huelva durante el Holoceno medio y superior (Norgripiense y Megalayense).
5. Como caso particular, realizar las primeras aportaciones paleoambientales al estudio de la dinámica y evolución del estero de la Fontanilla (Palos de la Frontera) durante el último ascenso postglaciar del nivel marino (Holoceno), así como contribuir al registro geoarqueológico de la ensenada del Puerto Colombino de Palos.

## 1.3. Localización y caracterización del área de estudio.

El litoral de Huelva conforma parte del sector costero suroccidental de la Península Ibérica, extendiéndose desde la desembocadura del río Guadiana, en la frontera con Portugal, hasta la desembocadura del río Guadalquivir (Fig.1). Desde un punto de vista fisiográfico la costa de Huelva puede considerarse una costa baja y arenosa, aunque podría dividirse en diferentes sectores, de acuerdo con la configuración topográfica y la distribución de medios sedimentarios. Con este criterio pueden distinguirse sectores en forma de largas playas, desarrolladas al frente de antiguos sistemas de islas barrera, y sectores de playas adosadas, situados al pie de antiguos acantilados holocenos (Rodríguez-Vidal, 1987 a).

La ciudad de Huelva se encuentra en la desembocadura de los ríos Tinto y Odiel, constituyendo un promontorio interfluvial de marcada topografía, respecto al territorio circundante. La unión de los ríos Tinto y Odiel, en su salida al océano Atlántico, forma un complejo sistema estuarino conocido como el estuario (“Ría”) de Huelva o estuario del Tinto-Odiel (Fig.1).




***Figura 1:*** *Situación geográfica de las áreas de estudio, en la costa de Huelva. Imagen extraída de Google Earth.*

El estuario de Huelva ha sufrido un rápido relleno sedimentario en los últimos 6.000 años. La elevación del nivel del mar significó la inundación marina de los principales valles fluviales excavados por los ríos durante el Pleistoceno, produciéndose sucesivos aportes de sedimentos marinos que facilitaron la formación de ganchos arenosos y barreras litorales, así como el desarrollo de áreas mareales protegidas de la acción del oleaje. Desde el Norgripiense-Megalayense (anterior Holoceno medio-superior), el estuario ha evolucionado y, de forma simultánea, dirigido la distribución de los asentamientos humanos ribereños, marcando las pautas de uso y organización territorial.

En la actualidad, este estuario se caracteriza por una colmatación casi completa, donde las formaciones sedimentarias litorales son progradantes hacia el interior de la bocana facilitando el desarrollo de un delta (Morales et al., 2014). Esta continua sedimentación, en el seno del estuario, ha favorecido el crecimiento de llanuras mareales y marismas, destacando la isla de Enmedio, la isla de Bacuta, y la mayor de todas, la isla de Saltés; encontrándose entre las flechas arenosas de Punta Umbría y Punta Arenilla (Fig.1).

Para llevar a cabo los objetivos planteados en este estudio, se han seleccionado tres zonas singulares en la historia del estuario de Huelva (Fig. 1). Las investigaciones de campo han estado apoyadas por muestreos directos en perfiles y testificación de sondeos geomecánicos. Todo el material obtenido ha sido tratado en el laboratorio con los métodos y técnicas habituales para cada disciplina. Este trabajo, además de sintetizar los conocimientos geoarqueológicos del estuario de Huelva, se ha centrado preferentemente en las siguientes zonas de interés:

**1**. El interior de la isla de Saltés, concretamente en el extremo noroeste de uno de sus ganchos arenosos, denominado La Cascajera (Fig.2). Este nuevo afloramiento es el resultado de la migración lateral meandriforme de un canal mareal secundario, que ha erosionado tanto las llanuras mareales recientes de fango como los sedimentos arenosos y conchíferos de la antigua barrera litoral. Los nuevos perfiles sedimentarios permiten observar el interior de estas construcciones estuarinas, las distintas facies que la conforman y la asociación faunística de cada una de ellas; incluso los restos arqueológicos de asentamientos humanos ya abandonados.




***Figura 2:*** *Localización geográfica del gancho arenoso de La Cascajera en la Isla de Saltés (SO de España). Imagen extraída de Google Earth.*

**2**. La antigua ciudad de *Onoba*, localizada en la actual ciudad de Huelva, tanto en la zona comúnmente conocida como “Los Cabezos” como en sus laderas y toda la antigua ensenada, área con condiciones favorables para su uso como puerto marítimo-fluvial durante el periodo pre-romano y romano (Fig.3)




***Figura 3:*** *Ubicación de la ciudad de Onoba (Imagen extraída de Google Earth).*

**3**. La Ensenada Colombina del Puerto histórico de Palos de la Frontera, ubicada en el Estero de la Fontanilla, en la margen izquierda del río Tinto, situada al norte de la población de Palos de la Frontera (Fig.4), con una colmatación sedimentaria de gran espesor que rellena un antiguo valle fluvial afluente.

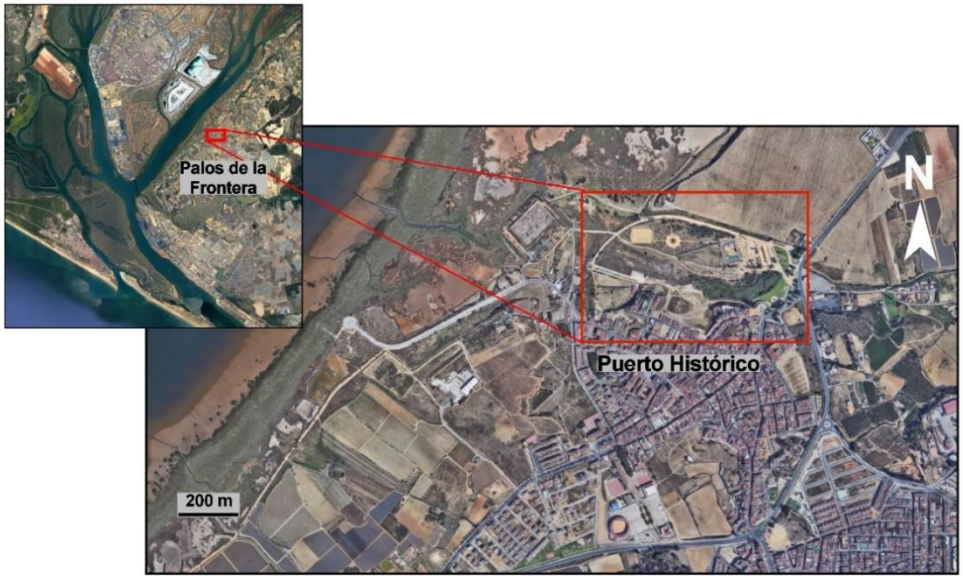



***Figura 4:*** *Localización del yacimiento del Puerto Histórico de Palos de la Frontera. Imágenes extraídas de Google Earth.*

## 1.4. Metodología.

La metodología utilizada para el estudio de estos yacimientos se fundamenta en la observación de los caracteres geológicos de los materiales que afloran en los distintos puntos anteriormente seleccionados. En general, estas observaciones se han realizado a partir de perfiles verticales excavados de forma natural o artificial y, en el caso de la ensenada de Palos de la Frontera, mediante la extracción de varios testigos de sondeos. La metodología pormenorizada aparece descrita en cada una de las publicaciones que han contribuido de forma directa a la elaboración de esta tesis.

La información obtenida, a partir de estos afloramientos, ha servido para comenzar a entender y reconstruir los procesos que han originado las distintas formaciones sedimentarias que actualmente rellenan el estuario de Huelva y establecer una cronología de eventos naturales y actividades antropogénicas. Los trabajos iniciales han consistido en análisis estratigráficos, sedimentológicos y paleontológicos, a partir de la descripción de los depósitos, de los perfiles y sus esquemas interpretativos, así como de las fotografías de detalle. Esta información nos orienta sobre los paleoambientes en los que dichos materiales fueron depositados, lo que permite diferenciar las distintas facies sedimentarias que conforman los afloramientos estudiados.

Para las zonas de La Cascajera (Isla de Saltés) y la ensenada colombina de Palos de la Frontera, se llevó a cabo un muestreo de cada uno de los perfiles y testigos de sondeos, basado en las características litológicas y paleontológicas. Entre todos se obtuvieron un total de 168 muestras brutas, de las cuales 72 muestras de 1 kg de peso pertenecen al gancho arenoso de la Cascajera y 96 muestras de 200 gr proceden de los 3 testigos de sondeos extraídos en la ensenada de Palos.

Respecto al estudio de los cabezos de Huelva (*Onoba*), se levantaron perfiles estratigráficos y se realizaron observaciones a lo largo de toda el área, para completar una cartografía geomorfológica y morfodinámica.

Posteriormente se procedió a la preparación en el laboratorio de las muestras seleccionadas, para la realización de los distintos tipos de análisis (Tabla 1). El objetivo de estos análisis es el de caracterizar los sedimentos, sus secuencias, así como el contenido faunístico y su edad isotópica. Es decir, establecer inicialmente una cronología relativa de eventos para, posteriormente, situarlos de manera absoluta en la escala temporal.

| Análisis de Laboratorio | CASCAJERA | ENSENADA DE PALOS |
|---|---|---|
| Granulometría | ✓ | ✓ |
| Micropaleontología | ✓ | ✓ |
| Análisis Macrofaunístico | ✓ | |
| Dataciones Radiométricas | ✓ | ✓ |
| Mineralogía | ✓ | |
| Geoquímica | | ✓ |
| Análisis Polínico | | ✓ |
| Análisis Arqueológico | ✓ | ✓ |

***Tabla 1**: Tipos de análisis realizados en las distintas áreas de estudio.*

- GRANULOMETRÍA

Para conocer los tamaños de grano de los sedimentos, sus porcentajes y distribución, se han realizado análisis granulométricos en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Experimentales de la Universidad de Huelva. Una vez secas las muestras, se han pasado por una serie de tamices con unas luces de malla de entre 2,50 mm y 63 micras y, en el caso de las muestras que se encontraban muy compactadas, se han sometido a disolución acuosa para ser procesadas por el analizador de tamaño de partículas *Mastersizer 2000,* localizado en el Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias (CIDERTA), de la misma Universidad.

- MICROPALEONTOLOGÍA

Para este estudio, se aplica la técnica de levigado, tomando 10 gr de muestra en los perfiles naturales de La Cascajera y 20 gr en el caso de las muestras pertenecientes a los sondeos de la ensenada de Palos. En caso necesario, si la muestra presentaba contenido en materia orgánica o se encontraba muy compactada, se atacaba químicamente, facilitando su tamizado en húmedo. Para el estudio micropaleontológico (foraminíferos y ostrácodos) se han empleado tamices de 0,250 µm, 0,125 µm y 0,63 µm (González-Regalado, 1986;

Ruiz Muñoz, 1995). El material retenido en los diferentes tamices es secado y almacenado para su posterior determinación taxonómica y tafonómica, a través de un microscopio estereoscópico, modelo *Carlzeiss Jena Citoval 2*.

- ANÁLISIS MACROFAUNISTICO

En el caso de los restos de tamaño visible, se ha trabajado en la limpieza y secado de los macrorrestos de cada una de las muestras. Posteriormente se procedió a su descripción taxonómica y tafonómica. Para ello, se describió el estado de conservación en el que se encontraban los restos. Los principales parámetros que se han tenido en cuenta son la desarticulación de las valvas, las marcas de bioerosión por parte de otros organismos (incrustaciones y perforaciones), el estado de abrasión, fragmentación, medida de ejemplares para el estudio de poblaciones, etc. Este análisis refleja la asociación faunística asociada a los diferentes ambientes y eventos puntuales registrados en las zonas de estudio.

- DATACIÓN ISOTÓPICA

EL uso de dataciones isotópicas es fundamental para la construcción de modelos paleoambientales y paleoclimáticos fiables, localizados temporalmente. Los métodos a los que se han recurrido en este estudio son la datación por radiocarbono ($^{14}$C-AMS), realizado tanto en muestras de conchas (Gasterópodos y bivalvos) como en muestras de materia orgánica (Carbón y madera) y la datación por series de Uranio ($^{230}$Th/$^{234}$U) para algunas muestras de conchas del yacimiento de La Cascajera; de manera que fuera posible la comparación de los resultados de dichos métodos en distintos ambientes. Las muestras se limpiaron de restos terrígenos con agua y se secaron en la estufa a 60ºC para ser analizadas en el Centro Nacional de Aceleradores (CNA), perteneciente al CSIC y la Universidad de Sevilla.

- MINERALOGÍA

La identificación mineralógica se realizó en 5 muestras de sedimentos donde la proporción de materiales finos era mayor. El análisis de difracción de rayos X (DRX) se realizó con un difractómetro Bruker D8 Advance A25. Las muestras de sedimento se molieron y se tamizaron finamente (<50 µm). El software utilizado fue XPowder, junto con la base de datos de ICDD (Centro Internacional para

Datos de Difracción). Los estudios de DRX se realizaron tanto en muestras a granel como en portaobjetos de grano montado (Utilizando la fracción < 20 µm). Estos últimos se utilizaron para diferenciar potencialmente múltiples tipos de sedimentos y su procedencia (marina Vs terrestre). Los portaobjetos montados se secaron al aire, se solvataron con etilenglicol, fueron tratados con dimetilsulfóxido y calentados a 550ºC. Cuando fue necesario, la materia orgánica se eliminó utilizando $H_2O_2$. La estimación semicuantitativa del contenido mineral se llevó a cabo utilizando los factores de intensidad (Gulbrandsen, 1960; Schultz, 1964; Barahona, 1974).

- GEOQUÍMICA

Para la caracterización de la composición de los sedimentos, que forman las diferentes facies, se procedió al análisis geoquímico. Se tomaron 15 gr de muestra, que fueron secadas y pulverizadas con la ayuda de un mortero de ágata. Posteriormente fueron enviadas al laboratorio MS Analytical en Langley (Columbia británica, USA) donde se analizó la composición total de la muestra. A partir de las tablas de datos obtenidas, se realizaron graficas para comparar las concentraciones de los elementos más comunes y contaminantes, pudiendo así relacionarlas con el contexto geoquímico general del estuario.

- ANÁLISIS POLÍNICO

En un estudio arqueobotánico, se toma el polen fósil procedente de un contexto arqueológico para aportar información sobre el uso del territorio y conocer cómo ha evolucionado el paleopaisaje. Para ello, se realizó un muestreo sistemático de uno de los sondeos (HU-PP-16-2) de la ensenada de Palos de la Frontera; tomando una muestra de unos 20 gr cada 20-30 cm, haciendo un total de 61 muestras. Estas muestras fueron secadas en la estufa a 60ºC y embolsadas para ser enviadas al laboratorio de Palinología de la Universidad de Alcalá de Henares. A partir de este análisis se han obtenido tablas de abundancia de especies vegetales, siendo posible la reconstrucción del entorno paisajístico en el que se depositaron.

- ANÁLISIS ARQUEOLÓGICO

Para la realización del análisis arqueológico, en primer lugar, se prospectaron los yacimientos en busca de evidencias de poblamiento, estructuras, industria y

manufactura. Las estructuras localizadas fueron objeto de excavación y estudio, así como la realización de tareas de conservación con el fin de preservarlas. A su vez, se llevó a cabo una revisión de la documentación historiográfica relacionada con cada área de estudio, de forma que el conjunto de datos arqueológicos obtenidos, a partir de las investigaciones y las fuentes bibliográficas, formaran una base para la reconstrucción histórica de los yacimientos.

# CAPÍTULO 2:

## ANTECEDENTES

## 2.1. El presente ascenso marino postglaciar y la inundación de los valles fluviales.

Las variaciones del nivel del mar llevan estudiándose durante algo más de un siglo y es considerado un fenómeno a nivel global, cuyo registro es relativamente fácil que quede morfo-estratigráficamente preservado. Los científicos analizan los cambios del nivel del mar usando datos observacionales geomorfológicos, estratigráficos, sedimentológicos, paleontológicos, etc., junto con dataciones cronológicas relativas y absolutas; de manera que cada paisaje costero ha registrado el efecto de las fluctuaciones del nivel marino de una forma distinta.

El comienzo del Periodo Cuaternario viene precedido por un cambio paleogeográfico de primer orden en el hemisferio norte (cierre del istmo de Panamá) y por el comienzo del crecimiento y expansión del casquete polar antártico en el hemisferio sur (Silva, et al., 2017).

Uno de los registros más completos de las variaciones glacio-eustáticas del nivel del mar fueron realizados a partir de los estudios de isotopos de oxígeno en foraminíferos planctónicos y bentónicos, procedentes de sondeos oceánicos profundos (Shackleton, 1987). Cabe destacar que estos datos presentan una buena correlación con la información obtenida de los registros procedentes de áreas litorales en Nueva Guinea (Bloom et al., 1974; Chappell, 1974; Aharon, 1984), Barbados (Mesolella et al., 1969; Steinen et al., 1973; Bard et al., 1990) o Mallorca (Butzer y Cuerda, 1962). Estas curvas describen una bajada del nivel marino de hasta 50 metros durante el subestadio isotópico MIS 5d (Lario, 1996), pudiendo haber alcanzado hasta -75 m al comienzo del estadio isotópico MIS 4 y el Último Máximo Glaciar (LGM) (MIS 2) representaría la máxima extensión de los hielos en ambos hemisferios, situándose a nivel global en 24-19 ka B.P. (Schneider et al., 2000), hasta 120 m por debajo del actual.

Este fenómeno quedó registrado en las costas del suroeste de Iberia provocando, por ejemplo, que los cursos de los ríos Tinto y Odiel se prolongaran sobre una plataforma continental que pudo alcanzar en esa zona una anchura de 40 Km (Melières, 1974; IGME, 1974).

El posterior ascenso eustático que se produjo, estuvo determinado por la masa total de hielo terrestre derretido durante la transición de las condiciones glaciares (LGM) al Holoceno (Peltier, 2002). El comienzo de esta época fue testigo del inicio de un proceso ambiental que ha continuado hasta nuestros días, tales como la formación de suelos, la sucesión de plantas, la ontogenia de los lagos y la migración de la fauna. En este periodo, las condiciones interglaciares se volvieron estables hace 11.500 años. Pero sería equivocado pensar que los climas, ecosistemas y accidentes geográficos del Holoceno inicial fueron idénticos a la actualidad, o que hayan permanecido estáticos durante ese tiempo (Roberts, 1989).

La última transgresión global (denominada Frandriense), no solo tuvo repercusión en el medio físico, sino que también quedó reflejada en el poblamiento humano y fruto de ello es la multitud de publicaciones que recientemente han estudiado este fenómeno.

El registro morfosedimentario de la transgresión ha sido ampliamente desarrollado en la bibliografía durante las décadas más recientes: Zazo et al., 1994; Goy et al., 1996; Dabrio et al., 2000; Cearreta y Murray, 2000.; Boski et al., 2002; 2008; Moura et al., 2007; Rodríguez-Vidal et al., 2007; Vis et al., 2008; Selby y Smith, 2015.; Benjamín et al., 2017; Smith et al., 2017.

En la península ibérica, durante el periodo Cuaternario, los agentes de la dinámica interna y externa han sido los encargados de las principales transformaciones del relieve. Las oscilaciones climáticas provocaron la retirada del mar durante el Plioceno, derivando en la construcción de una red de drenaje desvinculada de las fluctuaciones del nivel del mar. Los ríos profundizaron sus valles drenando las cuencas neógenas del interior, modelando valles bien definidos y escalonando un amplio desarrollo de terrazas fluviales (Cáceres, 1999, Silva et al., 2016 a).

Para reconstruir la configuración costera de la transgresión holocena, tomamos como referencia la curva eustática general de la evolución del nivel marino. La extensa bibliografía que encontramos al respecto se encuentra aún en el debate de cómo determinar de forma precisa la evolución eustática, además de tener en cuenta las correcciones regionales y la falta de conocimiento sobre la multitud

de variables que influyen en los cambios de nivel del mar (Roberts, 1989; Peltier, 2002; Siddall et al., 2003; García-Artola et al., 2018; Alonso y Pagés, 2010; Pirazzoli, 2005; Zazo, 2006; Zazo, 2015).

La figura 5 muestra una aproximación a la curva para el atlántico europeo, basada en una curva de variación del nivel del mar global. Como podemos observar se aprecian ciertas diferencias. Esto es debido a que influyen factores a nivel regional, como el eustatismo y el ajuste isostático glacial (GIA) además de procesos locales, tales como la compactación de sedimentos y la alteración del rango de mareas, que provocan variaciones en las tasas de ascenso del nivel marino. Podemos observar cómo las tasas de variación de la subida del nivel del mar (RSL) se reducen después de 7 Ka, provocado por la disminución en la entrada de agua de deshielo del hemisferio norte (García-Artola et al., 2018).

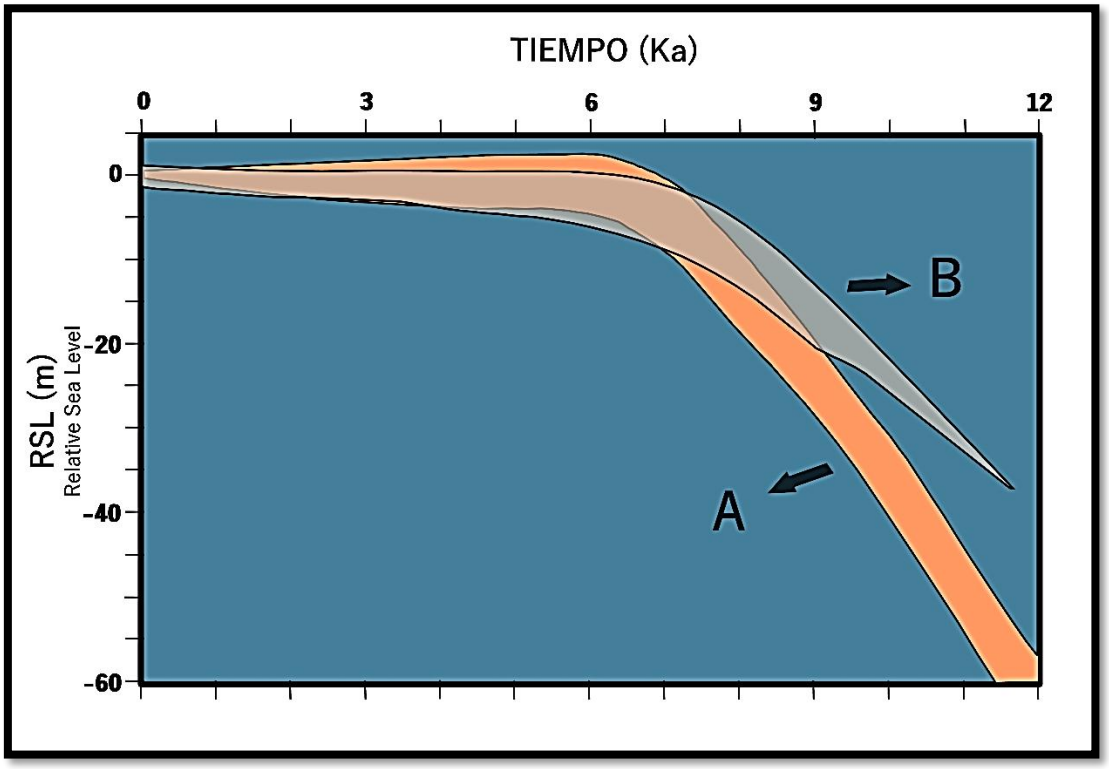



***Figura 5:*** *Curvas de las estimaciones de alturas del nivel del mar y su evolución espaciotemporal a escala global (A) y para la costa Atlántica europea (B) (Modificado de García-Artola et al.; 2018 y Roberts, 1989).*

A medida que nos adentramos en el último periodo interglaciar, el nivel del mar comenzó a subir de forma discontinua, provocando la inundación de las terrazas fluviales inferiores y alcanzando su máximo eustático en torno al 6.500 B.P. (Zazo et al., 1994) y que se situaría unos 2 o 3 metros por encima del nivel marino

actual (Fig.6). Los estuarios de la costa atlántica europea comenzaron a colmatarse de sedimentos, formando llanuras mareales y marismas en su interior (Allen, 2000). La homogeneidad y escasa consistencia frente a la erosión de las formaciones sedimentarias neógenas y cuaternarias, que constituían la plataforma continental, provocaron que la trasgresión flandriense supusiera una rectificación del trazado del modelado costero. Todo ello, acarreó una intensa erosión y desmantelamiento de las formaciones más superficiales, además de favorecer el crecimiento de flechas litorales e islas barrera que provocaron el cierre de las desembocaduras fluviales hacia mediados y finales del Holoceno (Rodríguez-Ramírez et al., 1997 a; Cáceres, 1999; García-Artola et al., 2018). Desde entonces, han sido los agentes dinámicos externos, como la corriente de deriva, el oleaje, la marea, y el viento, los que han modelado este tramo costero suratlántico; todo ello favorecido, como se mencionó anteriormente, por el lábil sustrato arenoso neógeno y cuaternario. La acción de estos agentes tiende a regularizar el nuevo trazado costero mediante la erosión de los salientes, formando acantilados, y el relleno de los entrantes, dando lugar a marismas y barreras arenosas.

Durante el máximo flandriense el estuario de los ríos Tinto y Odiel constituía un entrante marino de unos 20 Km de largo hacia el Odiel y unos 3 Km de anchura, alcanzando la latitud de Gibraleón. Mientras que, hacia el río Tinto, el mar se adentraba unos 17 Km, llegando un poco más al este de San Juan del Puerto (Fig.6), con una anchura de en torno a 2 Km.

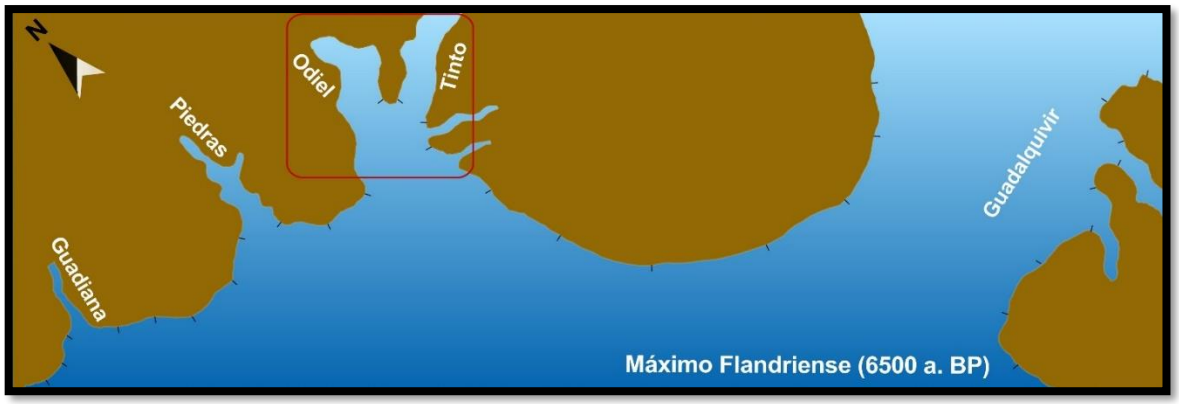



***Figura 6:*** *Esquema paleogeográfico del litoral onubense en el máximo flandriense. En rojo el estuario del Tinto-Odiel (Modificado de Rodríguez-Ramírez et al., 1997).*

La orilla occidental del estuario presenta un trazado NNE irregular con numerosos y pequeños entrantes marinos, conformados a partir de la inundación

de los pequeños valles fluviales y arroyos afluentes. Algunos de estos entrantes llegaban hasta los pies de los que después fueron asentamientos humanos importantes, como Papa Uvas (S. VIII-II a.C.) o Aljaraque (IV-II a.C.), donde existió un puerto fenicio (Martín de la Cruz, 1998).

En la orilla opuesta del estuario del Odiel y en su confluencia con el Tinto destacaba el saliente sobre el que se asienta en la actualidad la ciudad de Huelva. Este promontorio sobresalía tanto por su carácter peninsular, rodeado por el mar por el este, el sur y el oeste, como por su desnivel topográfico respecto al entorno, donde se alcanzaban cotas de en torno a 70 m s.n.m. Esta situación confería a esta pequeña península un elevado valor estratégico, por lo que no tardó en ser ocupada por el ser humano, ya en el Bronce Final (Gómez Toscano et al., 2014), manteniéndose hasta hoy día.

Por su parte, en el Tinto el entrante marino era algo más angosto, ensanchándose en las proximidades de la actual capital onubense a partir del pequeño sub-estuario de la rivera de la Nicoba. Este entrante menor casi cerraba por el ONO a la mencionada península de Huelva, incrementando así su situación estratégica de aislamiento. Por su parte, la orilla más oriental del estuario presentaba en general un trazado más regular, tan solo interrumpido por el entrante del actual estero de Domingo Rubio, en el entorno del borde oriental de la bocana.

A partir del momento de la formación del estuario, los aportes tanto continentales como litorales comenzaron a sedimentarse en su fondo, descendiendo el espesor de la lámina de agua. Este proceso permitió la formación de barras litorales a poniente de la bahía, favorecidas por las corrientes de deriva procedentes del oeste. La influencia marina continuó al menos hasta el 3.000 B.P, cuando la flecha de Punta Umbría alcanzó las proximidades de la actual Isla de Saltés (Rodríguez-Vidal, 1987 a) y esta iniciaba su formación. De esta manera, la bocana del estuario iba quedando cada vez más restringida a la acción del oleaje, mientras que las mareas seguían ejerciendo su influencia en este espacio.

En los estuarios en general, la mezcla de agua dulce proveniente de los aportes fluviales, con el agua salada marina, favorece la sedimentación de materiales de

calibre fino mediante el proceso de floculación (unión de partículas finas en un agregado que es depositado en los fondos por la acción de la gravedad. Además, este material fino en suspensión es muy abundante en los medios de baja energía, siendo aportados principalmente por los cursos fluviales). De esta forma, la profundidad del agua va disminuyendo progresivamente hasta que el depósito es expuesto justo sobre el nivel de marea alta, momento a partir del cual es aprovechado por la vegetación halófita para colonizarlo y fijarlo, dando lugar a las marismas. Este proceso ha tenido lugar en el estuario del Tinto-Odiel desde el inicio del cierre del entrante marino, aunque sufrió una importante aceleración a partir del siglo II d.C., debido al incremento de aporte sedimentario fluvial por la acción antrópica de la minería, el desbroce y el cultivo en zonas interiores del continente (Clemente et al., 1985).

### 2.1.1. Cronología del ascenso eustático en las costas meridionales de Iberia.

Los estuarios, al igual que otros paisajes localizados en la interfase océano-continente, están sujetos a rápidos cambios morfosedimentarios en distintas escalas temporales. Los variados procesos dinámicos concurrentes están condicionados por una serie de factores que pueden reforzarse mutuamente o eliminarse. Durante el último período Postglaciar (últimos 15.000 años), comenzó el proceso de configuración de la mayoría de los estuarios de la costa occidental de Europa (Alonso y Pagés, 2010). Los factores más importantes que controlaron la inundación y el relleno de los paleo-valles fluviales en terrenos no glaciares, fueron la elevación eustática, la erosión continental, la disponibilidad de sedimentos en la plataforma y la hidrodinámica local.

El registro holoceno en el suroeste de la península ha sido ampliamente estudiado; Lario et al. (2002); Zazo et al. (2008) y Boski et al. (2008), centrándose en la evolución de la costa sur atlántica y su conexión con el Mediterráneo. Toda la bibliografía coincide en que se produjo una subida muy rápida del nivel marino durante la deglaciación y comienzos del Holoceno y posteriormente es seguido de una ralentización. La evolución a partir de este punto varía según los autores, desde una estabilización con oscilaciones (Zazo et al., 2008) hasta etapas de bajada (Boski et al., 2002; 2008; Boomer y Horton, 2006). Estas evidencias

pueden encontrarse en el área de conexión Atlántico-Mediterráneo; principalmente a lo largo de la costa del golfo de Cádiz (Fig. 7).

También exponen que el relleno de los estuarios se produjo durante la transgresión holocena, simultáneamente junto con el rápido ascenso del nivel del mar. De forma que el relleno continuó después del máximo transgresivo durante la fase de alto nivel marino y se extendió hasta la actualidad (Goy et al.,1996; Dabrio et al.,2000).




***Figura 7:*** *Localizaciones en las que se han encontrado evidencias de las variaciones del nivel marino (Imagen tomada de Google Earth).*

En general, la sedimentación holocena de los estuarios del SW de España sigue dos tendencias muy marcadas. Hace 10.000 años, tuvo lugar la desaceleración del proceso de subida del nivel marino en los litorales atlántico y mediterráneo, llegando al máximo transgresivo hace unos 6.500 años B.P., representado por unas tasas de sedimentación de 5 mm/año característico de la agradación de las cuencas estuarinas. Las áreas afectadas por las mareas presentan un registro sedimentario y faunístico claramente marino, mientras que las áreas emergidas están compuestas por un desarrollado sistema de flechas y barreras litorales. En la segunda etapa, posterior al máximo transgresivo, estos sistemas muestran tasas de sedimentación inferiores a 2 mm/año (Lario et al., 2002). Una primera

fase se sitúa ente 6.500 y 3.000 años B.P., con un tramo de no progradación hacia el 4.000 B.P. y una segunda fase desde hace 2.750 años hasta la actualidad; con dos hiatos deposicionales hacia el 1.200 y el 1.050 años B.P. Estos resultados demuestran que la tasa de subida del nivel del mar decreció después del 6.500 B.P., cuando la tasa de sedimentación del interior del estuario sobrepasaba la tasa de subida del nivel del mar, como propone Dabrio et al. (2000).

Como base para esta investigación, se han tomado de referencia 8 áreas análogas del SO peninsular (Fig. 7) en las que se registran evidencias de la evolución cronoestratigráfica de los depósitos sedimentarios, con respecto a las variaciones del nivel marino. A partir de ellas, se ha realizado una recopilación de dataciones (Anexo II); de las cuales destacamos las pertenecientes al interior del estuario de los ríos Tinto y Odiel (Tabla 2).

**# 1 Roquetas, Almería:** Se trata de una de las localizaciones en la que se ha encontrado el registro más completo de estas etapas transgresivas holocenas en el interior de un sistema de crestas de playa (costa de Roquetas, Almería). A través de este registro, ha sido posible el reconocimiento y refinamiento de la cronología de los eventos de progradación y erosión de playas en el periodo posterior al máximo transgresivo. Las barras arenosas que afloran en el área de conexión Atlántico-Mediterráneo se acumularon durante el máximo del presente interglaciar. El estudio morfosedimentario mostró un conjunto de crestas de playa adosadas, separadas por periodos de no progradación o parcial erosión. La generación de esta secuencia está relacionada con periodos de suaves fluctuaciones del nivel marino. Los sistemas incluyen cuatro generaciones de crestas que han sido fechadas mediante $^{14}C$. Los episodios de intensa progradación se iniciaron aproximadamente entre 6.900 y 4.000 años B.P. (H1), 4.000 y 2.500 años B.P. (H2), 2.500 a 1.000 años B.P. (H3), y desde hace 1.000 años hasta la actualidad (H4). Estos episodios están separados por otros periodos de no progradación o erosión que, basándose en el análisis radiométrico, tuvieron lugar hace 4.000 años B.P., 2.500 años B.P. y 1.000 años B.P. (Zazo et al., 1994).

**# 2 Estuario del río Guadalete:** Al oeste del estrecho de Gibraltar, en el interior de la bahía de Cádiz (Dabrio, 2000; Lario et al., 2002), el nivel del mar al comienzo del Holoceno se encontraba unos 30-35 metros por debajo del nivel actual. Si lo comparamos con la altura de otros estuarios como por ejemplo (Hernández-Molina et al., 1994) para el estuario del Tinto-Odiel (22-30 metros), se observan hasta 13 metros de diferencia, poniendo de manifiesto que existen irregularidades topográficas a lo largo de los valles de los ríos. El periodo de inundación máxima coincide con la máxima migración terrestre de la barrera estuarina del Guadalete. De forma que la mayor parte de la entrada de sedimentos fluviales estaba ocupada por los deltas de la bahía. Como consecuencia de ello, se favoreció la acumulación vertical de llanuras mareales y su colonización por asentamientos humanos (Borja et al., 1999). A medida que el estuario se colmataba, se estabilizaron las barreras litorales y aparecieron los primeros sistemas de dunas. El aporte sedimentario de los cursos fluviales contribuyó a la deriva litoral, favoreciendo el crecimiento de la amplia flecha de Valdelagrana.

**# 3 Estuario del río Guadalquivir:** La evolución cronológica del parque nacional de Doñana está marcada por los cambios costeros producidos desde el Holoceno medio. Constituye un ejemplo del relleno sedimentario de un amplio estuario mareal. Los sistemas de barras del interior muestran cuatro fases de progradación (Rodríguez-Ramírez et al., 1996 a). El primero está datado entre el máximo Flandriense (6.900 años B.P.) y hace 4.500 años B.P.; el segundo entre 4.200-3.900 B.P. y 2.700-2.600 B.P.; el tercero entre 2.300 y 1.100 B.P.; y el cuarto entre 1.000 B.P. y el presente. Estas fases sedimentarias fueron interrumpidas por periodos de rápidos ascensos del nivel del mar que se prolongaron entre 100 y 300 años. Siendo estas separaciones, fases de erosión (4.500-4.200 B.P., 2.600-2.300 B.P. y 1.100-1.000 B.P.) provocadas por eventos o episodios de alta energía. El crecimiento hacia el este de la barrera litoral dominante (flecha de Doñana) desencadenó la formación de extensas llanuras mareales que redujeron el tamaño del estuario, favoreciendo su protección. Al pasar a ser dominado por las mareas y las corrientes fluviales, se provocó una crisis biológica de la fauna estuarina, reduciéndose las especies de ostrácodos y bivalvos, e introduciéndose hacia el interior del estuario fauna marina

reelaborada. A esto, se unió un continuo crecimiento de las barreras costeras y el desarrollo de campos dunares que migraron hacia el interior de los humedales (Rodríguez-Ramírez et al., 1996 b; Ruiz et al., 2005; Rodríguez-Vidal et al., 2014 a).

**# 4 Valencina de la Concepción:** El dolmen de la Pastora es un monumento megalítico, de época calcolítica, que se localiza en la importante zona arqueológica de Valencina de la Concepción, Sevilla. Consiste en el asentamiento humano de mayor tamaño del valle del Guadalquivir, durante el tercer milenio antes de nuestra Era. Las grandes lajas de arenisca calcárea con las que se construyó el tholos de la Pastora, presentan evidencias de actividad bioerosiva muy intensa por parte de organismos litófagos (bivalvos, anélidos y esponjas) marinos. En algunos casos se encontraron las valvas de los individuos en el interior de sus madrigueras. Estas estructuras bioerosivas fueron formadas en un ambiente costero de baja profundidad. La actividad de estos organismos cesó justo en el momento de la extracción de la roca que los contenía, para su uso como material de construcción; es decir, que el sustrato rocoso que formaba la plataforma de abrasión marina fue directamente extraído en lajas como material de cantería. Está actividad bioerosiva está fechada entre 4.780 y 4.400 años cal. B.P., momento en el que el nivel del mar debió estar en una cota cercana a la actual, aunque la configuración del estuario del Guadalquivir debió ser muy diferente. (Cáceres et al., 2014).

**# 5 Laguna de Las Madres:** consiste en la mayor laguna litoral de la costa onubense. En ella ha quedado registrada la evolución de las barras costeras que fueron desarrolladas en el litoral Atlántico-Mediterráneo. La laguna se formó por el cierre del arroyo Madre del Avilar, como consecuencia del desarrollo de la flecha litoral de Punta Arenilla y sus dunas asociadas. Queda patente un marcado cambio ambiental en torno al 5.480 B.P., que puede asociarse a la acción de eventos de alta energía o a un ascenso eustático, con retroceso de la línea de costa. Se cambió así, de un medio salobre y húmedo, correspondiente a una etapa de lagoon costero, a una turbera de agua dulce (Zazo et al., 1996 a; 1996b; Cáceres et al., 1997).

**# 6 Palos de la Frontera:** El registro de una serie de sondeos realizados en la ensenada colombina del estero de la Fontanilla, ha permitido recopilar

información paleoambiental de casi todo el periodo Holoceno, repartido en 6 fases (Rodríguez-Vidal et al., 2019). La primera corresponde con una etapa inicial transgresiva, caracterizada por el desarrollo de canales mareales de baja profundidad sobre un área ya emergida. La transgresión continua (fase 2) apareciendo microfauna de origen marino y desarrollándose canales mareales abiertos. Esta situación se prolonga hasta la estabilización del nivel del mar (fase 3). A partir de 5.300 años B.P. (fase 4) comienza una etapa de bajada relativa del nivel marino que se prolongara hasta la fase 6. Durante este episodio, se produjo la emersión de zonas sumergidas y el avance del medio terrestre (Arroyo, 2019; Rodríguez-Vidal et al., 2019).

**# 7 Estuario de los ríos Tinto y Odiel:** El estuario holoceno de los ríos Tinto-Odiel está formado por amplias llanuras mareales, compuestas por una diversidad de formas, facies y secuencias sedimentarias en su interior (Borrego, 1992). Estas han sido objeto de numerosos estudios cronológicos (Ver tabla 2) (Pendón et al., 1998; Borrego et al., 1999; Dabrio et al., 1999 a; 2000) conservándose un registro casi continuo desde el Pleistoceno tardío al Holoceno. Dichas formas son el producto de una interrelación compleja entre los procesos fluviales y los mareales, cuyo proceso de colmatación comenzó hace unos 10.000 años B.P. El estuario sufrió una primera etapa de ascenso continuo y rápido del nivel del mar, representado por una tasa de sedimentación de 3 mm/año, seguida por otra etapa de reposo (5.400 hasta el presente) en el que la tasa de sedimentación disminuyó a 1 mm/año, junto con la estabilización del máximo transgresivo, considerándose regresivo ya que se produjo una rápida acumulación de sedimentos con un nivel del mar estabilizado. De esta forma, el estuario evoluciono desde un ambiente marino dominado por las olas a un ambiente estuarino dominado por las mareas (Lario et al., 2002; Dabrio et al., 2000; Borrego et al., 1999).

**# 8 Estuario del río Guadiana:** Situado en la parte más occidental de la costa de Huelva, está formado por un estrecho valle fluvial y constituye la principal fuente de sedimentos detríticos de esta costa (Borrego, 1992). La evolución morfosedimentaria de esta área se describe mediante una sucesión de pulsos y ha sido muy influenciada por la actividad fluvial y mareal (Lario, 1996). Mediante el estudio del contenido faunístico de varios sondeos (Boski et

al., 2002; 2008; Delgado et al., 2012), se determinó que el inicio del desarrollo del estuario tuvo lugar hace 13.000 años B.P. pasando de una sedimentación fluvial a condiciones estuarinas, mediante un ascenso rápido del nivel del mar. El cual, aumentó a una velocidad de 7,6-7,0 mm/año entre el 13.000 y el 7.500 B.P., reduciéndose a 1,8-0,9 mm/año desde el 7.500 B.P. (Delgado et al., 2012). Tras la desaceleración de la subida del nivel marino, posterior a la etapa de máximo transgresivo, tuvo lugar un corto pero definido pulso marino hace 4.400 años B.P. (Camacho et al., 2017). Desde entonces, el estuario comenzó a acomodar sedimentos que provenían de la plataforma continental, mientras que el nivel marino se desplazó hasta una posición similar a la actual (Boski et al., 2002).

| LOCALIZACIÓN | CÓDIGO DE LABORATORIO | EDAD $^{14}C$ CONVENCIONAL | $\delta^{13}C$ (‰) | MATERIAL | PROF. | REFERENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ODIEL TIDAL FLAT | GX-21809 | 8340 ± 105 | -3,2 | SHELL | 22 | Dabrio et al., 2000. |
| ODIEL TIDAL FLAT | GX-21810 | 6630 ± 105 | 0,7 | SHELL | 18,8 | Dabrio et al., 2000. |
| ODIEL TIDAL FLAT | GX-21811 | 6825 ± 105 | -0,3 | SHELL | 15,5 | Dabrio et al., 2000. |
| ODIEL TIDAL FLATδ | GX-21812 | 5675 ± 100 | -1,2 | SHELL | 13,8 | Dabrio et al., 2000. |
| ODIEL TIDAL FLAT | GX-21813 | 5870 ± 100 | -1 | SHELL | 13,05 | Dabrio et al., 2000. |
| ODIEL TIDAL FLAT | GX-21814 | 2050 ± 100 | -2,2 | SHELL | 9,75 | Dabrio et al., 2000. |
| ODIEL TIDAL FLAT | GX-21815 | 960 ± 100 | -0,5 | SHELL | 5,5 | Dabrio et al., 2000. |
| ODIEL TIDAL FLAT | GX-21816 | 150 ± 45 | -26,2 | PLANT DEBRIS | 2,6 | Dabrio et al., 2000. |
| ODIEL TIDAL FLAT | GX-21817 | 215 ± 95 | -2 | SHELL | 3,3 | Dabrio et al., 2000. |
| ODIEL TIDAL FLAT | GX-21844 | 1780 ± 255 | -1,3 | SHELL | 7,6 | Dabrio et al., 2000. |
| ODIEL TIDAL FLAT | GX-21818 | 3295 ± 105 | -1,4 | SHELL | 10 | Dabrio et al., 2000. |
| ODIEL TIDAL FLAT | GX-21819 | 6715 ± 115 | 0,3 | SHELL | 15,2 | Dabrio et al., 2000. |
| ODIEL TIDAL FLAT | GX-21820 | 25340 ± 400 | -27,4 | PLANT DEBRIS | 24 | Dabrio et al., 2000. |
| ODIEL TIDAL FLAT | GX-21821 | 30705 ± 100 | -26,7 | PLANT DEBRIS | 25,2 | Dabrio et al., 2000. |
| ODIEL TIDAL FLAT | GX-21845 | `26210 +4740/-2960 | -28,2 | PLANT DEBRIS | 25,45 | Dabrio et al., 2000. |
| EL ACEBUCHAL (SALTES ISLAND) | UTC-4182 | 5100 ± 110 | 1,75 | SHELL | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| EL ACEBUCHAL (SALTES ISLAND) | UTC-4185 | 1900 ± 105 | 1,33 | SHELL | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| LA CASCAJERA (SALTES ISLAND) | IRPA-1157 | 2705 ± 90 | 1,74 | SHELL | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| LA CASCAJERA (SALTES ISLAND) | IRPA-1158 | 2675 ± 90 | 1,82 | SHELL | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| LA CASCAJERA (SALTES ISLAND) | UTC-4190 | 1290 ± 105 | 1,55 | SHELL | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| LA CASCAJERA (SALTES ISLAND) | UTC-4186 | 1360 ± 100 | 1,58 | SHELL | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| LA CASCAJERA (SALTES ISLAND) | UTC-4187 | 1300 ± 115 | 1,36 | SHELL | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| PUNTA ARENILLA SPIT | IRPA-1164 | 2950 ± 95 | 1,49 | SHELL | 0 | Dabrio et al., 2000. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PUNTA ARENILLA SPIT | IRPA-1156 | 3220 ± 95 | 1,3 | SHELL | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| PUNTA UMBRIA SPIT | GX-20907 | 2875 ± 110 | 1,5 | SHELL | 0 | Zazo et al., 1996 a. |
| PUNTA UMBRIA SPIT | GX-20908 | 3115 ± 115 | 1,8 | SHELL | 0 | Zazo et al., 1996 a. |
| PUNTA UMBRIA SPIT | GX-20909 | 1460 ± 110 | 1,8 | SHELL | 0 | Zazo et al., 1996 a. |
| ODIEL | GX-VEC-10 | 3180 ± 135 | | | -4 | Pendón et al., 1998. |
| ODIEL | GX-21288 | 8720 ± 260 | | | -32,5 | Pendón et al., 1998. |
| ODIEL | GX-21287 | 5390 ± 150 | | | -10 | Pendón et al., 1998. |
| ODIEL | BAR-VH5 | 1800 ± 80 | | | -5,6 | Pendón et al., 1998. |
| TINTO | BAR-VT8 | 1620 ± 70 | | | -2,4 | Pendón et al., 1998. |
| TINTO | BAR-VT15 | 3240 ± 100 | | | -4,1 | Pendón et al., 1998. |
| DOMINGO RUBIO | BAR-VR3 | 3090 ± 60 | | | -3,4 | Pendón et al., 1998. |
| LAS MADRES | LGQ-1021 | 960 ± 200 | | PEAT | 5 | Zazo et al., 1996 a / Dabrio et al., 2000. |
| LAS MADRES | LGQ-1022 | 1090 ± 170 | | PEAT | 4,6 | Zazo et al., 1996 a / Dabrio et al., 2000. |
| LAS MADRES | LGQ-1023 | 1150 ± 190 | | PEAT | 4,4 | Zazo et al., 1996 a / Dabrio et al., 2000. |
| LAS MADRES | LGQ-1024 | 1570 ± 180 | | PEAT | | Zazo et al., 1996 a. |
| LAS MADRES | LGQ-19 | 2570 ± 200 | | PEAT | | Zazo et al., 1996 a. |
| LAS MADRES | LGQ-20 | 3410 ± 180 | | PEAT | | Zazo et al., 1996 a. |
| LAS MADRES | UTC-4029 | 2550 ± 50 | | PEAT | 2 | Zazo et al., 1996 a / Dabrio et al., 2000. |
| LAS MADRES | UTC-4027 | 3520 ± 60 | | PEAT | 1,3 | Zazo et al., 1996 a / Dabrio et al., 2000. |
| LAS MADRES | UTC-4036 | 4450 ± 70 | | ORGANIC MUD | 0,55 | Zazo et al., 1996 a / Dabrio et al., 2000. |
| LAS MADRES | UTC-4023 | 5480 ± 60 | | ORGANIC MUD | 0,7 | Zazo et al., 1996 a / Dabrio et al., 2000. |
| LAS MADRES | L.BF | 4450 ± 75 | | PEAT | | Menéndez Amor y Florschütz, 1964. |
| LAS MADRES | L.BF | 2220 ± 80 | | PEAT | | Menéndez Amor y Florschütz, 1964. |

***Tabla 2:*** *Resumen de las dataciones realizadas por diversos autores en los depósitos del estuario de los Ríos Tinto y Odiel.*

Como expone Costas et al. (2016)**,** la incertidumbre que envuelve las variaciones futuras del nivel del mar ha provocado controversias, sobre todo respecto a las variaciones producidas por la deglaciación durante el Holoceno. Estas transformaciones han sido ampliamente estudiadas para la costa atlántica, aunque existen discrepancias respecto a su evolución durante el Holoceno medio-superior. De ahí, ha surgido la necesidad de realizar reconstrucciones de alta calidad a nivel regional, aunque casi todas están fundamentadas en registros de sondeos. El reto actual consiste en predecir modelos detallados locales, ya que como sugiere el registro geológico, las fluctuaciones tienden a mostrar un

fuerte patrón regional. El impacto provocado entre una región y otra es de muy distinto calibre, no pudiendo evaluarse mediante modelos generalizados.

Las diferencias regionales del nivel del mar, en escalas temporales de años a décadas, están basadas en la complejidad de la acción de elementos como el aporte de la expansión térmica heterogénea del océano y una combinación de los efectos gravitatorios en la distribución del agua del deshielo, el viento, variaciones en la circulación termohalina, además del ajuste glacio-eustático. Todo ello demuestra que los modelos GIA (modelo glacio-isostático) no concuerdan con las observaciones realizadas en el campo.

Las fuentes clásicas de información para el estudio de las variaciones del nivel marino han sido el análisis de foraminíferos, polen, corales, espeleotemas y datos arqueológicos. En los últimos años, se ha explorado nuevas vías para el estudio de estos fenómenos. Las barreras costeras se originan por el efecto continuo del oleaje, el viento, las mareas y las corrientes. No obstante, el crecimiento de estos depósitos está subordinado a la media relativa del nivel del mar. Estas morfologías costeras pueden crecer verticalmente en consonancia con el ascenso del nivel marino; siempre que se disponga de espacio de alojamiento y haya disponibilidad de sedimentos que compensen los cambios provocados por las oscilaciones del nivel marino. Las últimas reconstrucciones basadas en este hecho registran un aumento continuo y lento del nivel marino después de los 6500 años B.P.; resultados congruentes con estudios anteriores para el suroeste de Europa (Costas et al., 2016).

### 2.1.2. La ocupación humana de una línea de costa en continuo cambio.

Las transformaciones del paisaje costero, condicionadas por las sucesivas variaciones del nivel del mar, propiciaron su ocupación por los diferentes grupos de humanos y civilizaciones, organizándose en un poblamiento basado en el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles en el medio. El uso de estos recursos costeros ciertamente se extiende hasta el Pleistoceno (Cortes et al., 2011), aunque la mayoría de las evidencias de estos primeros periodos han sido anegadas o destruidas por los altos niveles del mar durante el Holoceno (Bailey et al., 2008). Es por ello, que solo durante el Cuaternario tardío

disponemos de un registro adecuado para los patrones de ocupación costera (Roberts, 1989; Bermejo et al., 2016).

La costa suroccidental de Iberia cuenta con un amplio registro continuado de poblamiento. Casi 7.000 años de ocupación humana de los paisajes ribereños, en los que la explotación y adaptación de sus asentamientos a un medio dinámicamente cambiante han quedado recogidos en un variado registro geoarqueológico (Cáceres et al., 2018). Este estudio es esencial para la interpretación de los cambios climáticos y ambientales regionales, así como para dar una explicación a la adaptación y usos de los distintos pobladores al medio natural y a la ubicación o translocación de algunos de sus asentamientos (Rodríguez- Vidal et al., 2015).

Desde tiempos prehistóricos, la riqueza minera de la conocida como Faja Pirítica Ibérica ha favorecido un floreciente y prolongado asentamiento humano de las regiones interiores del golfo de Cádiz, tanto de Sierra Morena (p.e. Cabezo Juré, Sáez et al., 2003) como en la Tierra Llana de su piedemonte, llegando incluso a las inmediaciones de la antigua línea de costa (p.e. Valencina de la Concepción, Nocete et al., 2008). El poder y riqueza de estos pueblos nativos atrajo a pobladores del Levante mediterráneo, como los fenicios y griegos, deseosos de compartir y comerciar con sus recursos naturales, además de colonizar puntos costeros estratégicos que favoreciesen su perduración cultural y comercial en la región (Gómez Toscano et al., 2015). A esta actividad minera y su industria metalúrgica asociada, se le sumaron las propias de estas costas tan ricas y productivas en agricultura y pesquería, tanto de la pesca, como de toda una industria vinculada a ella, p.e. salinera, alfarera o culinaria (Ruíz Mata et al., 2006). Todas estas actividades convivieron y se complementaron en ciertos periodos de tiempo, hasta que finalmente se impuso la explotación de los recursos agrícolas y marinos, perdurando hasta la época tardoantigua (Campos et al., 2015; Bernal et al., 2015).

Respecto a los yacimientos protohistóricos, actualmente se intenta conocer la aportación de la sociedad occidental, a partir de mediados del I Milenio a.C. De ello se deduce que la sociedad occidental, con los descendientes indígenas y el aporte de orientales, formarían grupos más o menos homogéneos, relacionados para la obtención y comercio internacional de productos marinos, con

asentamientos costeros situados entre el Algarve occidental y la bahía de Cádiz, donde se situaba la capitalidad de la Liga Gaditana (Fig. 8).

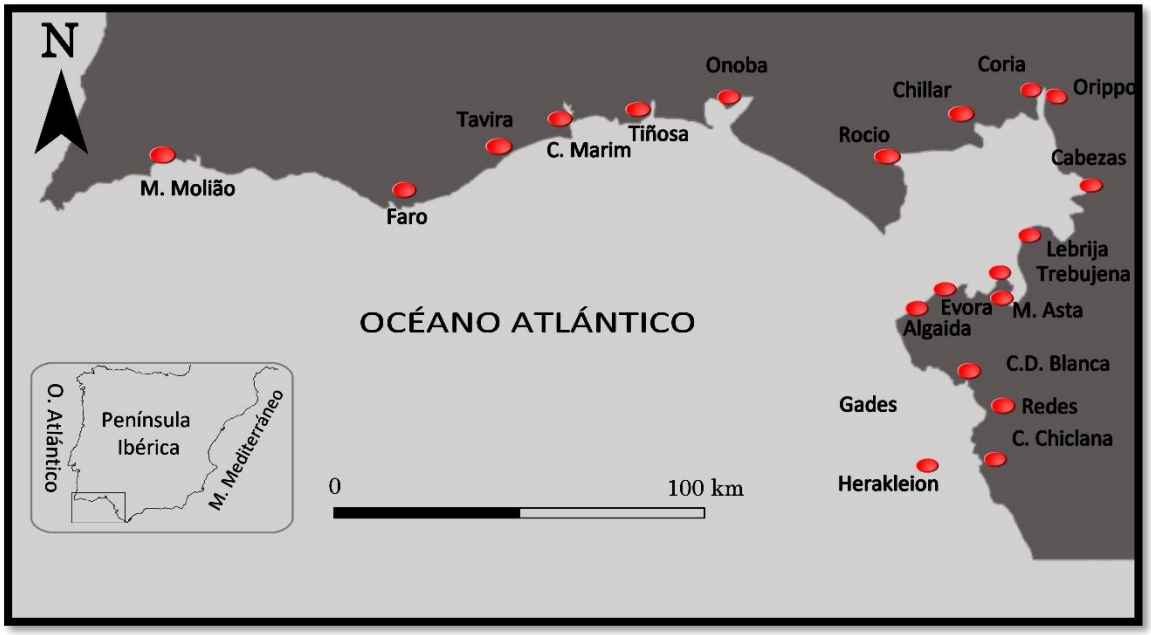



***Figura 8:*** *Localización aproximada de los principales asentamientos costeros desde el siglo VI a.C. hasta la Antigüedad Tardía, a lo largo de una paleolínea de costa reconstruida, correspondiente al último máximo transgresivo postglaciar (Modificado de Gómez-Toscano et al., 2015).*

Desde el siglo V a.C., la costa atlántica en general y la bahía de Cádiz en particular, habrían contado con otros recursos importantes que favorecieron su ocupación, destacando la facilidad de capturas piscícolas y la obtención de sal marina, que es un principal conservante de alimentos (Ruiz Mata et al., 2006). Esta actividad parece relacionarse con la presencia de púnicos-cartagineses en el Suroeste desde muy temprano, conectando con la recurrente "colonización fenicia", primero tiria y después cartaginesa. Sin embargo, debería tenerse en cuenta que al mencionar a la bahía de Cádiz se hace referencia a una zona del espacio mediterráneo, donde el consumo de productos marinos por la sociedad occidental fue sin duda un hecho constante desde la Prehistoria, por la variedad de sus especies (Soriguer et al., 2009; López-Amador y Ruiz-Gil, 2010), así como la obtención de sal para su conservación, incluso desde el III Milenio a.C. (Escacena et al., 1996).

Desde el punto de vista arqueológico, relacionado con la cultura material, en el Círculo del Estrecho podemos observar la continuidad durante más de mil años

en la producción alfarera, desde el siglo VI a.C. hasta la Antigüedad Tardía, teniendo muy en cuenta la relacionada con envases para la salazón (Niveau y Blanco, 2007; Sáez, 2010 a), que confirma la importancia del recurso, como posiblemente fueron los metales en momentos anteriores. Por tanto, la principal industria del Suroeste a partir del siglo V a.C., además de la agricultura y la ganadería tradicionales, serán factorías de salazón y talleres costeros para la fabricación de envases para unos recursos específicos, y también la de una vajilla de mesa propia de gran calidad (Niveau, 2004).

Actividades todas que, en nada tienen que ver con la tradicional producción de los metales occidentales, considerada hasta el momento, la principal atracción para los comerciantes orientales antes del siglo V a.C. Esta situación de aprovechamiento de la pesca y elaboración de salazones se extendió desde el cabo de San Vicente hasta prácticamente toda el área del estrecho de Gibraltar (Fig. 8).

Respecto a los yacimientos históricos, durante las últimas décadas, en el suroeste atlántico, se ha consolidado una de las líneas de investigación más significativas en el panorama arqueológico, como es el estudio de los asentamientos litorales dedicados a la captura y transformación de los productos pesqueros (*cetariae*). Para el caso concreto de la costa de Huelva, esta industria parece consolidarse en momentos altoimperiales, concretamente en la segunda mitad del siglo I a.C., tal como se desprende de los materiales más antiguos hallados en algunas de las factorías de este litoral (Campos y Vidal, 2004).

El estudio de estos asentamientos de producción comenzó en la década de los años 20 del siglo pasado, con las excavaciones realizadas por G. Bonsor en el Cerro del Trigo (Almonte), en pleno corazón del actual Parque Nacional de Doñana, que pusieron al descubierto una factoría de salazones, así como el hábitat y necrópolis asociados a la misma desde el s. II d.C. (Bonsor, 1928).

Tras esto, no será hasta la obra de Ponsich y Tarradell (1965) donde se vuelvan a recoger, de manera muy esquemática, los testimonios arqueológicos de esta industria, la cual aparecía casi inexistente o marginal en comparación con otros puntos del Algarve y la bahía de Cádiz. Con todo, no será hasta mediados de la década de 1970 cuando se excaven nuevas factorías, esta vez en el propio casco urbano de Huelva, y se recojan algunas otras cercanas (El Eucaliptal), lo

que permitirá dibujar con otro contorno la importancia capital que tuvo el sector pesquero para estos territorios (Del Amo, 1976). A estos trabajos le seguirá la obra de Ponsich (1988) que dará a conocer nuevos asentamientos pesqueros en el litoral, caso de Las Naves (Almonte), Torre del Loro (Moguer), El Rincón (Huelva), etc. Prontamente comenzarían, ahora ya con un marcado interés, a aparecer nuevas factorías en esta franja costera. Estos yacimientos mostraban cómo este territorio participó de los mismos circuitos comerciales marítimos y pesqueros que el resto del área del Suroeste peninsular e incluso con una trayectoria particular e individualizada a partir de momentos tardoantiguos, periodo de auténtico esplendor y máximo desarrollo de esta industria. Las prospecciones realizadas a comienzos de la década de 1990 (Campos et al., 1990; Campos y Gómez-Toscano, 2001) mostraron una intensa ocupación de todo el litoral para el periodo romano que comprendía desde momentos altoimperiales hasta los siglos tardoantiguos (Fig. 9), así se conocieron y redescubrieron nuevos puntos de gran interés como El Eucaliptal (Punta Umbría), El Terrón (Lepe), Mazagón Poblado III (Moguer), Fontanilla (Moguer), Las Cojillas (Aljaraque), Urberosa (Cartaya), etc.

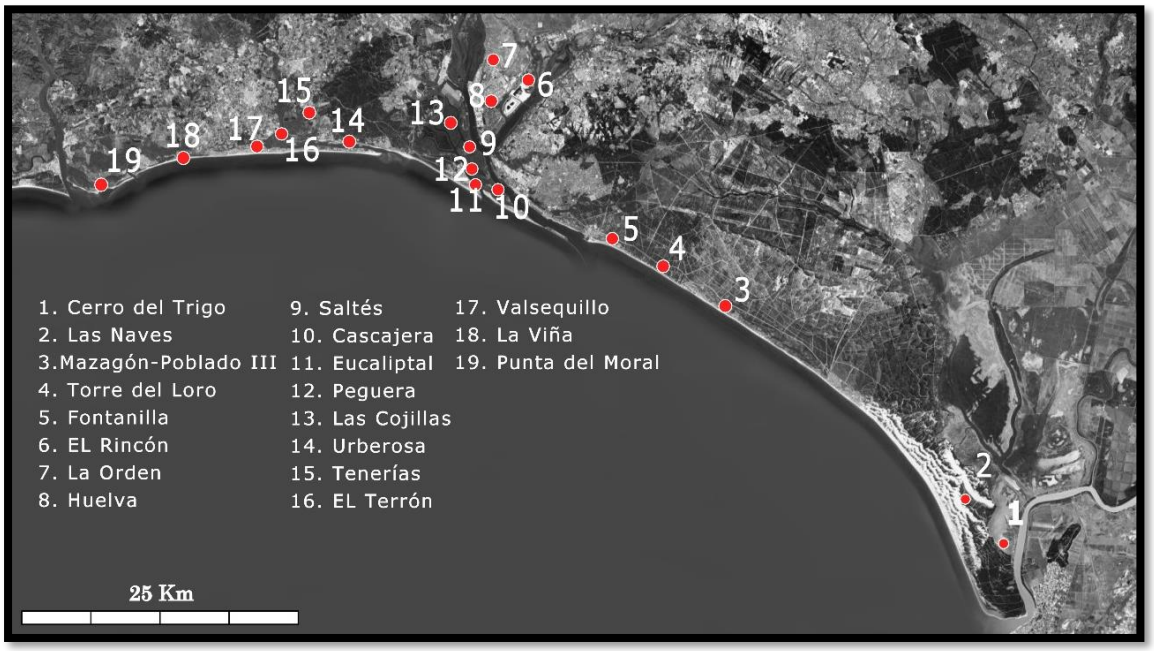



***Figura 9:*** *Plano de situación (Google) con los asentamientos pesqueros romanos del litoral onubense (modificado de Campos et al., 2015).*

Los estudios arqueológicos realizados actualmente, nos muestran cómo a lo largo de los siglos I y II d.C. esta industria pesquero-conservera mantendrá una

destacada actividad, conformándose como uno de los tres grandes pilares o sectores económicos en los que Roma basará su modelo de implantación en el occidente bético (Campos et al., 1999 a). No obstante, a partir de mediados del s. III, los registros arqueológicos parecen coincidir en una caída o ruptura de las explotaciones, siendo este momento uno de los primeros periodos de crisis del sector en su evolución de los siglos altoimperiales hacia la tardoantigüedad. Tras los inicios de una tímida recuperación a comienzos del s. IV se producirá, a fines de esta misma centuria, otro hiatus o ruptura en la ocupación, representada de manera generalizada por la amortización de instalaciones y abandonos ocupacionales. Hasta comienzos del s. V esta situación no se solventará, siendo éste el momento álgido de la industria pesquera del litoral onubense junto con el territorio algarbiense, en contraposición o detrimento de áreas tradicionales, como la gaditana. No obstante, existen algunos enclaves como los de Teatro Andalucía en Gades o Iulia Traducta que funcionaron con seguridad hasta el 450 o el 500 d.C., respectivamente. Este es el esquema básico de esta línea de investigación arqueológica en la franja litoral onubense. A día de hoy, las nuevas investigaciones arqueológicas, apoyadas e impulsadas por los estudios geomorfológicos costeros, llevan a considerar aspectos de tipo natural o ambiental en la evolución de esta industria, así como en sus momentos de caída/abandono y recuperación/expansión en el desarrollo de estos siglos.

# CAPÍTULO 3:

## EL REGISTRO MORFOSEDIMENTARIO DEL ALTO MARINO HOLOCENO EN EL ESTUARIO DE HUELVA

## 3.1. Geomarcadores del alto eustático Postglaciar.

Los diferentes modelados litorales son el resultado del continuo balance entre la dinámica de los agentes marinos y continentales. La mayor parte de la morfología costera del SO Atlántico se ha formado en una época muy reciente (Holoceno), por lo que pequeñas variaciones en el nivel del mar pueden originar drásticas alteraciones en el paisaje costero. Todo ello motivado tras la última transgresión marina que llego a su máximo hace unos 6.000 años (Meliéres, 1974, Figueroa y Clemente, 1979).

El frente ibérico del golfo de Cádiz constituye una extensa franja litoral deprimida, que se encaja en relieves suaves terciarios como consecuencia de la tectónica con una componente vertical a finales del Plioceno y comienzos del Cuaternario (García et al., 2008). Este hecho permite apreciar geomorfológicamente un variado sustrato con complejas tipologías costeras (acantilados, playas, marismas, etc.) combinadas con una dinámica litoral muy activa.

La costa gaditana cuenta con una continua sucesión de cabos y promontorios que penetran suavemente en el mar, originando una serie de ensenadas de diferente magnitud, pero de morfología similar. Las características de las unidades litológicas de estas formaciones favorecen la alternancia morfológica de tramos acantilados que separan áreas de costa baja que son restringidas por el desarrollo de cordones litorales (Ojeda, 1988.).

En el extremo opuesto del golfo encontramos una costa alta, principalmente acantilada, que integra pequeñas calas y en ocasiones playas de mayor amplitud, asociadas a la desembocadura de algún cauce fluvial principal.

Por último, el sector central de este arco cóncavo, en el que se aglutinan amplios estuarios desarrollados en la desembocadura de los ríos Tinto-Odiel y Guadalquivir. Estos presentan unos perfiles de pendiente muy bajos, lo que favorece la penetración en el continente de la marea, generando una línea de costa con un trazado muy irregular. Asociados, se encuentran flechas litorales, que se han ido desarrollando de manera progresiva, creando zonas abrigadas al

interior, originando extensas marismas y lagunas litorales como la del Portil y Las Madres. (Rodríguez-Vidal, 1987 a).

También podemos encontrar tramos acantilados con playas adosadas (Mazagón-Matalascañas) que presentan unos altos índices de retroceso. Este retroceso se va haciendo cada vez menor a medida que nos acercamos al sistema dunar de Doñana, formado por varios frentes de avance (Ojeda, 1988.) cuya migración hacia el interior continental contribuye a la colmatación y relleno de las marismas del Guadalquivir.

Respecto a las características dinámicas, el golfo de Cádiz presenta una suave plataforma de abrasión que se extiende hasta los 100-150 m de profundidad, siendo constante en casi toda la costa, hasta que llega al cabo de Santa María a partir del cual se reduce considerablemente. Sobre esta plataforma se ha constatado evidencias de las diferentes oscilaciones eustáticas cuaternarias (Ojeda, 1988.).

En el sector onubense (IGME, 1974) encontramos paleovalles actualmente colmatados por sedimentos recientes. En este entorno predomina el oleaje de fondo y extensos *fetchs* que se suman a una importante deriva litoral como componente energética positiva hacia levante (O-SE) que contribuye a la propagación de las flechas litorales de este sector (Ojeda, 1988).

### 3.1.1. Costas acantiladas y plataformas de abrasión.

Los estudios geomorfológicos en las costas del margen ibérico sur-Atlántico muestra el desmantelamiento erosivo de las facies sedimentarias y los accidentes geográficos continentales pleistocenos. El modelado de los sistemas litorales en los últimos miles de años representa una alternancia de zonas progradantes y retrogradantes (Fig.10) a lo largo de la costa. Desde el máximo transgresivo (6.000 años B.P.) en el litoral se han generado zonas preferenciales de erosión (acantilados) que han favorecido la migración tierra adentro de los medios costeros y el retroceso del relieve continental. Las terrazas fluviales pleistocenas son sumergidas o erosionadas produciendo una acumulación de barreras litorales (playas y dunas) con lagoons y marismas asociadas, además

de la colmatación de los estuarios por llanuras mareales (Rodríguez-Vidal et al., 1992, 1993 a; Rodríguez-Ramírez, 1998).

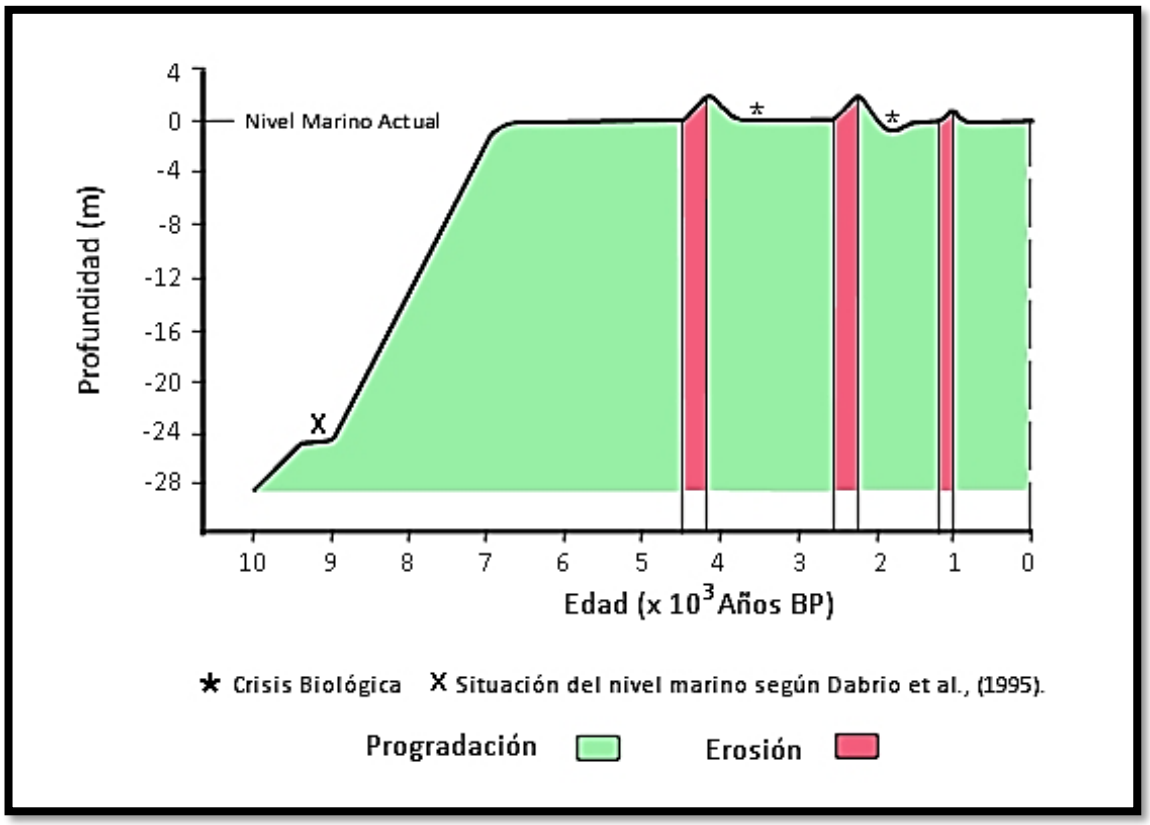



***Figura 10:*** *Curva de variaciones relativas del nivel marino durante los últimos 10.000 años, deducida de las relaciones entre unidades morfológicas y sedimentarias (Modificado de Rodríguez-Ramírez et al., 1996 b).*

Existe una relación directa entre las situaciones cíclicas invernales con regímenes de fuertes vientos del SO, que incrementan el retroceso de los acantilados, el oleaje y sensiblemente el nivel del mar. Esta erosión se vuelve más intensa cuando coincide con mareas de alto coeficiente y fuertes vientos del SO. Además, hay que tener en cuenta las posibles variaciones locales y recientes en la orientación de la línea de costa, así como los procesos neotectónicos que provocan que dichos procesos erosivos-sedimentarios dejen de actuar en determinadas zonas o, por el contrario, continúen incidiendo en otras (Rodríguez-Ramírez, 1998).

La mayoría de los modelados litorales pleistocenos se encuentran sumergidos. Actualmente solo encontramos una terraza que aflora en El Rompido y depósitos de playa en la zona acantilada al este de Mazagón. La morfología costera pleistocena consistió en cabos y entrantes, dominados por la acción de las olas.

Esto causó la formación de un acantilado que aún existe y los depósitos de playas de bolsillo que ahora están cubiertos por la marisma del estuario. Los depósitos arenosos que constituyen los acantilados de esta zona representan secuencias de progradación de playas cubiertos por dunas eólicas (Rodríguez-Vidal, 1987 b).

La evidencia más antigua de una costa progradante en esta zona de la costa atlántica, proviene de formaciones fangosas asociadas con fases progradantes en el área de bocana de los ríos Tinto y Odiel. Estos depósitos se localizan en los valles fluviales, generados por la deceleración en la subida del nivel marino que tiene un rango de edades entre 9.495 ± 340 y 8.815 ± 100 años B.P. (Dabrio et al, 1995; Rodríguez-Ramírez et al., 1996 c).

Las formaciones litorales más antiguas se encuentran en el Parque Nacional de Doñana 4.735 años B.P. Sus características geomorfologías y sedimentológicas son la evidencia de un evento erosivo que parcialmente destruyo una formación progradante previa. Como consecuencia del crecimiento de barreras litorales se produjo el cambio de los medios de agua salada a los de agua dulce (Rodríguez-Ramírez et al., 1996 c).

En la actualidad existe una intensificación de los procesos erosivos costeros, con la formación de estructuras similares a las que se desarrollaron en las fases erosivas anteriores. Además del mayor efecto de la actividad humana sobre el equilibrio sedimentario litoral, no se puede descartar que esta situación erosiva actual pueda estar parcialmente relacionada con un aumento del nivel del mar, como lo sugieren Dabrio et al., (1993).

Estudios recientes sobre el comportamiento de la plataforma de abrasión en relación con los cambios del nivel del mar en el litoral del golfo de Cádiz (Lobo et al., 2017) ponen de manifiesto que la paleotopografía de la superficie del último máximo glaciar cuenta con dos dominios geomorfológicamente distintos (Fig.11); una paleoplataforma exterior baja y una paleoplataforma interior desigual; en las que se reconocen varios comportamientos fisiográficos. Estos dos dominios están separados por un límite bien definido localizado a unos 10 km de la actual línea de costa.

Los cambios geomorfológicos pueden estar relacionados con la capacidad de cada material para ser erosionado, aunque también hay que tener en cuenta la configuración paleogeográfica establecida durante la subida postglaciar.

En la plataforma interna se observan morfologías que ya han sido estudiadas en otras zonas (McHugh et al., 2010; Schwab et al., 2014) como barreras costeras y crestas arenosas (Cooper et al., 2016; Goff et al., 2005; Albarracín et al., 2013; De Falco et al., 2015). Estas morfologías al quedar expuestas durante el estancamiento o la lenta subida del nivel marino son cementadas, pudiendo así sobrevivir a la transgresión (Cooper y Green, 2016).

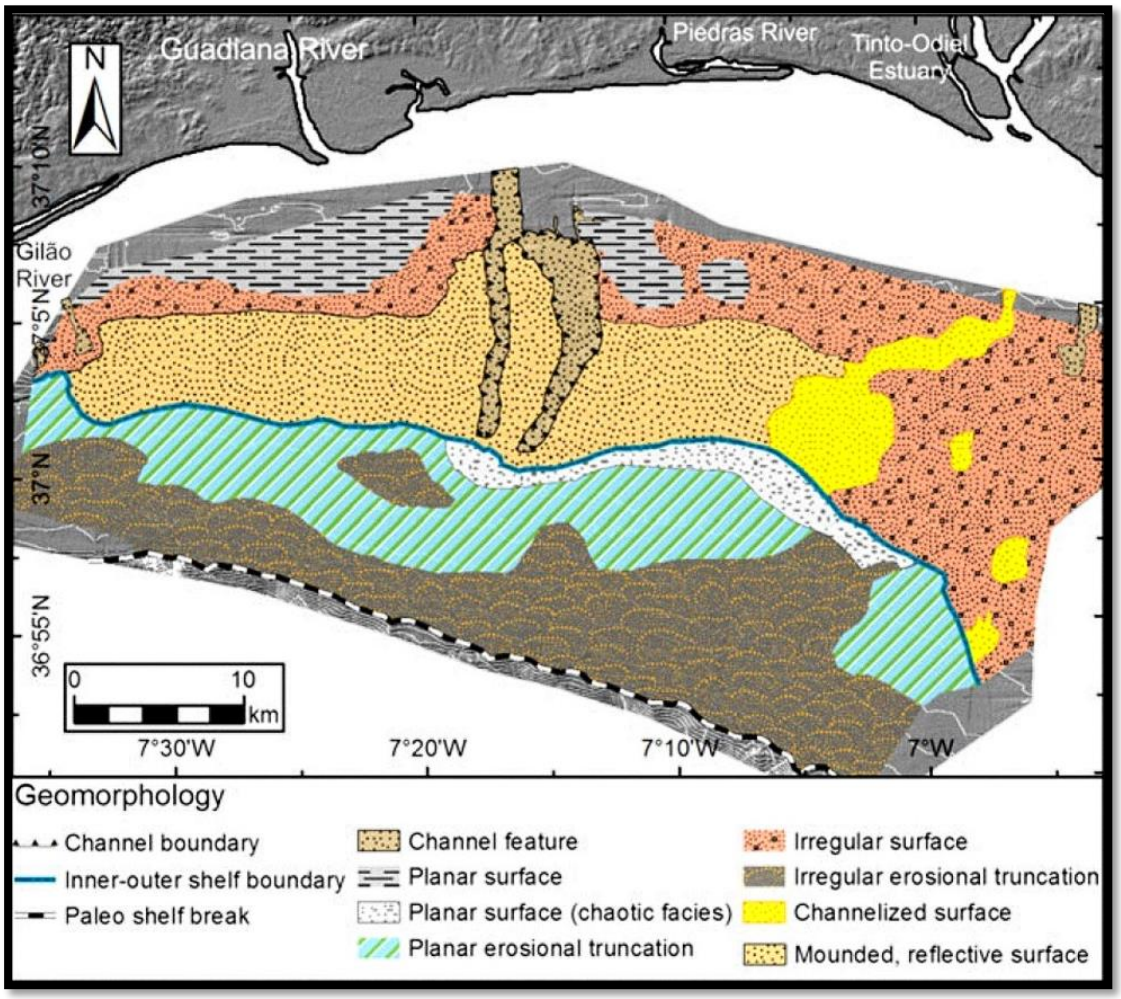



***Figura 11:*** *Interpretación geomorfológica de la superficie de inconformidad sub-aérea más reciente, que presenta dos dominios distintos (Plataforma interna versus plataforma externa) delimitados por un límite fisiográfico claro. La incisión del valle principal parece estar limitada desde la plataforma interior hacia el límite terrestre (tomado de Lobo et al., 2017).*

La gradación lateral de la plataforma interior junto con las barreras costera litificadas hacia el oeste y las redes de canales superficiales hacia el este recuerdan a la configuración costera actual. Esta diversidad geomorfológica de la plataforma interior sigue una gradación lateral controlada por sus depósitos litificados que limitan el desarrollo espacial y la erosión de los valles. Por el contrario, sobre la plataforma exterior los procesos de reelaboración durante la transgresión provocan una erosión generalizada y destrucción de los valles. Esto es debido a las fluctuaciones del nivel marino durante su ascenso sobre la superficie desarrollada durante el último máximo glacial. Todo esto pone de relieve la importancia de la geología heredada en el control de la formación de estos ambientes (Lobo et al., 2017).

### 3.1.2. Barreras litorales en el interior del estuario.

La evolución del relieve costero, tras el último ascenso postglaciar del nivel marino, ha acarreado importantes cambios ambientales en todos los sistemas naturales de la costa suratlantica ibérica. El golfo de Cádiz es un medio litoral caracterizado por su elevada dinamicidad, que junto a la gran disponibilidad de materiales impulsa la continua evolución de grandes formaciones arenosas (Rodríguez-Ramírez, 1998).

La relativa estabilidad del nivel del mar, los procesos de regularización marina, cambio climático y la intervención humana han favorecido la alternancia de periodos progradantes y erosivos que han modificado las características de la línea de costa (Rodríguez-Vidal et al., 1997). Se forman extensas playas e islas barrera acompañadas de importantes morfologías dunares y flechas litorales con amplias marismas a su abrigo (Rodríguez-Ramírez, 1998). Los sedimentos resultantes de este trasiego energético rellenan los estuarios fluviales y recubren la plataforma continental submarina. Estas áreas estuarinas (Fig. 12) son las correspondientes a los tramos bajos de las principales vías fluviales (Guadiana, Piedras, Tinto-Odiel y Guadalquivir) (Rodríguez-Ramírez et al., 1997 a).

En los márgenes occidentales de los entrantes costeros se desarrollan sistemas de flechas (como la de Punta Umbría en la desembocadura del Tinto-Odiel y Doñana, en el Guadalquivir), que han crecido en el sentido de la corriente de

deriva dominante (hacia el E y SE). Otras, como la de El Rompido, en la desembocadura del río Piedras, se forma a partir de antiguas isla-barrera (Dabrio et al., 1980). En los márgenes orientales, se disponen formaciones de menor entidad que han crecido al N-NO. Estas formaciones menores son producidas por corrientes del S y SE acompañadas por olas de levante, la refracción de olas de poniente y la acción de corrientes de flujo-reflujo (Borrego, 1992; Borrego et al., 1993; Morales, 1993). El desarrollo de estas contraflechas contribuye en conjunto al cierre progresivo de los estuarios.

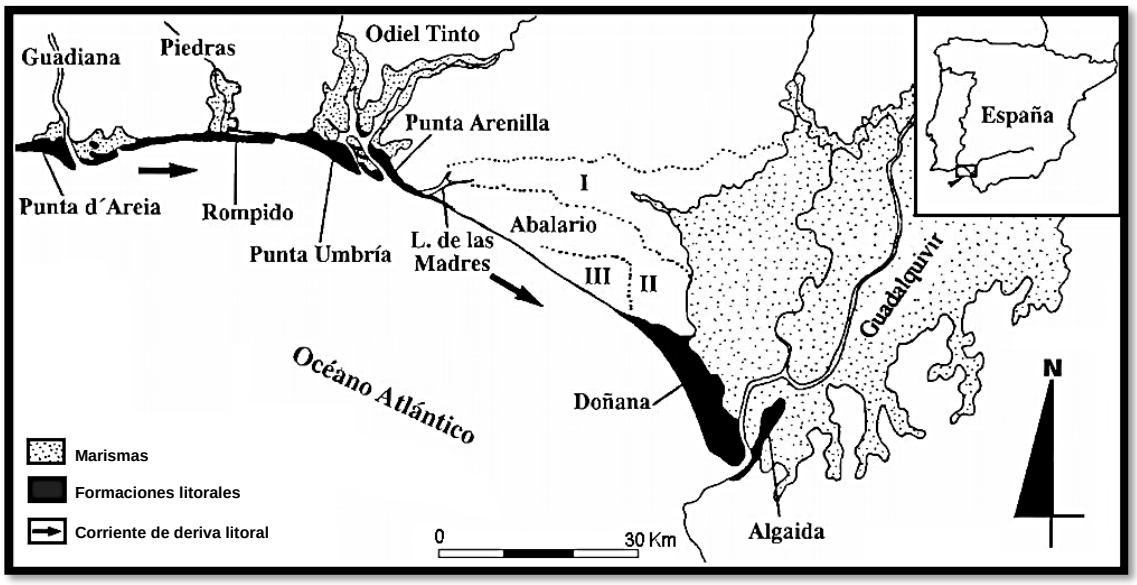



***Figura 12:*** *Localización geográfica y síntesis geomorfológica del área de estudio I-III: Secuencia de dunas estabilizadas cuaternarias (Rodríguez-Ramírez et al, 1997 a).*

Dado que en la desembocadura del Guadalquivir es donde se presentan las formaciones sedimentarias más extensas y mejor conservadas, es aquí donde podemos establecer con mayor exactitud cronológica los diferentes ciclos holocenos de progradación y retrogradación, corroborándose geomorfológicamente en el resto de los estuarios (Rodríguez-Ramírez et al., 1997 a).

La flecha litoral de Doñana se encuentra incluida dentro del Parque Nacional de Doñana y la contra flecha de La Algaida en parte del Parque natural del Entorno de Doñana. Cada cuerpo está compuesto por un conjunto de crestas y surcos de playa separados entre sí por surcos mayores o superficies erosivas que truncan las crestas y surcos menores.

La flecha litoral de Doñana situada en la margen derecha de la desembocadura del Guadalquivir se extiende de NO a SE, con unos 25 km de longitud y entre 3-4,5 km de anchura. Constituye la prolongación costera del acantilado del Asperillo. Limita al sur con el océano Atlántico y al norte con las marismas del Guadalquivir. En la actualidad, su perfil costero está dividido por un tramo septentrional que presenta un balance erosivo dominante y otro meridional en el que domina la sedimentación cuyo punto de inflexión se encuentra a la altura de la torre almenara de Zalabar (Rodríguez-Ramírez, 1998).

Gracias a los estudios basados en la cartografía geomorfológica (Rodríguez-Ramírez et al., 1997 a), dataciones de $^{14}C$ y evidencias arqueológicas se han determinado 4 fases progradantes (fig. 13 B, D, F y H). Las cuales se encuentran separadas por sucesivos periodos erosivos (fig. 13 C, E, y G) relacionados con episodios de tormentas o tsunamis (Rodríguez-Vidal et al., 1997, Rodríguez-Ramírez, 2008). La primera fase progradante tiene lugar en la desembocadura del Guadalquivir (Rodríguez-Ramírez et al., 1996 b), donde se inicia la flecha litoral de Doñana que avanza hacia el ESE. La evidencia más antigua del inicio de la progradación costera se encuentra en los depósitos de turba que se acumularon en los lagoones principales (Laguna de Las Madres), con una edad de 5.536 años B.P. (Menendez y Florschütz, 1964). A continuación, se produce un primer evento erosivo que destruyó parcialmente la flecha entre 4.500 y 4.200 años B.P.

La segunda fase de progradación provoco una disminución de la influencia marina en el interior del estuario y como consecuencia el dominio del ambiente continental. Esta colmatación fue favorecida por pequeños deltas fluviales. El dominio fluvial originó una crisis de la fauna marina, con acumulaciones de restos orgánicos en los márgenes del paleoestuario. Esta fase fue interrumpida por un periodo erosivo en el que el nivel de mar se elevó unos 2 m y provoco la desconexión de la flecha de La Algaida, originando una isla ovalada (Fig. 13: C).

En la tercera fase de progradación, tuvo lugar un importante crecimiento de las formaciones litorales y eólicas, así como el retroceso de acantilados. La disminución de la bocana del estuario del Guadalquivir favoreció una mayor influencia fluvial en su interior, lo que provocó una crisis faunística. Se pasa de

unos cordones litorales silíceos y restos de fauna marina, a acumulaciones de malacofauna típica estuarina.

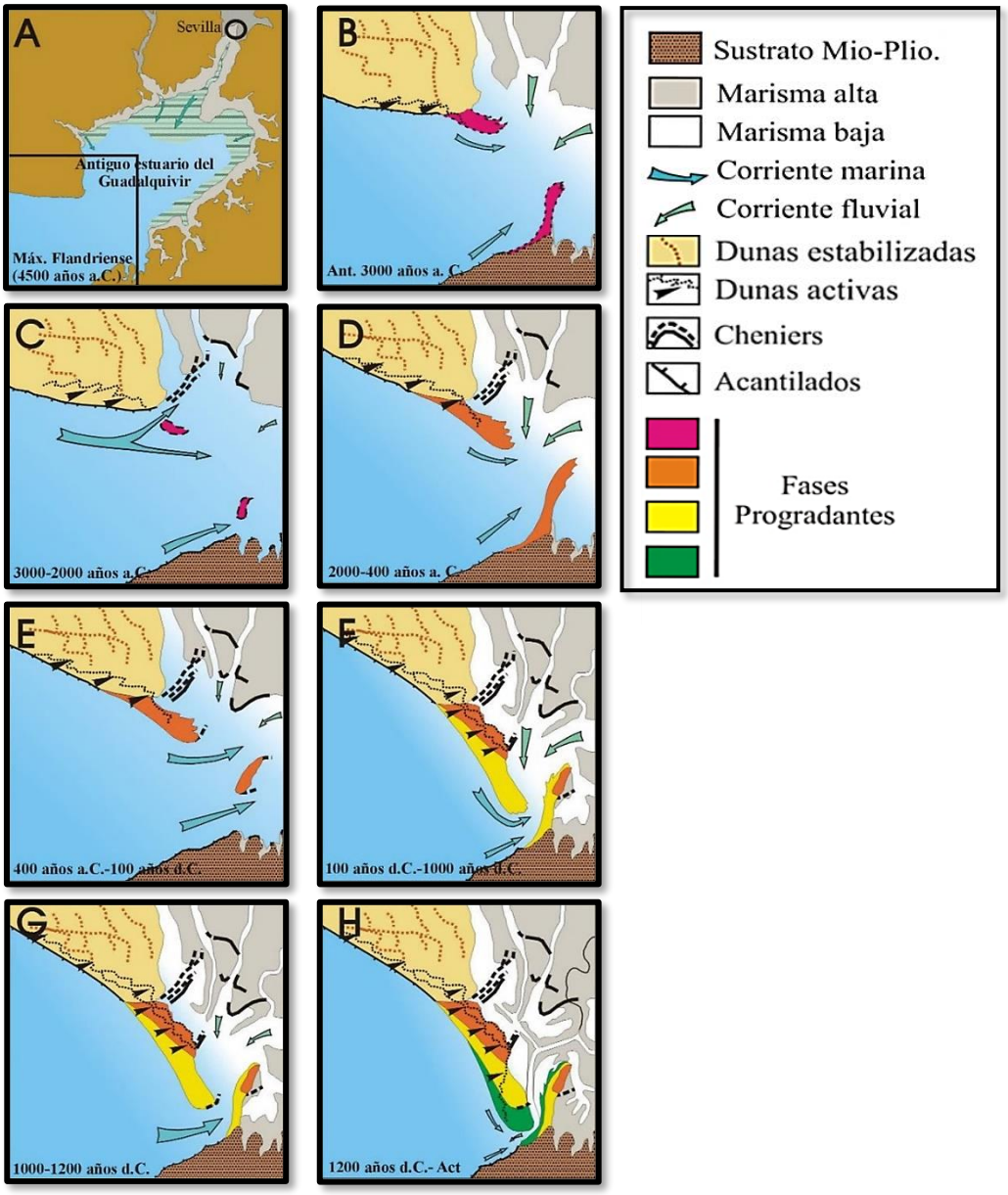



***Figura 13:*** *Evolución morfológica reciente del Parque Nacional de Doñana (Rodríguez-Ramírez, 2008).*

En este periodo se originaron los cordones de La Marismilla, con una dirección de progradación hacia el SSE. La flecha de La Algaida está formada por una serie de crestas y surcos de playa orientados al NE, pasando se ser una isla a una flecha unida al continente. El rápido crecimiento de los cordones de La Marismilla provocó el cese de la sedimentación en La Algaida, aislándola de la dinámica marina y rodeándola de marismas. Las formaciones de este episodio son interrumpidas por un nuevo evento erosivo en forma de cordones que

avanzan hacia el NE y que separan las unidades progradantes de La Marismilla y de San Jacinto. Destacan los sistemas de dunas activos en el presente desarrollados entre Arenas Gordas y Doñana que muestran el máximo retroceso del acantilado en este sector.

Por último, la cuarta fase progradante, situada entre los 1.200 años B.P. y la actualidad. En Doñana se manifiesta mediante los cordones litorales de San Jacinto, junto a un importante manto eólico que parece reactivarse a partir del siglo XVII. En la flecha litoral de La Algaida crecen ganchos en su tramo meridional.

El importante retroceso costero de Arenas Gordas persiste, reflejándose en las acumulaciones eólicas más recientes y en la destrucción de las edificaciones litorales del siglo XVII (Torres almenaras).

Actualmente, se está intensificando la acción de la deriva litoral y la erosión en la terminación de los cordones de San Jacinto, formándose ganchos de dirección NE que se adentran en el canal fluvial. Este proceso es similar al ocurrido en los eventos erosivos precedentes y puede estar provocado por la tendencia al ascenso del nivel marino.

Centrándonos en el Estuario de Huelva, (Rodríguez-Vidal, 1987 a), la desembocadura de los ríos Tinto y Odiel ha sido un área de fisionomía cambiante en estos últimos milenios. La evolución de la denominada flecha litoral de Punta Umbría, enraizada en la margen occidental del estuario (El Portil) tiende a cerrar y regularizar el perfil costero. Los cambios morfológicos sufridos por esta barrera son por tanto de sumo interés para la mejor comprensión de la historia del espacio mareal restringido en su interior y de la distribución de los distintos ambientes.

En cuanto a su formación y evolución, Rodríguez-Vidal (1987 a) publicó un modelo de crecimiento rápido de la flecha de Punta Umbría con el desarrollo de ganchos arenosos, marismas y llanuras mareales a su refugio. A partir de la cartografía geomorfológica (Fig. 14) se identificaron una serie de bermas de playa y cordones de dunas que sirvieron para trazar las direcciones de crecimiento. Estas alineaciones marcan una dirección O-E de las bermas con una progradación hacia el S. Sobre las bermas se superponen progresivamente

cordones de dunas con direcciones ONO-ESE que se van abriendo y separándose hacia la punta de la flecha litoral. A partir de esta configuración se deduce que la formación de barreras en la isla de Saltés y el caño mareal de Punta Umbría que cuenta con importantes corrientes mareales de flujo y reflujo, la flecha pasó de crecer longitudinalmente de E a O a hacerlo hacia el SE abriéndose como un abanico (Fig. 14) (Rodríguez-Vidal, 1987 a; Cáceres, 1999). Este crecimiento ha obedecido al continuo aporte sedimentario que la corriente de deriva tiene sometida a la costa onubense.

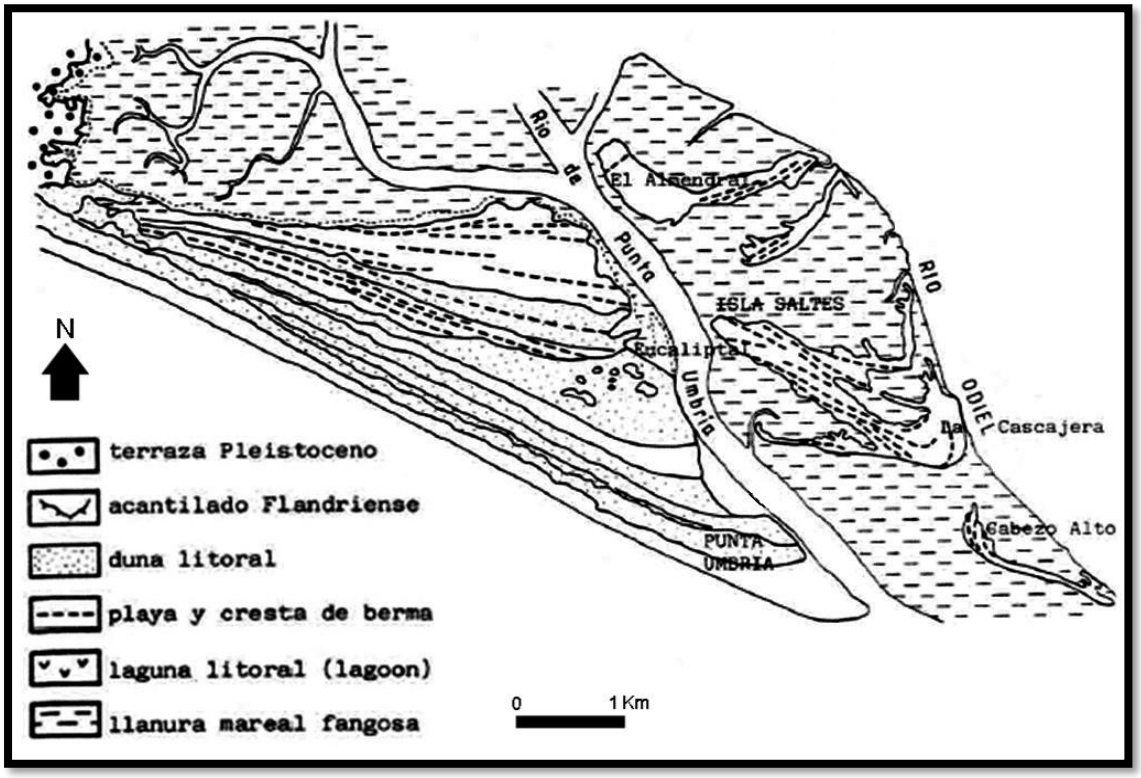



***Figura 14:*** *Esquema geomorfológico de la flecha litoral de Punta Umbría e Isla Saltés (Rodríguez-Vidal, 1987 a).*

Así, la flecha actualmente presenta una morfología triangular con una longitud de unos 8,5 km y 2,3 km de anchura. La isla de Saltes se encuentra entre las flecha de Punta Umbría y la contraflecha de Punta Arenilla. En ella se observa una compleja sucesión de barras arenosas subparalelas a la línea de costa con morfología de gancho muy significativos (Rodríguez-Vidal, 1987 a), cuyos nombres de N a S son: El Almendral, El Acebuchal, La Cascajera y Cabezo Alto (Fig. 1). Entre estas barras arenosas se desarrollan marismas que dan cuerpo a la isla, y en la cara expuesta del espigón Juan Carlos I, se ha constituido una extensa playa desde su finalización en 1984.

El estudio de este sistema de cordones arenosos de Isla de Saltés ha sido abordado por diferentes autores (Rodríguez-Vidal, 1987 a; Borrego, 1992; Lario, 1996; Borrego et al., 1998, 2000; Rodríguez-Vidal et al., 2011; Ruiz et al., 2013; Morales et al., 2014) que han propuesto diferentes modelos de evolución morfosedimentaria.

Rodríguez-Vidal (1987 a) relacionó la formación de los ganchos arenosos de Isla de Saltés con la flecha de Punta Umbría, dada la aparente continuidad de las bermas de playa entre ésta y las barras de la isla. De esta forma constituirían un solo cuerpo que fue más tarde roto por un gran tsunami registrado en la zona y fechado entre 218-209 a.C. (Rodríguez-Vidal et al., 2011; Ruiz et al., 2013). La fractura de la flecha original habría dado lugar al canal de Punta Umbría, cuyo funcionamiento mareal impedía su colmatación y la restauración de la morfología inicial.

Por otro lado, Borrego et al., (2000) encuentran similitudes entre la isla de Saltés y otras llanuras de chenier, pero con diferencias en cuanto a las condiciones energéticas de formación. Por lo tanto, sugieren que Saltés debió funcionar como una llanura chenier al menos durante los últimos 200 años.

Más recientemente, Morales et al., (2014) proponen un nuevo modelo evolutivo basado en el desarrollo de una llanura de cheniers con el desarrollo de barras bioclásticas coalescentes que migraron hacia tierra sobre llanuras mareales formadas al abrigo de deltas de flujo.

Desde un punto de vista regional, los cordones arenosos que crecen según el modelo propuesto por Morales et al., 2014, junto con las dataciones de $^{14}C$ de las crestas de las barras arenosas (entre 2.860±90 y 3.200±100 años B.P.) (Figueroa y Clemente, 1979; Rodríguez-Vidal, 1987 a) constituyen la evidencia de que la progradación tiene lugar durante la subida del nivel marino, o tal vez el alto marino postglaciar fuese posterior a la creación de estos cordones.

Esta evidencia contradice algunos modelos generales como los propuestos por Boski et al., 2002; 2008 en los que para esta área costera defendía que la sedimentación y colmatación es continua junto al ascenso del nivel marino desde los 8.000 años B.P.

## 3.2. Progradación de las barreras litorales y regularización costera.

El Tramo costero del golfo de Cádiz comprendido entre los estuarios de los ríos Tinto y Odiel y Guadalquivir han sufrido una intensa retrogradación en los salientes continentales y una extensa progradación en los entrantes favorecidos por la labilidad de los materiales arenosos neógenos y cuaternarios.

La cuantificación de la retrogradación y la progradación costera (Rodríguez-Ramírez et al., 1997 b) se basa en la comparación entre ubicación de diferentes construcciones históricas (Fig.15), como las torres almenaras, construidas entre los siglos XVI y XVII repartidas por toda la costa, así como en documentación escrita y el estado actual de la costa.

Las zonas de retroceso costero comprenden el área acantilada desde la Torre del Oro, hasta la Torre del Carbonero, para los que se les asocia una tasa media de 0,4 m/año para los últimos 240 años. Se estimaron las tasas de retroceso de las torres almenaras intermedias entre estos dos puntos. En la torre del Asperillo se determinó una erosión de 300 m (Menanteau, 1979) con una tasa de 1,2 m/año. En el caso de torre Higuera, en Matalascañas se observó un retroceso de 170 m (0,7 m/año) y por último en el caso de la torre Carbonero, una tasa de 0,8 m/año (Menanteau,1979) lo que supuso una erosión de 163 m.

Respecto a las etapas progradantes, para la flecha de Doñana se agrupan en dos fases que ocupan los dos últimos milenios. El primero tiene lugar ente 1.800 y 1.000 años B.P. cuya tasa de sedimentación es de 2 m/año y entre 1.000 años B.P. y la actualidad la tasa de sedimentación se ve mermada a 1,05 m/año. Este hecho se asocia a la idea del aumento de la erosión litoral debido al ascenso del nivel marino actual. (Rodríguez-Ramírez et al., 1997 b).

La tendencia general del retroceso y progradación de la línea de costa a lo largo del tiempo ha generado el traslado del punto de inflexión erosivo desde la torre del Asperillo hasta la torre del Zalabar, generando formaciones sedimentarias hacia levante y consolidando la flecha de Doñana. (Rodríguez-Ramírez et al., 1997 b).

Otro elemento importante en la regularización costera es el registro de tormentas. Un estudio del registro tempestítico durante cuatro décadas (Rodríguez-Ramírez et al., 2003) de las flechas del Rompido y de Doñana, muestra que existe un mecanismo de causa-efecto (crestas de tormentas). En la mayoría de los casos, el número de crestas de playa detectadas en el análisis geomorfológico muestra una fuerte coincidencia con el registro del período de tormenta. Aunque hay ciertas discrepancias que podrían asociarse a la alteración que producen los espigones en la dinámica litoral y en el tránsito sedimentario.

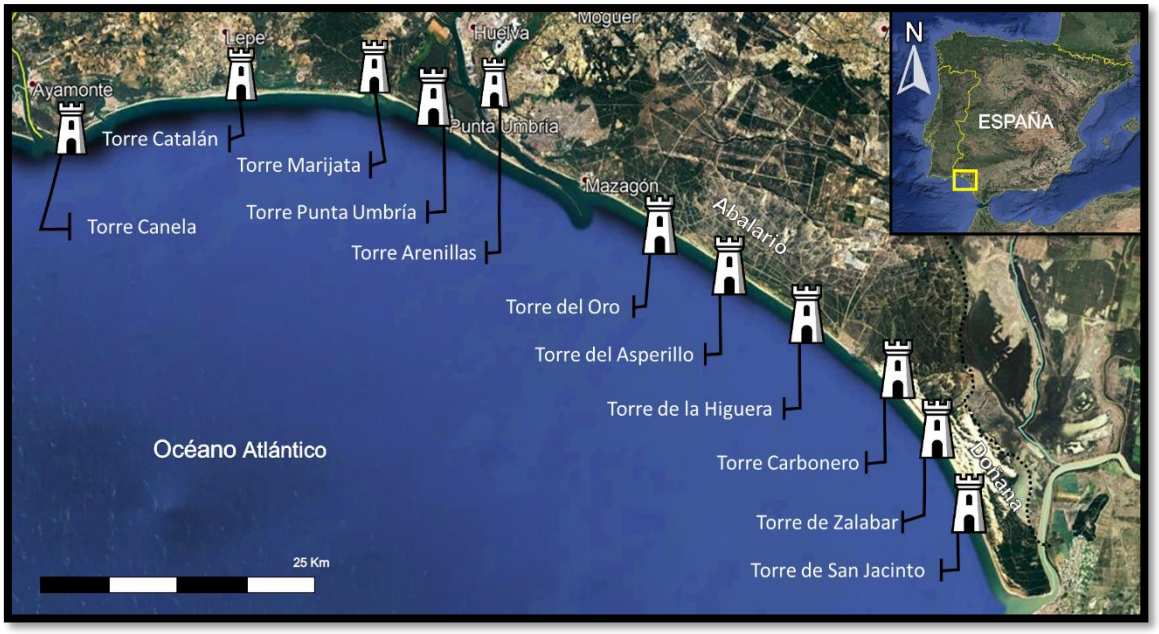



***Figura 15:*** *Localización de las diferentes torres almenaras, de las que aún se encuentran restos en la costa (Imagen de Google earth).*

## 3.3. Eventos de alta energía y su registro morfosedimentario.

El Golfo de Cádiz ha sido objeto de numerosas investigaciones dedicadas al estudio de los eventos de alta energía y depósitos de tormenta que han tenido lugar durante el Holoceno. Una revisión de las características de estos tipos de depósitos demostró que no todos pueden atribuirse a eventos tsunamigénicos ya que no muestran evidencias concluyentes. Por ello, su génesis debe relacionarse con eventos de olas extremas (EWE). Estudios recientes abordan

estos eventos intentando definir las características distintivas entre los depósitos de tsunamis y los de otros eventos de alta energía como son las tormentas severas o tempestades. De forma generalizada, estas investigaciones (Tabla 3) concluyeron que los depósitos que generan ambos tipos de eventos comparten propiedades texturales, estructurales y sedimentarias, por lo que no es posible plantear unos criterios claros para identificar irrefutablemente dichos depósitos. Como no existen criterios concluyentes unívocos, la mejor forma de distinguir ambos tipos de depósitos es una conjunción de características geomorfológicas, sedimentológicas y paleontológicas; cuya distinción es esencial para calcular los intervalos de recurrencia de estos eventos extremos (Lario et al., 2010).

Investigaciones como la de Lario et al. (2016) propone una mejora sobre la escala de intensidad sísmica ambiental ESI-07 en la que incluye las evidencias que quedan registradas en el medio ambiente por el efecto de los tsunamis. Este estudio considera una escala de intensidad especifica (TEE-16) para tales efectos. Integra la descripción y cuantificación de las posibles características sedimentarias y erosivas, derivadas de diferentes eventos de tsunami en diversos entornos naturales costeros. Este nuevo enfoque ha permitido que la escala sea aplicable a eventos paleosismológicos. El análisis del daño ambiental revisado y actualizado de tsunamis históricos sugiere que las intensidades registradas en las zonas costeras no se correlacionan bien con la intensidad TEE-16 (normalmente más alta), pero sí que muestran una buena correlación con la magnitud del terremoto (Mw).

Los estuarios del SO de España son excelentes archivos geológicos de tsunamis prehistóricos e históricos, con un amplio conjunto de huellas sedimentológicas y geomorfológicas. Las características más frecuentes son la erosión de la playa con retroceso de la costa, ruptura o inundación de las arenas y depósito de capas bioclásticas. Durante los últimos 4.000 años, dos de los tsunamis históricos más relevantes (218–209 a.C. y 1755 d.C.) se presentan como eventos extremadamente violentos causantes de la mayoría de estas huellas geomorfológicas. Estos tsunamis provocaron cambios sustanciales en los asentamientos costeros y sus paisajes adyacentes creando nuevas vías fluviales y la reubicación de las actividades pesqueras (Ruiz et al., 2013).

La mayoría de las observaciones de EWE del SO peninsular (Lario et al., 2010.) se concentraron en las marismas de los estuarios de los ríos Guadalquivir (Lario et al., 1995, 2001; Lario, 1996; Ruiz et al., 2004 a, 2005; Cáceres et al., 2006), Tinto-Odiel (Lario, 1996; Ruiz et al., 2007; Morales et al., 2008), Guadalete (Lario, 1996; Dabrio et al., 1999 b; Luque et al., 2001, 2002), y algunas áreas del SE del golfo de Cádiz (Luque, 2002; Whelan y Kell et al., 2003, 2005; Alonso et al., 2004; Luque et al,. 2004).

Estos estudios describieron el registro sedimentario de eventos de alta energía en el golfo de Cádiz y concluyeron que la mayoría de ellos presentaban un origen tsunamigénico; reduciéndose los intervalos de recurrencia (Morales et al., 2008; Ruiz et al., 2008). Los sedimentos generalmente se encuentran entremezclados en unidades sedimentarias de estuario o flechas que actúan como sumideros; preservando las características geomorfológicas de estos cambios ambientales (Lario et al., 2010).

En el caso del estuario del Tinto, el registro de estos eventos energéticos depende del grado de relleno del estuario. Cuando el estuario se encuentra abierto (3.800-1.500 años B.P.) los tsunamis erosionaron tanto los canales principales como los márgenes y los pequeños canales fluviales. A medida que el estuario se protege mediante el crecimiento de flechas litorales y el desarrollo de marismas al interior, su efecto se restringe, reduciéndose a los canales principales (Ruiz et al., 2012).

Respecto a las investigaciones de las costas portuguesas, se centran en los patrones de sedimentación reciente asociados a eventos extremos de inundación costera. Se llevan a cabo mediante un enfoque multidisciplinario que involucra un gran espectro de técnicas analíticas, incluyendo litoestratigrafía, documentos históricos, parámetros de textura, mapeo geomorfológico, GPR, susceptibilidad magnética, análisis geoquímico, datación OSL, modelado hidrodinámico y morfodinámico que facilita la definición y comprensión de los procesos morfodinámicos relacionados con la inundación de tsunamis (Costa et al., 2012, 2016).

En base a todo lo expuesto anteriormente, aquí se presenta la descripción del registro morfosedimentario de unas de las áreas de estudio ubicada en el extremo NO de La Cascajera, en el sector central de la Isla de Saltés (Fig. 2).

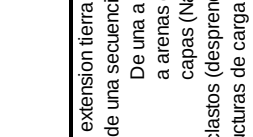
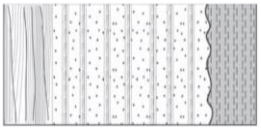
| Tsunami | Tormenta |
|---|---|
| Abanicos de sobrepaso asociados a la rotura de barras litorales | |
| Adelgazamiento tierra adentro | |
| Depósitos finos hacia tierra desde la orilla | |
| Contacto basal erosivo | |
| Cantos de gran tamaño | |
| Especies marinas presentes | |
| Presencia de valvas de conchas o fragmentos | |
| Mezcla de especies marinas y estuarinas/salobres | |
| Restos de plantas | |
| Gran extension tierra adentro | Extensión tierra adentro relativamente más pequeña |
| Más de una secuencia granodecreciente, a veces homogénea | Una secuencia ascendente fina o homogénea |
| De una a tres subunidades de masiva a granodecreciente, muy grueso a arenas de grano fino (Luque et al., 2004, Tuttle et al., 2004). Cuatro capas (Nanayama et al., 2000) | |
| Intraclastos (desprendimientos) procedentes del material subyacente | No citado |
| Estructuras de carga basal | No citado |
| Imbricación bidireccional | Imbricación unidireccional |
| Mal clasificados | Mejor clasificados |
| Baja presencia de estructuras sedimentarias | Presencia de estructuras sedimentarias (estratificación planar) |
| | Arenas intercaladas y laminaciones de grano grueso, medio y fino con frentes deltaicos de estratificación cruzada y estratificacion palanar subhorizontal, Canales (Tuttle et al., 2004) |
| Cambios en el patrón de drenaje | No citado |
| Aumento de la susceptibilidad magnética | No citado |
| Aumento de elementos geoquímicos que indican origen marino | No citado |
| Fauna marina bien preservada | Fauna marina pobremente preservada |
| Intraclastos de fangos | Clastos de fangos desprendidos poco comunes o ausentes |
| Laminación de fangos | No citado |
| Cubierta de fangos en superficie | Sin cubierta fangosa |
| Clastos de fangos desprendidos comunes hacia la base o cubierta fangosa | |
| Secuencia tipica de tsunami (Tas Morton et al., 2007) | Secuencia tipica de tormenta (Tras Morton et al., 2007) |
|  |  |
| Cubierta fangosa | Cubierta fangosa poco frecuente |
| Sets de laminaciones que pueden estar separados por finas capas de fangos o laminaciones de minerales pesados | Puede tener estratificacion cruzada planar o en canales, laminación cruzada de ripples ascendentes |
| Frecuentemente bien gradado | Estratificación planar |
| Desprendimiento de clastos | Muchas laminas y sets de laminaciones |
| 5-25 cm de grosor | 25-200 cm de grosor |
| Contacto inferior brusco | Contacto inferior brusco |

***Tabla 3:*** *Características sedimentológicas, geomorfológicas y paleontológicas de EWE generadas por tsunamis y tormentas (Tomada de Larios et al., 2010) (adaptado y modificado de Andrade, 1992; Nanayama et al., 2000; Kortekaas, 2002; Goff et al., 2004; Luque et al., 2004; Tuttle et al., 2004; Dominey-Howes et al., 2006; Kortekaas y Dawson, 2007; Morton et al., 2007; Switzer, 2008; Switzer y Jones, 2008).*

La dinámica actual de un canal mareal del Estero de los Difuntos erosiono el borde norte de la barrera arenosa, exponiendo hasta 3 m de sedimentos durante las mareas bajas medias. El estudio de los depósitos comenzó en el afloramiento situado más al oeste (Meandro Oeste (MO); Rodríguez-Vidal et al., 2014 b), donde queda expuesto un cantil con una extensión lateral de 36 m y una potencia aproximada de 5 m. Estos materiales vuelven a aflorar a 330 m al este del cantil anterior (Meandro Medio (MM) y Meandro Este (ME)), lo que permitió ampliar el estudio (Cáceres et al., 2018; González-Regalado et al., 2018; González-Regalado et al., 2019; Bermejo et al., 2019) de esta formación en tres sectores entre los que se realizaron seis perfiles estratigráficos (Fig. 16).

Los materiales han sido descritos basándose en el estudio de las evidencias que muestran los restos orgánicos en los sedimentos, las estructuras sedimentarias, bioturbaciones, el análisis del tamaño de grano, la composición mineralógica (Tabla 4), el color, el contenido paleontológico, y arqueológico, además de la edad de los sedimentos muestreados. Obteniendo como resultado 5 facies sedimentarias que constituyen una asociación típica de un ambiente marino, revelando diferentes grados de influencia marina y escaso o nulo dominio fluvial, culminado a techo por un suelo antrópico como superficie actual del cordón arenoso de La Cascajera.

**FACIES 1 (F1):** Consiste en una llanura mareal arenosa (± 0.5 m sobre el nivel medio del mar- m s.n.m.). La descripción de esta facies se encuentra ampliada en González-Regalado et al., 2018 y González-Regalado et al., 2019.

-TEXTURA: El depósito basal de La Cascajera consiste en arenas amarillas finas a medias y gravas (arena: 60-80%; grano fino (limo y arcilla): <2%; grava: 1-30%) con abundantes bioclastos bien conservados de tamaño grava (23–33% de peso en la mayoría de las muestras) y cantos de cuarzo, ubicadas en la zona intermareal de esta área (Tabla 4). Estos sedimentos presentan laminación horizontal o ligeramente inclinada (<10º) hacia el norte y aparecen intercalados con limos ricos en materia orgánica y capas muy delgadas (de 1 a 5 cm de grosor) de arcilla roja de 12 cm de espesor en la parte superior. Esta facies se encuentra presente en la base de los perfiles B y F (por debajo del nivel medio del mar) de los meandros Oeste y Este (Fig. 18).

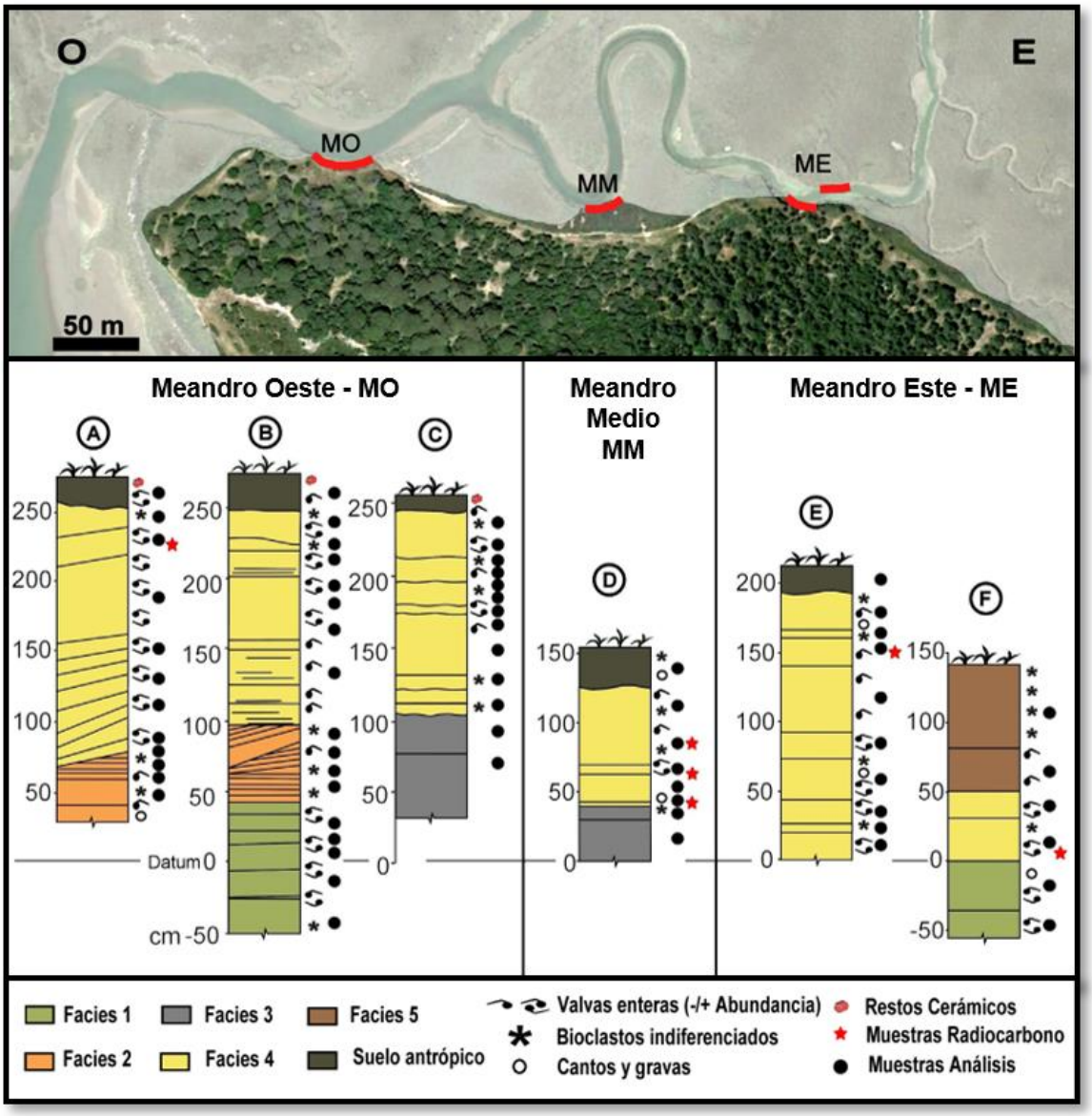



***Figura 16:*** *Secciones estratigráficas y facies sedimentarias investigadas a lo largo de la costa noroeste de la barrera La Cascajera en la isla de Saltés). (Imagen de arriba de Google Earth) (Cáceres et al., 2018).*

-CONTENIDO PALEONTOLÓGICO: En esta facies es común encontrar bivalvos de agua salobre y marinos (*Glycymeris violacescens* (Fig. 17); (sinónimo de *Glycymeris nummaria*), *Chamelea gallina*, *Dosinia lupinus* y *Crassostrea gigas*), escafópodos (*Dentalium sp*.) y gasterópodos marinos (*Bittium reticulatum*), (Tabla 5) representando entre el 35-40% de todas las especies de bioclastos presentes (Anexo III).

En estos sedimentos también se recogieron foraminíferos marinos y salobres bentónicos (Fig. 17; *Ammonia beccarii, Ammonia tépida* y *Elphidium crispum*).

Todas estas muestras están bien conservadas y no muestran evidencias de abrasión o bioerosión, lo que indica poco o ningún transporte desde su origen.

| Facies | | Estratigrafía y sedimentología | | | | | Mineralogía | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Granulometría (%) | | | Clasificacion | Estructuras Sedimentarias | Mineralogía mayor (%) | | | Fracción Fina (<20 μm) (%) | | | |
| | | Gravas | Arenas | Limos + Arcillas | | | Cuarzo | Filosilicatos | Feldespatos | Ilita | Caolinita | Esmectita | Clorita |
| 1 | Llanura mareal arenosa | 1-30 | 60-80 | <2 | Moderada | Masiva Estratificación | 56-65 | 16-29 | 15-19 | 56-71 | 17-22 | <5-13 | 5-6 |
| 2 | Chenier | 30-80 | 30-100 | <2 | Alta | Planar, Estratificación cruzada, Gradación inversa | No Datos | | | Fracción muy escasa | | | |
| 3 | Llanura mareal fangosa | <2 | 30-40 | 80-90 | Moderada a alta | Masiva | 56-61 | 23-24 | 15-21 | 56-62 | 21-22 | 11-12 | <5-6 |
| 4 | Abanicos de sobrepaso / Eventos tempestíticos | 4.A: Capas de *Glycymeris Violacescens* | >90 | <10 | <1 | Alta | Imbricación, Estratificación paralela | Principalmente bioclastos | | | | | |
| | | 4.B: Arenas y gravas bioclásticas | 20-65 | 20-75 | <3 | Baja a moderada | Contacto basal erosivo, Buzamiento N-NO | 60 | 23 | 17 | 73 | 19 | <5 | <5 |
| | | 4.C: Arenas medias y gravas | 30-65 | 20-80 | <5 | Baja a moderada | Gradación normal, Laminación paralela | | | | | | |
| 5 | Marisma salada actual | <3 | 90 | ≤10 | Alta | Masiva | No Datos | | | | | | |

***Tabla 4:*** *Características estratigráficas, sedimentológicas y mineralógicas de las diferentes facies y subfacies diferenciadas en esta área de estudio (Cáceres et al., 2018).*

El nivel de arcilla roja denota la oxidación de la materia orgánica debida a la exposición subárea intermitente (Wiese, 2009). Además, la asociación foraminífera es similar a la descrita previamente en áreas poco profundas (<25 m) de la plataforma sudoeste española (González-Regalado et al., 2001; Gómez Álvarez, 2013).

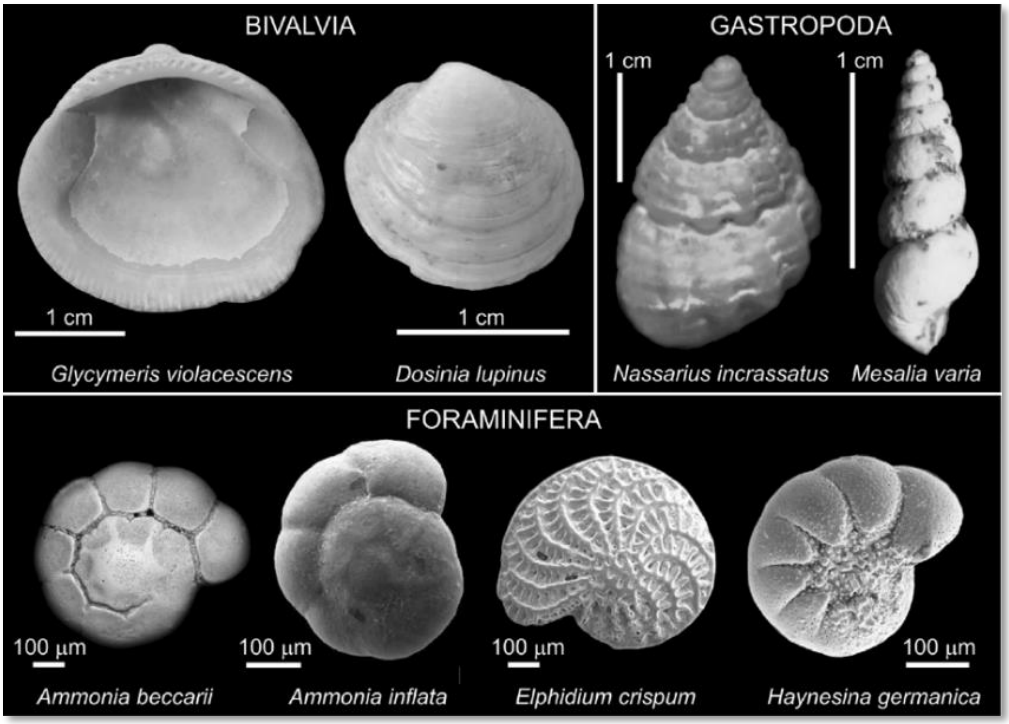



***Figura 17:*** *Resumen del registro paleontológico obtenido en La Cascajera, con las especies más representativas de cada grupo (Cáceres et al., 2018).*

-MINERALOGÍA: En base a los resultados obtenidos del análisis de difracción de rayos x (DRX; Tabla 4), la mineralogía de la facies 1 está dominada por minerales de cuarzo (56-65%), con filosilicatos como componentes secundarios (16-29%) y feldespatos (15-19%). Mientras que el conjunto mineralógico de la fracción <20 µm está compuesta por illita (56-71%), caolinita (17-22%), esméctica (<5-13%), y clorita (5-6%) como minerales principales y capas mixtas (<5%) asociadas a illita/clorita.

INTERPRETACIÓN:

Por tanto, esta facies presenta una asociación de bivalvos y foraminíferos característica de ambientes marinos muy poco profundos, llanuras mareales y otras áreas intermareales de este estuario y el litoral de la costa de Huelva (González-Regalado et al., 2001; Ruiz et al., 2004 b; Gómez-Álvarez, 2017). El análisis tafonómico de los bivalvos indica un transporte muy limitado o incluso la presencia de un conjunto autóctono (Fernández López, 2000).

Representa una llanura mareal arenosa protegida o un bajío arenoso (Fig. 18) cercano a una zona de desembocadura dentro del estuario que estuvo periódicamente sumergida por las mareas.

| Facies | | Paleontología | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Macrofauna | | | Microfauna | Tafonomía |
| | | Bivalvos | Gasterópodos | Otros | Foraminíferos (P: Plantónicos) | |
| 1 Llanura mareal arenosa | | *Glycymeris Violacescens*<br>*Chamelea gallina*<br>*Dosinia lupinus*<br>*Crassostrea gigas* | *Bittium reticulatum*<br>*Mesalia varia*<br>*Nassarius incrassatus* | Escafópodos (*Dentalium spp.*) | *Ammonia beccarii*<br>*Ammonia tepida*<br>*Elphidium crispum*<br>*Haynesina germanica* | Buena preservación |
| 2 Chenier | | *Glycymeris Violacescens*<br>*Chamelea gallina*<br>*Ostrea edulis* | *Calyptraea chinensis*<br>Nassarius incrassatus | Escafópodos (*Dentalium spp.*)<br>Espinas de equinodermos | *Ammonia beccarii*<br>*Elphidium crispum*<br>*Neoconorbina Orbicularis*<br>*Globigerinoides ruber (p)*<br>*Orbulina universa (p)* | Gran numero de pequeñas perforaciones (Cauloptrepsis, Entobia) en las conchas de moluscos |
| 3 Llanura mareal fangosa | | Escasas valvas de *Chamelea gallina* y *Cerastoderma edule* | Algunos ejemplares de Bittium reticulatum y Mesalia varia | No | *Ammonia beccarii*<br>*Ammonia tepida*<br>*Elphidium crispum*<br>*Haynesina germanica* | Buena preservación |
| 4 Abanicos de sobrepaso / Eventos tempestíticos | 4.A: Capas de *Glycymeris Violacescens* | *Glycymeris Violacescens* (> 90%) | No | No | No | Perforaciones, rotura de umbo y superficie de abrasión |
| | 4.B: Arenas y gravas bioclásticas | *Glycymeris Violacescens*<br>*Chamelea gallina*<br>*Dosinia lupinus*<br>*Crassostrea gigas*<br>*Mimachlamys varia* | *Bittium reticulatum*<br>*Mesalia varia*<br>*Nassarius incrassatus* | Espinas de equinodermos | *Ammonia beccarii*<br>*Nonion commune*<br>*Heterolepa bellincionii*<br>*Triloculina trigonula* | Perforaciones, rotura de umbo y superficie de abrasión |
| | 4.C: Arenas medias y gravas | Similar a la subfacies 4.B, con escasos restos bioclásticos | | | | |
| 5 Marisma salada actual | | *Glycymeris Violacescens*<br>*Chamelea gallina*<br>*Ostrea edulis* | No | No | No | No |

***Tabla 5:*** *Características paleontológicas de las diferentes facies y subfacies en el área de estudio (Cáceres et al., 2018).*

**FACIES 2 (F2):** La facies 2 (0,5 –1 m s.n.m.). aparece superpuesta sobre las facies 1, desde la zona intermareal media a alta del Meandro Oeste (véase los

perfiles A y B. Fig. 16). Estas facies permanecen sumergidas durante las mareas altas o los períodos de tormenta.

-TEXTURA: Consta de capas de espesor decimétrico de gravas bioclásticas y arenas gruesas bien clasificadas, con conglomerados de cuarzo. (arena: 30-100%; grava: 30-80%; grano fino: <2%). Presenta una matriz limo-arcillosa muy escasa (Tabla 4). La estructura interna muestra una estratificación cruzada planar (> 30º) con una dirección ENE-OSO dominante.

-CONTENIDO PALEONTOLÓGICO: En esta facies abunda la macrofauna marina (Tabla 5) con numerosos fragmentos redondeados de moluscos, incluidos bivalvos (*G. violacescens, C. gallina*), gasterópodos y escafópodos escasos, así como espinas de equinodermos. Un alto porcentaje de los moluscos muestran numerosas perforaciones pequeñas (actividad bioerosiva) provocada por esponjas clíonidas (*Entobia isp*.) y anélidos (*Caulostrepsis isp*.) (Tabla 2). Los bivalvos con frecuencia presentan rotura del umbo y muestran frecuentes fracturas en los márgenes de las valvas, mientras que numerosos gasterópodos muestran fracturas de la última espiral y desgaste en el vértice y la abertura. También abundan los foraminíferos bentónicos marinos (principalmente *A. beccarii y E. crispum*) y planctónicos (principalmente *Orbulina universa*). Tanto la diversidad como la densidad se encuentra más presente en las zonas proximales (perfil A) en comparación con las áreas distales (perfil B) (Anexo III).

En la actualidad, las especies descritas habitan en ambientes litorales actuales del golfo de Cádiz (Pérez Quintero, 1989; Junta de Andalucía, 1993). La redondez de los fragmentos de moluscos, indica procesos de transporte intenso en un medio muy energético y con un retrabajo sedimentario continuo, posiblemente en la zona intermareal de una playa.

-MINERALOGÍA: Esta facies no contiene niveles limo-arcillosos.

INTERPRETACIÓN:

Esta facies se interpreta como una barra bioclástica de chenier con un lado de sotavento inclinado (Fig. 18), lo que permite la rápida migración hacia el interior (Augustinus, 1989; Otvos, 2000). Esta interpretación concuerda con el trabajo de

Morales et al. (2014) sobre la base de otras secciones de la isla de Saltés y la evolución de la parte más al sur de esta Reserva de la Biosfera durante las últimas décadas. Los sedimentos de las crestas de esta sucesión de barras que forman el chenier son depositados por la sucesión de olas durante tormentas severas que transportan los materiales hasta las zonas en las que la marea no tiene influencia (Vilas y Arche, 1987; Dougherty y Dickson 2012).

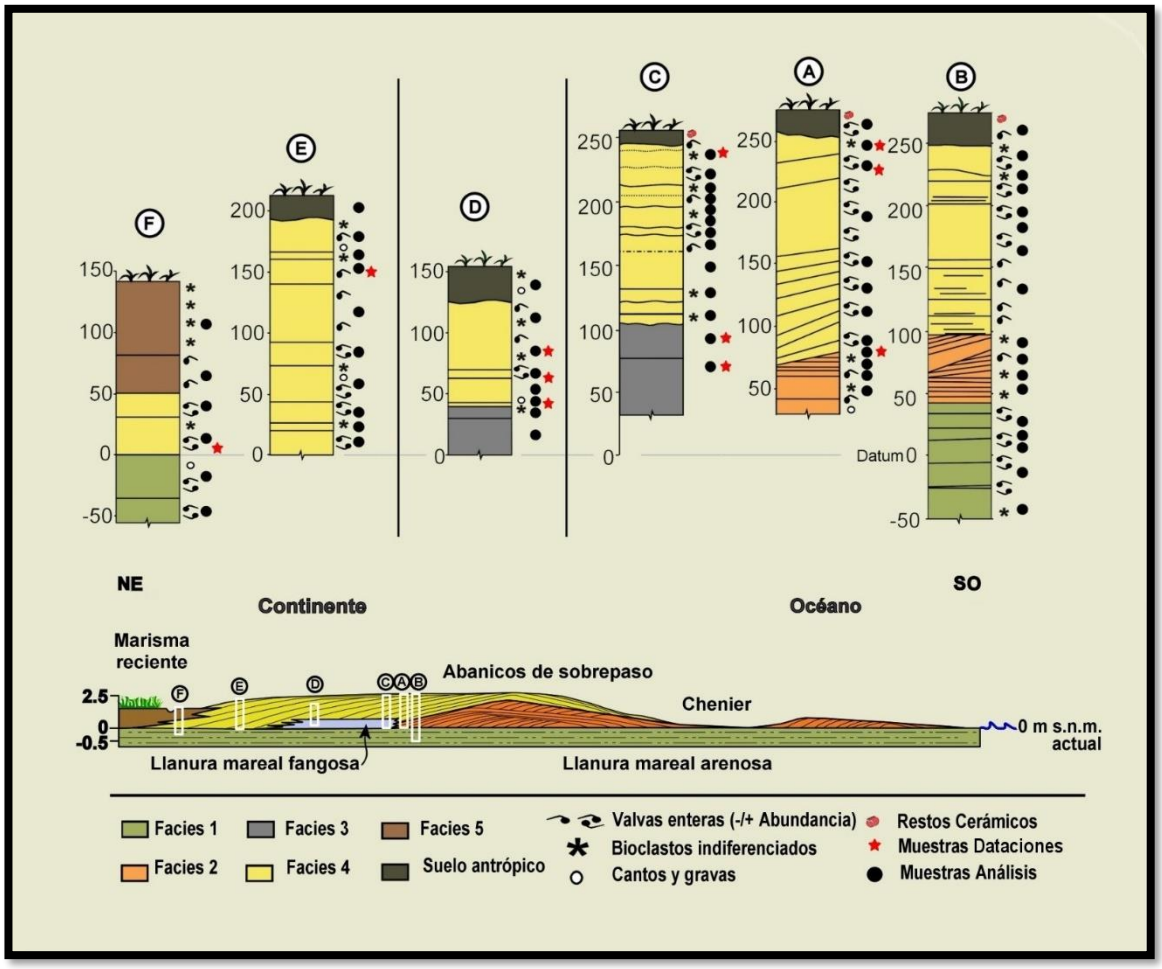



***Figura 18:*** *Corte interpretativo de la barrera de La Cascajera, con la localización de las columnas según el corte en dirección NE-SO.*

**FACIES 3 (F3):** Esta facies se encuentra en la zona intermareal media-alta (0,5-1 m s.n.m.). Constituye una llanura mareal fangosa cuyos depósitos representan un cambio lateral de la facies 2 desapareciendo hacia el NO, con una distribución vertical similar en relación con el nivel medio del mar.

-TEXTURA: Lo forman sedimentos masivos de limos arenosos gris-azulados (grano fino: 80-90%; arena: 30-40%; grava: <2%; Tabla 4), se encuentran restos de moluscos dispersos. Aparecen bien representados en el

Meandro Oeste y en el Meandro Medio (perfiles C y D Fig. 16). También muestra estructuras de bioturbación muy desarrollada, provocada por anélidos y el cangrejo violinista *Uca pugnax*.

-CONTENIDO PALEONTOLÓGICO: Presenta una abundancia baja de bivalvos marinos como *Ch. gallina*, salobres como *Cerastoderma edule*, y escasos gasterópodos marinos como *B. reticulatum* y *M. varia* (Tabla 5). La microfauna está representada por especies de foraminíferos marinos y salobres (*A. beccarii, A. tepida, H. germanica, E. crispum*) y ostrácodos (*U. oblonga, Callistocythere rastrifera, L. elliptica, C.fischeri*) (Tabla 5). La microfauna muestra una diversidad moderada (Anexo III) entre 12–17 especies por muestra y densidad entre 36–48 individuos / 10 g. Esta asociación de especies que contiene la facies 3 se encuentran comúnmente en los estuarios modernos canalizados y en las lagunas costeras restringidas por barras arenosas, a profundidades que varían de 0 a -15 m s.n.m. (González-Regalado et al., 2001; Gofas et al., 2011).

-MINERALOGÍA: La facies 3 es mineralógicamente similar a la facies 1, compuesta mayormente por cuarzo (56–61%), con porcentajes más bajos de filosilicatos (un 23-24%) y feldespatos (15-21%), y el conjunto mineralógico de la fracción fina (<20 μm) está compuesto por illita (56-62%), caolinita (el 21-22%), esmectita (11-12%), y clorita (<5-6%) como minerales principales (Tabla 4).

INTERPRETACIÓN:

Las especies que encontramos en estos sedimentos las podemos encontrar en estuarios y lagunas costeras semiabiertas y restringidas por barreras arenosas (Ruiz et al, 1997; González-Regalado et al, 2001; Gofas et al., 2011). Por ello esta facies se interpreta como una llanura mareal limosa (Fig. 18), situada en la zona intermareal protegida a sotavento del chenier.

**FACIES 4 (F4):** Consisten en abanicos de sobrepaso/ evento tempestítico (1–2,5 m s.n.m.) ubicados en la zona supra-mareal (solo sumergida durante las mareas de equinoccio o en períodos de tormentas extremas), que afloran en todo el sector norte de La Cascajera (Fig. 16). En una sección N-S, presenta una clara inclinación hacia el norte, con una cara de avalancha pronunciada (25°–30°) que refleja una acreción lateral clara y gradación positiva.

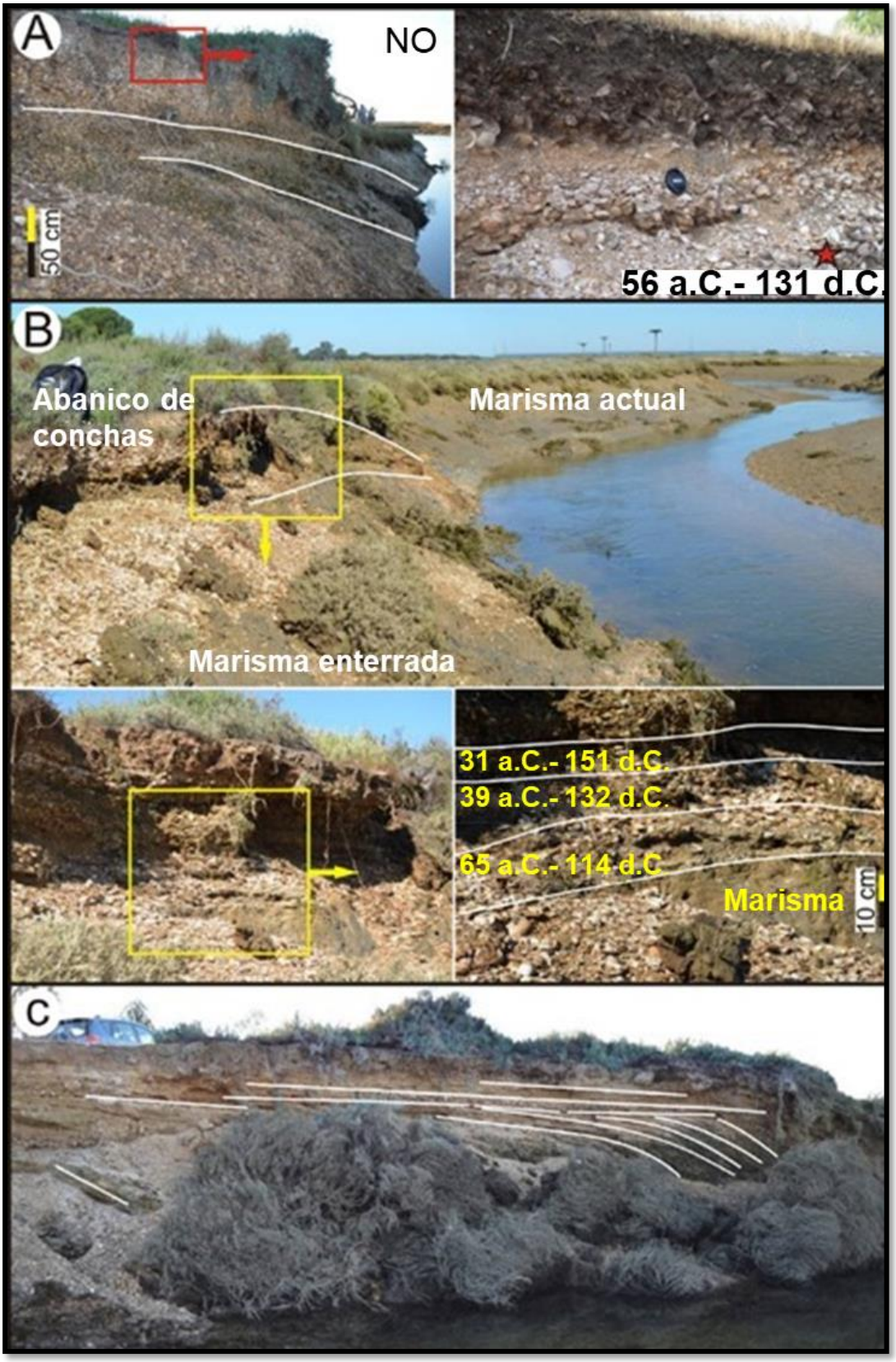



***Figura 19:*** *Fotografías de afloramientos que detallan las edades de las diferentes unidades de tempestita a lo largo del borde NO de la barrera de La Cascajera. A: MO, con subfacies 4.A y ubicación de la muestra $^{14}$C. B: MM, subfacies 4.C y su secuencia de edad correspondiente. C: ME, detalle de las estructuras sedimentarias de las tempestades (Cáceres et al., 2018).*

-TEXTURA: Esta facies se compone de arena bioclástica bien clasificada. Por otro lado, esta misma facies registra un cambio lateral hacia el margen occidental del meandro Oeste (perfil A, Fig. 16), donde capas de entre 5 y 30 cm de espesor muestran superficies erosivas superpuestas marcadas por cantos de cuarzo y valvas de moluscos (*Glycymeris, Dosinia, Chamelea*).

-CONTENIDO PALEONTOLÓGICO: Las conchas de moluscos están presentes en toda la unidad, principalmente como valvas dispersas y abundantes fragmentos de bivalvos y gasterópodos (Tabla 5). Las conchas de bivalvos muestran evidencias de transporte e impacto (pérdida de umbos, abrasión de la ornamentación, rotura de las valvas y fragmentadas), lo que indica un ambiente de alta energía. Además, son frecuentes las marcas de organismos incrustantes (anélidos y crustáceos cirrípedos) en las superficies de las conchas.

Respecto a la microfauna asociada, está representada por un conjunto de foraminíferos bénticos marinos (*A. beccarii, N. commune, H. bellincionii, T. trigonula*) (Tabla 5). La Asociación de foraminíferos que muestra esta facies es característica de los ambientes costeros marinos modernos (desde profundidades de −20 a −30 m) de la Península Ibérica, sujeto a la acción del oleaje y fuertes corrientes mareales (González-Regalado et al., 2000).

-MINERALOGÍA: Esta facies muestra las mismas fases minerales que las anteriores con cuarzo (60%), filosilicatos (23%) como los principales constituyentes mineralógicos, mientras que la fracción más fina (<20 µm) se encuentra dominada por la illita (73%) y caolinita (19%) (Tabla 4).

INTERPRETACIÓN:

La facies 4 se interpreta como abanicos de desbordamiento costeros que sobrepasan las barras arenosas durante los periodos de tormenta. Una sucesión de eventos tempestíticos puede observarse en el borde noroeste de La Cascajera, que se formó por la acumulación de sucesivas capas de tormenta, ricas en conchas retrabajadas, tras sobrepasar los depósitos arenosos que formaban la barrera (Fig. 19).

Se han identificado 3 subfacies principales, y debido a la importancia de la facies 4, estas han sido desarrolladas en una sección más abajo.

**FACIES 5 (F5):** Estos depósitos corresponden a la marisma actual, localizados en el nivel medio-superior de la zona supra-mareal (0,5–1,4 m s.n.m.). La Facies está constituida por sedimentos ricos en materia orgánica que corresponden a las zonas pantanosas de los estuarios modernos. Solo aflora en la parte superior de meandro Este (perfil F, Fig. 16).

-TEXTURA: Esta marisma tiene un espesor promedio de 1 m. Los 30 cm más bajos de esta unidad están compuestos por arenas finas a medias bien clasificadas (arena: 90%; grano fino: <7%; grava: <3%) con escasos fragmentos de moluscos. Mientras que los 60 cm superiores están compuestos de arena limosa (arena: 90%; grano fino: 10%) (Tabla 4), que presentan un contacto basal erosivo y capas masivas. Se caracteriza por la presencia de vegetación halófita de los géneros *Spartina, Salicornia* y *Sarcocornia*. Esta facies se encuentra intensamente bioturbada por crustáceos y anélidos.

-CONTENIDO PALEONTOLÓGICO: La macrofauna es escasa en la zona inferior (principalmente *G. violacescens*) y prácticamente ausente en la superior. No se ha observado evidencia de microfauna (Tabla 5).

-MINERALOGÍA: Sin datos ya que se trata de un medio actual sobre el que no se precisaba su composición mineralógica.

INTERPRETACIÓN:

Esta facies se corresponde con un entorno de marisma salobre frecuentemente inundado por las mareas (Fig. 18). Los moluscos presentes en estos materiales caracterizan en la actualidad las zonas salobres y litorales adyacentes del golfo de Cádiz (Pérez Quintero, 1989). Esta facies da lugar al relleno y la emersión de parte del estuario (ME), permitiendo su colonización por parte de diversas especies de plantas y animales terrestres. Estos sedimentos tienen un alto contenido de materia orgánica debido a la degradación y acumulación de residuos vegetales.

**SUELO ANTRÓPICO SUPERFICIAL:** La parte más alta de la mayoría de los perfiles estratigráficos consiste en un horizonte edáfico rico en materia orgánica (Fig. 16: 25–30 cm de grosor) compuesto por arenas finas y medias de color negro a marrón. Este nivel contiene conchas de bivalvos (*G. glycymeris, G.*

*violacescens, C. gallina*), gasterópodos (*Bolinus brandaris, Hexaplex trunculus*) y clastos de cuarzo; mientras que los foraminíferos están ausentes.

Los moluscos no han sido transportados ni abrasionados pero algunos de ellos muestran evidencias de manipulación humana. En los bivalvos, los signos más claros de su uso como alimentos son algunos bordes de fracturas angulosos en el margen ventral (Fig. 20a), mientras que los gasterópodos muestran roturas de grandes fragmentos de su concha (fig. 20b).

Esta facies edáfica incluye además numerosos fragmentos de ánforas y cerámicas (Fig. 20c). Además de restos de materiales de construcción variados (pedalis, semipedalis, tegulas e imbrices.), parte de un pilar y restos de huesos humanos (Fig. 20d).

INTERPRETACIÓN:

El contenido biológico, sus características tafonómicas y los restos arqueológicos son típicos de una cetaria, una fábrica de salazón que procesa moluscos (Campos et al. 2015). Algunos de ellos cuentan con una mayor calidad alimentaria, por ej. *C. gallina*, mientras que otros tienen menos valor comercial y gastronómico, por ej. *Glycymeris sp*. (Stiner 1999; Light 2017). Por otro lado, los gasterópodos *Hexaplex truncusus* y *Bolinus brandaris* se utilizaban para teñir "púrpura-azul". La glándula hipobranquial de ambas especies produce una secreción blanquecina con la que se elaboraban colorantes morados (Elsner 1992).

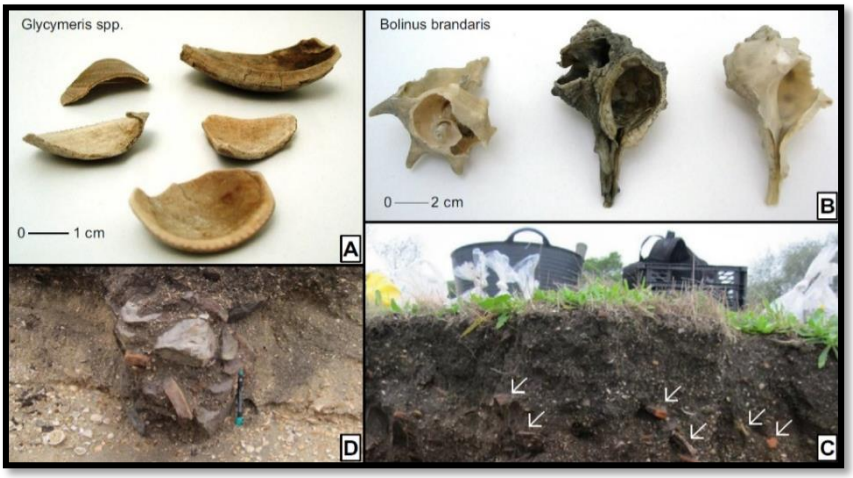



***Figura 20:*** *Evidencias de una Cetaria romana. A. Glycymeris spp. muestra evidencias de manipulación humana en el margen ventral; B. Especímenes de Bolinus brandaris con ruptura de la espiral; C. Fragmentos de ánforas y cerámica; D. Restos de un pilar.*

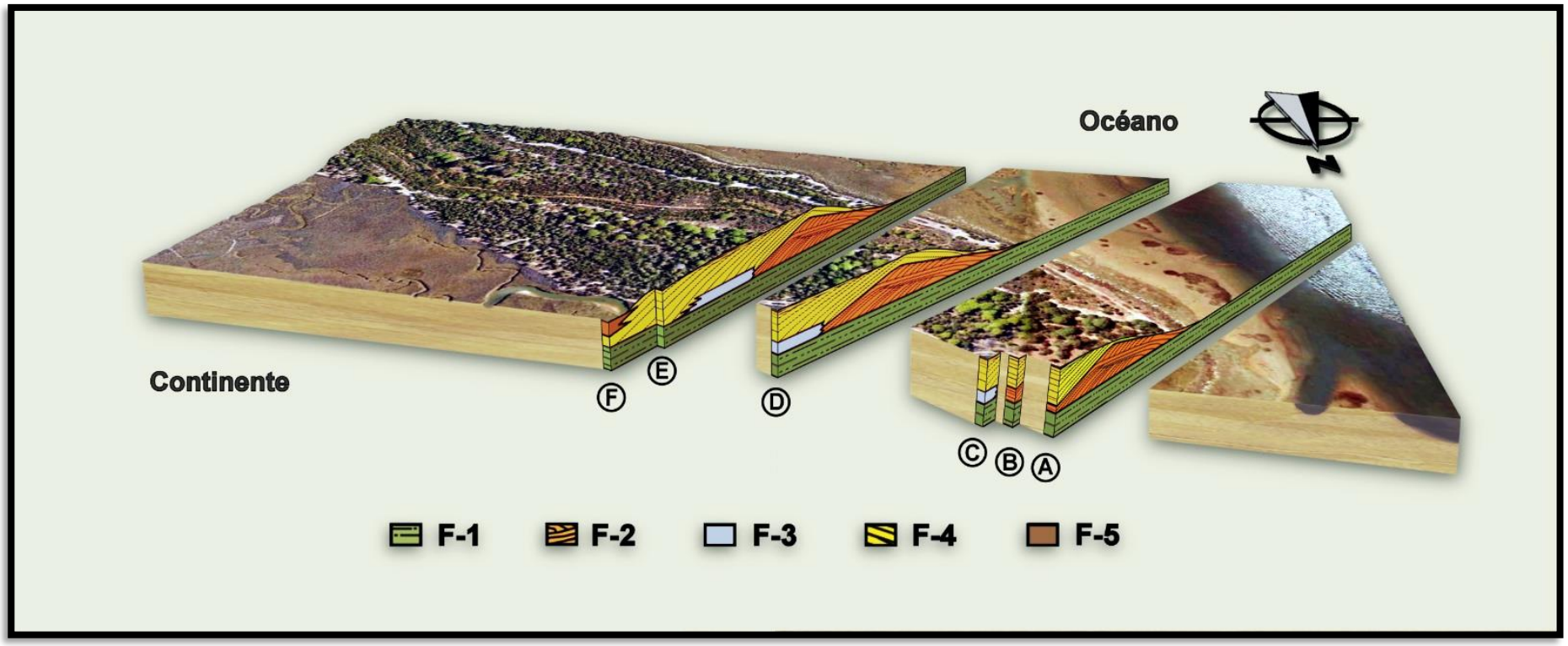



***Figura 21:*** *Modelado 3D del gancho arenoso de La Cascajera en el que se aprecian cortes en dirección N-S con las facies identificadas y la localización de las columnas descritas en el cantil del canal mareal de dirección E-O.*

## FACIES DE TEMPESTITAS

La descripción general de esta secuencia de abanicos de sobrepaso ha sido descrita anteriormente (Facies 4). A continuación, se ofrece una caracterización más detallada de esta unidad tan potente e importante que forma la mayor parte de la barrera de La Cascajera (ver Fig. 21) diferenciándose 3 subfacies (Fig. 22).

**SUBFACIES 4.A:** (0,7–2,5 m s.n.m.) Esta subfacies se superpone a los sedimentos de chenier (Facies 2) y desaparece hacia el este mediante un cambio lateral de facies hacia la subfacies 4.B.

-TEXTURA: Consiste en la unidad más inferior compuesta por la acumulación sucesiva de capas de espesor variable (1–15 cm) de valvas desarticuladas de *Glycymeris* (> 90% de peso seco) alternadas con una matriz arcillosa muy escasa (Tabla 4). Presenta una superficie de erosión que buza en dirección SE-NO, que comúnmente muestra imbricaciones de conchas y/o capas paralelas.

-CONTENIDO PALEONTOLÓGICO: Esta subfacies contiene densos paquetes de conchas principalmente formados por bivalvos *G. violacescens* en forma de valvas desarticuladas (Fig. 20) con perforaciones, rotura del umbo y abrasión superficial leve a moderada. No se observó evidencia de microfauna, cuya ausencia puede deberse a la falta de matriz al lavar la fracción fina durante los eventos de alta energía. Esta carencia se ha observado en otros depósitos de alta energía del SO de España (Ruiz et al., 2005).

INTERPRETACIÓN:

En base a las características tafonómicas que presentan la mayoría de los bivalvos de esta unidad, podemos indicar que estos materiales han sufrido un transporte corto. Si además se considera la inclinación de la base erosiva y de las distintas capas que la constituyen, se puede afirmar que el transporte se produjo desde el SE hacia el NO, debido a la acción de episodios marinos de alta energía. Esta dirección está parcialmente condicionada por el crecimiento de la flecha de Punta Umbría y la presencia de un canal adyacente durante este período de tormenta.

Estos procesos suministraron materiales fácilmente disponibles en las cercanías (zonas intermareales y submareales) al entorno supramareal. Por tanto, esta facies supone la suma de varios eventos de tormenta que llevan a la acumulación vertical de depósitos de tempestitas.

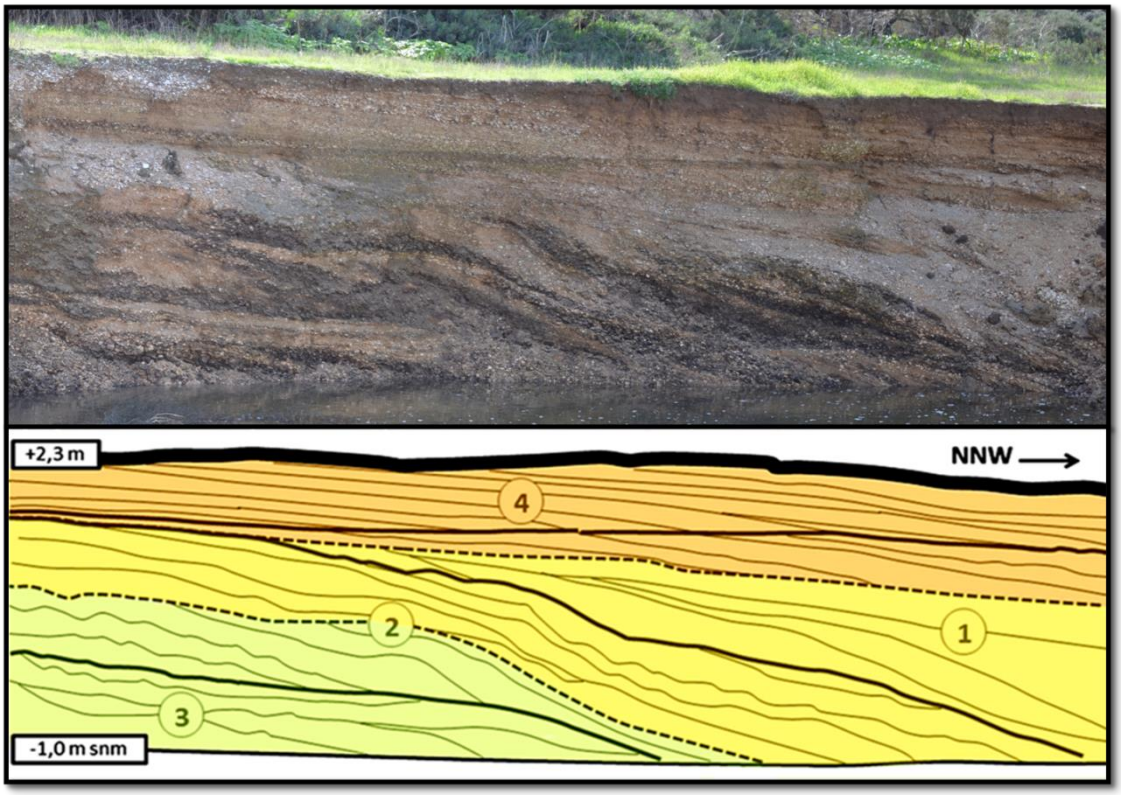



***Figura 22:*** *Visita parcial del afloramiento SE-NO en La Cascajera. Afloramiento –Tipo (en marea baja) de una secuencia tempestítica en el flanco noroeste de La Cascajera, donde se aprecia superposición de lóbulos progradantes de abanicos de desbordamiento en sus sectores proximal (1), medio (2) y distal (3); recubiertos por un tramo agradante y condensado (4) de depósitos de "cola" de abanico que estabilizaban y hacen aflorar permanentemente la barrera estuarina (+2,3m) por encima del nivel máximo de marea. La línea negra gruesa indica un suelo orgánico sobre arena (Gómez et al., 2017).*

**SUBFACIES 4.B:** (1–2,5 m s.n.m.) Este depósito cubre la llanura mareal arenosa (Facies 1) o la facies de chenier (Facies 2), formando capas de 20 a 50 cm de espesor.

-TEXTURA: Compuesta por arenas y gravas bioclásticas medias a gruesas sin apenas finos (arena: 75-20%; grava: 65-20%; grano fino: <3%) (Tabla 4). Presenta un contacto basal erosivo y curvo, cubierto por capas de fragmentos bioclásticos ricos en conchas y con porcentajes variables de matriz arenosa. Esta subunidad muestra un claro y pronunciado buzamiento hacia el N-NO (> 30 °) que define los procesos de acreción y progradación lateral.

-CONTENIDO PALEONTOLÓGICO: En esta subfacies son muy abundantes los fragmentos de conchas, valvas desarticuladas (*Glycymeris sp., Ch. gallina, D. lupinus, C. gigas, Mimachlamys varia*), gasterópodos (*B. reticulatum, M. varia, N. incrassatus*) (Tabla 5) y espinas de equinodermos. Todas las especies muestran signos de abrasión y bioerosión. En la microfauna destacan las asociaciones marinas de foraminíferos (*A. beccarii, E. crispum, R. globularis*) y ostrácodos (*U. oblonga, X. communis, Bairdia mediterranea*).

INTERPRETACIÓN:

Las especies identificadas habitan actualmente en ambientes litorales poco profundos (profundidades de 0 a 50 m s.n.m.) alrededor del golfo de Cádiz (Pérez Quintero, 1989; Junta de Andalucía, 1993). Las características sedimentológicas y tafonómicas indican la exposición a eventos de alta energía. Durante los episodios de tormenta, el material detrítico y fauna marina sobrepasaron las barras de chenier por acción del oleaje de alta energía. Por lo tanto, cada capa sedimentaria es un registro de un abanico de sobrepaso que tuvo lugar durante un evento de tormenta y progradación hacia el interior del estuario (Fig.19 C). Las capas más gruesas que afloran en el meando Oeste corresponden al sector proximal de los abanicos de sobrepaso (Fig. 22).

**SUBFACIES 4.C:** (0–2,2 m s.n.m.). Estos depósitos se correlacionan lateralmente con la subfacies 4.B y se encuentran ampliamente representados en los meandros Oeste (perfil C), Medio (perfil D) y Este (perfiles E y F) (Fig. 21).

-TEXTURA: Se compone de arenas medias bioclásticas y gravas (arena: 80-20%; grava: 65-30%; grano fino: <5%) formando capas de 30–40 cm de grosor con laminación paralela difusa y comúnmente definida por cambios en el tamaño de grano (Tabla 4).

-CONTENIDO PALEONTOLÓGICO: En esta subfacies los restos bioclásticos son más escasos que en las subfacies 4.B. La microfauna es abundante, el conjunto de foraminíferos bentónicos marinos (Tabla 5) muestran evidencias de transporte y reelaboración debido a la pérdida de las últimas cámaras en miliólidos y la aparición de fragmentos de especies planctónicas.

INTERPRETACIÓN:

Esta subfacies contiene un conjunto microfaunístico más abundante que actualmente caracteriza a las zonas de plataforma marina abiertas poco profundas y las bocanas de los estuarios del suroeste peninsular (<20 m de profundidad), que están constantemente bajo la acción de fuertes corrientes mareales y oleaje (González-Regalado et al., 2001).

Durante los episodios de tormenta, el material fino junto con restos bioclásticos se erosionó de los ambientes marinos costeros superficiales, transportándose por el oleaje hacia zonas más protegidas tras la barrera y se depositaron en las áreas distales (Fig. 22) de los abanicos de sobrepaso. (Meandros Medio y Este).

**Cronología de las formaciones sedimentarias**

Las dataciones precisas son esenciales para la construcción de modelos paleoambientales y paleoclimáticos fiables basados en análisis de los registros sedimentarios. Por ello, para el estudio de esta área, se realizaron 10 dataciones radiocarbónicas-AMS y otras 6 por series de uranio en malacofauna (Fig. 23).

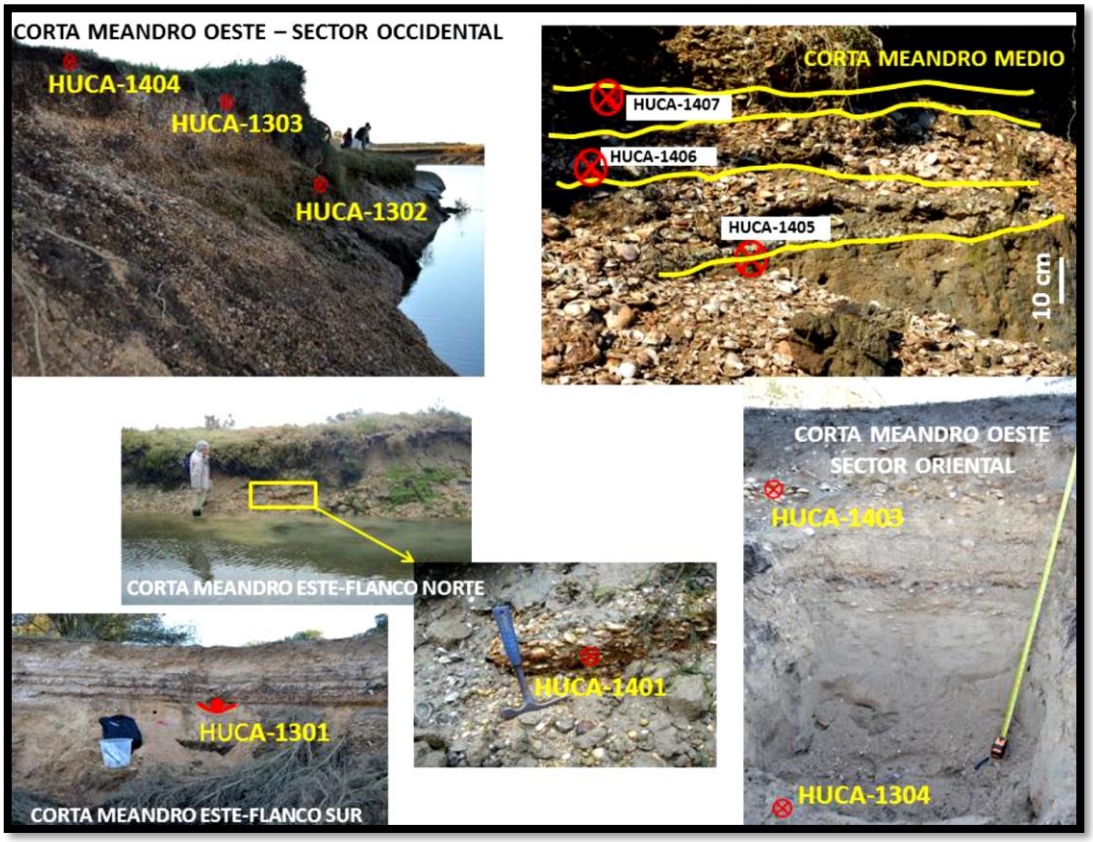



***Figura 23:*** *Localización de muestras para dataciones radiométricas absolutas en los perfiles estudiados al NO de La Cascajera (Isla Saltés).*

La datación por series de uranio de estos materiales depende de la baja concentración de Th existente en las aguas y en los minerales precipitados junto al carbonato. Para su correcta estimación, es necesario medir los isótopos de U y Th en varias submuestras del mismo carbonato impuro y su normalización del contenido de $^{232}$Th (Bischoff y Fitzpatrick, 1991; Kaufman, 1993). Además, hay que tener en cuenta que los métodos tradicionales para la determinación de la edad a partir del desequilibrio en las series de uranio tienen el inconveniente de un límite mínimo de edad de unos 3.000/4.000 años, como ocurre en el afloramiento de La Cascajera.

Los resultados obtenidos una vez que se aplican las correcciones por el alto contenido en terrígenos, se muestran en la tabla 6 con una confianza de 1$\sigma$, para poder compararlas con los resultados radiocarbónicos. Encontramos una alta dispersión de las edades calibradas, entre 2.790 Y 1.440 años B.P. Es decir, entre el 840 a.C. y el 510 d.C.; casi todo el primer milenio a.C. y la primera mitad del primer milenio d.C. Estos resultados no son los esperados ya que las muestras presentan un alto contenido en uranio reciclado derivado de la contaminación producida por la histórica actividad minera del entorno, obteniendo edades rejuvenecidas que no son fiables (Gómez et al., 2021). En estos casos es necesario el uso de varios métodos de datación para comprobar si los resultados son congruentes con lo esperado y los errores son asumibles; o si, por el contrario, debe desecharse este método para datar estos ambientes.

| Código de Muestra | Localización de campo | Edad BP u/Th, 1 σ Años aC-dC |
|---|---|---|
| HUCA–1301 | Meandro este | 1990−1740 / 40 aC−210 dC |
| HUCA–1302 | Meandro oeste | 1580−1440 / 370 dC−510 dC |
| HUCA–1303 | Meandro oeste | 1800−1590 /150 dC−360 dC |
| HUCA−1401 | Meandro este | 2210−2020 /260 aC−70 aC |
| HUCA−1403 | Meandro oeste | 1990−1740 / 40 aC−210 dC |
| HUCA−1402 | Meandro oeste | 2790−2450 / 840 aC−500 aC |

***Tabla 6:*** *Dataciones de series de uranio en los perfiles geológicos de La Cascajera*

La datación por radiocarbono ($^{14}$C) es uno de los métodos más comunes utilizados para crear marcos cronológicos durante los últimos 50.000 años. Todos los organismos tienen una concentración de $^{14}$C en equilibrio, gracias al

constante intercambio de $CO_2$ no radiactivo de la atmósfera durante su periodo de vida. Cuando el organismo muere, este intercambio de detiene y la concentración de $^{14}C$ comienza a decaer con una vida media de 5.570 años. La edad del organismo después de la muerte puede determinarse reduciendo la materia a través de procesos químicos a carbono, analizándolo; o bien usando un acelerador de espectrometría de masas (Ikeya, 1993; Walker, 2005).

También se tiene en cuenta que el reservorio oceánico es deficiente en radiocarbono en comparación con la atmosfera, de forma que existe un desplazamiento en la edad $^{14}C$ (Edad del reservorio) entre muestras coetáneas que contienen carbono marino frente a las que contienen carbono terrestre (Soares, 2015). La cuantificación del efecto del reservorio de radiocarbono marino (ΔR) queda definido como la diferencia entre las edades reservorio de la capa de mezcla del océano regional y la edad de la capa de mezcla media de los océanos del mundo en 1950 CE (Stuiver et al., 1986). Este hecho es de crucial importancia para la correcta calibración de $^{14}C$ edades de procedencia marina. El ΔR a lo largo de la costa atlántica andaluza se ha calculado en −108 ± 31 $^{14}C$ año durante los últimos 3.000 años (Martins y Soares, 2013), lo que está de acuerdo con las condiciones oceanográficas presentes en el área.

| Código de Muestra | Código de Laboratorio | Localización Meandro | δ $^{13}C$ ‰ | Edad 14C (Años BP) | Años calibrados BP Marine13 (1 σ) Años aC/dC |
|---|---|---|---|---|---|
| HUCA-1301 | CNA-2817 | Este-Flanco Sur | -0,33 | 2263±31 | 2060-1930<br>110 a.C.-20 d.C. |
| HUCA-1302 | CNA-2818 | Oeste- Occidental | 4,83 | 3415±32 | 3460-3350<br>1510 a.C.-1400 a.C. |
| HUCA-1303 | CNA-2819 | Oeste- Occidental | 7,45 | 2189±31 | 1970-1860<br>20 a.C.-90 d.C. |
| HUCA-1401 | CNA-2820 | Este-Flanco Norte | 7,82 | 2210±32 | 1990-1870<br>40 a.C.-80 d.C. |
| HUCA-1403 | CNA-2821 | Oeste- Oriental | 2,07 | 2366±33 | 2200-2050<br>250 a.C.-100 a.C. |
| HUCA-1304 | CNA-2505 | Oeste- Oriental | 1,29 | 2100±35 | 1870-1740<br>80 a.C.-210 d.C. |
| HUCA-1404 | CNA-2822 | Oeste- Occidental | 5,06 | 3732±33 | 3860-3720<br>1910 a.C.-1770 a.C. |
| HUCA-1405 | CNA-2823 | Medio | 2,58 | 2172±32 | 1940-1830<br>10 d.C.-120 d.C. |
| HUCA-1406 | CNA-2824 | Medio | 4,26 | 2150±33 | 1920-1810<br>30 d.C.-140 d.C. |
| HUCA-1407 | CNA-2825 | Medio | 4,13 | 2170±32 | 1940-1830<br>10 d.C.-120 d.C. |

***Tabla 7:*** *Análisis de muestras de $^{14}C$-AMS con edades calibradas (1σ) y calendario en los perfiles geológicos de La Cascajera (Isla Saltés).*

Fueron tomadas 10 muestras de concha marina *Glycymeris sp*. para la datación por $^{14}C$ (Tabla 7) en varios niveles de los afloramientos de La Cascajera. Las conchas no presentaban evidencias de desgaste o rotura. La superficie más externa de cada capa individual (~ 30% en peso) se descartó mediante el ataque químico controlado (HCl 0,5 M a 25° C). El contenido de $^{14}C$ se midió por AMS en el Centro Nacional de Aceleradores de España (CNA). Las fechas de $^{14}C$ convencionales se calcularon de acuerdo con las definiciones recomendadas por Stuiver y Polach (1977).

Al comparar los resultados con la posición estratigráfica de las muestras (Fig. 18), podemos observar que las series temporalmente más homogéneas se encuentran en la facies superior de génesis tempestítica, con edades calendario entre 250 a.C. y 140 d.C.

Respecto a los perfiles de cada uno de los meandros, las muestras obtenidas en el sector más occidental, en la punta de la barrera de La Cascajera, ofrecen los resultados más contradictorios. Las muestras estratigráficamente inferiores resultan más jóvenes que las superiores. La única explicación razonable es el reciclaje de conchas antiguas procedentes de afloramientos sumergidos, que son removidas por las tormentas y colocadas en niveles superiores, a modo de "estratigrafía invertida". Estas edades antiguas pueden llegar hasta 1.910 años a.C.

| Código de Muestra | Código de Laboratorio | Localización de campo | Edad 14C (Años BP) | Edad Calibrada BP (2 σ) sin modelar Años aC/dC | Edad Calibrada BP (2 σ) modelada Años aC/dC |
|---|---|---|---|---|---|
| **Límite inicial** | | | | | **154 aC- 96 dC** |
| HUCA-1301 | CNA-2817 | Meandro este | 2263±31 | 168 aC-71 dC | 104 aC- 99 dC |
| HUCA-1401 | CNA-2820 | Meandro este | 2210±32 | 112 aC-135 dC | 54 aC- 127 dC |
| HUCA-1405 | CNA-2823 | Meandro medio | 2172±32 | 65 aC-182 dC | 65 aC- 114 dC |
| HUCA-1406 | CNA-2824 | Meandro medio | 2150±33 | 33 aC- 214 dC | 39 aC- 132 dC |
| HUCA-1407 | CNA-2825 | Meandro medio | 2170±32 | 61 aC- 186 dC | 31 aC- 151 dC |
| HUCA-1303 | CNA-2819 | Meandro oeste | 2189±31 | 87 aC- 153 dC | 56 aC- 131 dC |
| **Límite final** | | | | | **29 aC- 204 dC** |

***Tabla 8:*** *Edades de radiocarbono (no calibradas y calibradas) y fechas de calendario para muestras de conchas de Glycymeris recolectadas en las facies de tempestita de los afloramientos de La Cascajera. (⁺Calibraciones realizadas utilizando la curva de calibración MARINE13 (Reimer et al., 2013), OxCal v4.2.4 (Bronk Ramsey, 2001, 2009) y un ΔR = −108 ± 31 años 14C (Martins y Soares, 2013)).*

Estos resultados también nos hacen dudar sobre la fiabilidad de las dataciones de muestras de conchas representativas, en estos tipos de sedimentos energéticos, lo que nos hace replantearnos la correcta correlación entre las facies estudiadas en La Cascajera y los resultados cronológicos por AMS. El conjunto de muestras con resultados más fiables corresponde al de la facies superior de tempestitas, en los perfiles de los tres meandros. Así pues, solo en estas muestras (Tabla 8) se ha realizado un calibrado MARINE13 (Reimer et al., 2013) para la conversión de las edades de radiocarbono convencionales a las fechas del calendario. Este procedimiento también se aplicó a muestras adicionales obtenidas por otros autores en el estuario de Tinto-Odiel (Goy et al., 1996; Dabrio et al., 2000) para dibujar una evolución paleoambiental de esta área (Tabla 9).

| Código de Muestra | Código de Laboratorio | Localización de campo | Edad 14C (Años BP) | Edad Calibrada BP (2 σ) sin modelar Años a.C./d.C. | Referencias |
|---|---|---|---|---|---|
| PU95-2 | GX-20908 | Flecha Punta Umbría | 3555±75 | 3795-3380<br>1850 a.C.- 1430 a.C. | Goy et al., (1996) |
| PU95-1 | GX-20907 | Flecha Punta Umbría | 3315±70 | 3470-3070<br>1520 a.C.- 1125 a.C. | Goy et al., (1996) |
| HU94-9 | IRPA-1156 | Flecha Punta Arenilla | 3220±95 | 3410-2900<br>1460 a.C.- 960 a.C. | Dabrio et al., (2000) |
| HU94-8 | IRPA-1164 | Flecha Punta Arenilla | 2950±95 | 3140-2640<br>1190 a.C.- 695 a.C. | Dabrio et al., (2000) |
| HU94-3 | IRPA-1157 | La Cascajera (Isla Saltés) | 2705±90 | 2750-2320<br>800 a.C.- 370 a.C. | Dabrio et al., (2000) |
| HU94-4 | IRPA-1158 | La Cascajera (Isla Saltés) | 2675±90 | 2730-2305<br>780 a.C.- 360 a.C. | Dabrio et al., (2000) |
| HU94-2 | UtC-4185 | El Acebuchal (Isla Saltés) | 1900±105 | 1820-1325<br>130 d.C.- 625 d.C. | Dabrio et al., (2000) |
| PU95-3 | GX-20909 | Flecha Punta Umbría | 1900±70 | 1770-1380<br>180 d.C.- 570 d.C. | Goy et al., (1996) |

***Tabla 9:*** *Edades de radiocarbono (no calibradas y calibradas) y fechas del calendario obtenidas de trabajos anteriores en el estuario de Huelva.*

Los resultados de La Cascajera se presentan como edades calibradas para los intervalos 2σ utilizando un modelo bayesiano (Fig. 24). Los detalles de las estadísticas bayesianas, una práctica común para el modelado de fechas del $^{14}C$, han sido descritos en varios artículos (Buck et al., 1991, 1992; Bronk Ramsey y Allen, 1995), así como los modelos matemáticos utilizados por OxCal, que no solo se utilizan para la calibración de las edades de $^{14}C$ convencionales, sino también para la modelización estadística (Bronk Ramsey, 2001, 2008, 2009). El uso de estos modelos permite reducir la incertidumbre asociada con el proceso de calibración, mediante la incorporación de información relacionada con diversas restricciones, como la secuencia estratigráfica a partir de la cual se

recolectaron las muestras fechadas. Debido a la incorporación de esta información en el modelo, se obtiene una distribución de incertidumbre posterior para cada edad y, en consecuencia, nuevos límites para el intervalo de tiempo de la fecha calibrada (Bronk Ramsey, 2001, 2008, 2009). Para estas edades de $^{14}C$ presentadas aquí, el modelo Bayesiano se configuró con OxCal v.4.2.4 (Bronk Ramsey, 2001, 2009, 2012) utilizando la curva de calibración MARINE13 (Reimer et al., 2013).

Hay tres grupos de fechas, dos de las cuales constituyen secuencias de fechas (ME y MM, Fig. 19 B), mientras que para el meando Oeste solo hay una fecha (Fig. 19 A). Por otro lado, la relación cronológica entre los tres sectores es desconocida porque su morfología está oculta debajo de las dunas y la vegetación reciente.

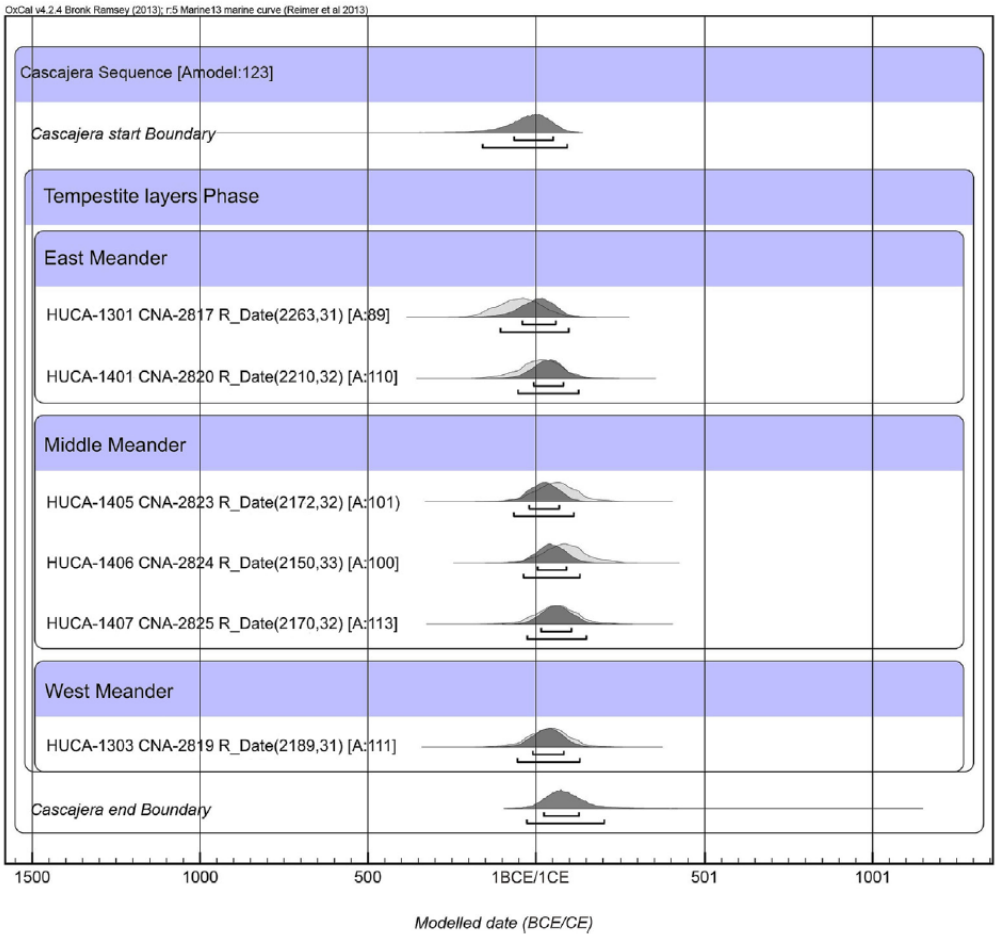



***Figura 24:*** *Representación gráfica del conjunto de datos de edad de radiocarbono calibrado (OxCal v.4.2.4) obtenido para esta investigación (Cáceres et al., 2018).*

El modelado de las edades de $^{14}C$ calibradas (Fig. 23) proporciona un intervalo de tiempo entre la segunda mitad del siglo I a.C. y la primera mitad del siglo II

d.C. para la deposición de las conchas marinas en los diferentes afloramientos registrados en el borde occidental de barrera arenosa de La Cascajera. Sin embargo, los datos de radiocarbono no permiten diferenciar cronológicamente el orden de deposición en los tres sectores muestreados. Teniendo en cuenta todas estas edades, la emersión definitiva de la barrera de La Cascajera se produjo probablemente durante el siglo II d.C. y la secuencia de tempestitas estudiada representa un máximo de 150 años de actividad de fuertes tormentas.

**Problemas metodológicos**

En los trabajos de campo en sedimentos recientes se recomienda cada vez más el contraste de los eventos morfosedimentarios de edad cuaternaria mediante el uso de varios métodos de datación.

En la tabla siguiente se han recogido las seis muestras fechadas por U/Th, y su comparación con las dataciones calibradas de $^{14}C$ realizadas sobre las mismas muestras de conchas (Tabla 10). Sólo la muestra HUCA-1402 no ha dispuesto de material suficiente para ser fechada por ambos métodos, por lo que se ha utilizado otra muestra semejante (HUCA-1304) para ser datada por AMS.

| Código de Muestra | Código de Laboratorio | δ $^{13}C$ ‰ | Edad 14C (Años BP) | Años calibrados BP Marine13 (1 σ) Años aC/dC | Edad BP u/Th, 1 σ Años a.C.-d.C. |
|---|---|---|---|---|---|
| HUCA–1301 | CNA-2817 | -0,33 | 2263±31 | 2063-1930<br>110 aC- 20 dC | 1990–1740<br>40 aC–210 dC |
| HUCA–1302 | CNA-2818 | 4,83 | 3415±32 | 3460-3350<br>1510 aC- 1400 dC | 1580–1440<br>370 dC–510 dC |
| HUCA–1303 | CNA-2819 | 7,45 | 2189±31 | 1970-1860<br>20 aC-90 dC | 1800–1590<br>150 dC–360 dC |
| HUCA–1401 | CNA-2820 | 7,82 | 2210±32 | 1990-1870<br>40 aC- 80 dC | 2210–2020<br>260 aC–70 aC |
| HUCA–1403 | CNA-2821 | 2,07 | 2366±33 | 2200-2050<br>250 aC-100 dC | 1990–1740<br>40 aC–210 dC |
| HUCA–1402 | | | | | 2790–2450<br>840 aC–500 aC |
| HUCA-1304 | CNA-2505 | 1,29 | 2100±35 | 1870-1740<br>80 aC- 210 dC | |

***Tabla 10:*** *Dataciones de series de uranio en los perfiles geológicos de La Cascajera y su comparación con dataciones de radiocarbono (AMS) en las mismas muestras de concha (Glycymeris).*

Los resultados obtenidos de las dataciones, ya realizadas todas las correcciones y calibraciones necesarias en ambos métodos, se muestra en la tabla 10 (Fig. 25). Esta comparación es muy ilustrativa, pues comprobamos que hay un escaso porcentaje de correlación entre las dataciones de radiocarbono y las series de Uranio. Podemos observar en la recta de regresión (azul Fig. 25) resultante de

dicha comparativa que en general, las edades de $^{14}C$ son unos 200 años más antiguas que las de U/Th, para las mismas muestras. El rango de error de las cuatro muestras más agrupadas (HUCA-1301/1303/1401/1403) es de 250 años (azul celeste Fig. 25); es decir, más de un 20% de error sobre la recta de regresión calculada. La única muestra cuyos resultados de edad son similares es la HUCA-1301. Los errores son inadmisibles para las muestras HUCA-1304/1402 y HUCA-1302. En la primera puede ser debido a una muy posible contaminación por Uranio y, en la segunda, por una muestra de concha fósil tal vez reciclada y más antigua que la edad del sedimento que la contiene.

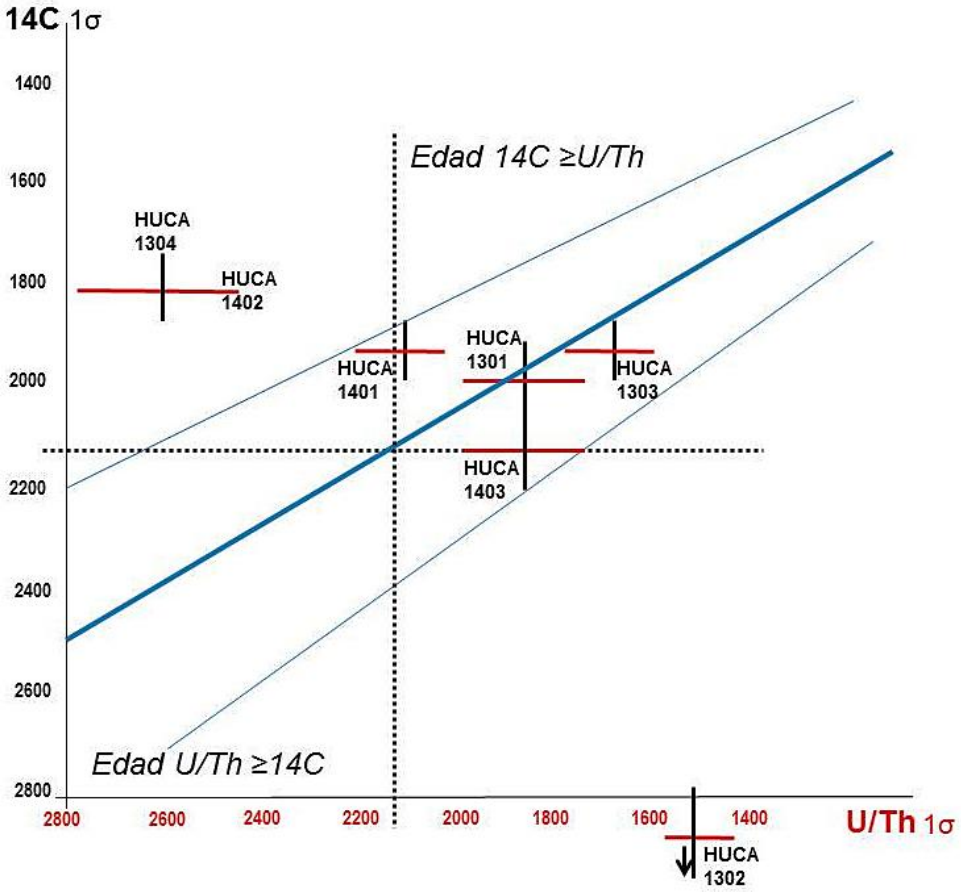



***Figura 25:*** *Comparación gráfica de las muestras fechadas por $^{14}C$ y U/Th (1σ).*

Atendiendo a la información que proporciona la comparación, y desde un punto de vista metodológico, cabe resaltar que la contaminación postsedimentaria de elementos datables en un sistema abierto, favorece el rejuvenecimiento de la muestra. De forma que, la edad U/Th de una muestra se hace más joven cuando postdeposicionalmente sigue entrando en el sistema el $^{234}U$ y, aún más joven, cuando además entra el $^{238}U$. Desconocemos aún como se produjo la

contaminación y cuáles fueron los isótopos contaminantes y en qué proporción lo hicieron.

La comparación llevada a cabo entre ambas metodologías de datación ha sido muy útil para este caso en concreto y para la utilidad metodológica del análisis de muestras de conchas recientes en medios estuarinos contaminados.

De la comparación de estos métodos y de sus resultados deducimos que: 1) en los medios tan contaminados, como en el caso de estos afloramientos y con las edades tan recientes, el método U/Th no debe utilizarse y nunca de forma exclusiva; 2) el método de radiocarbono en función de los resultados obtenidos parece ser el más aconsejable, aunque hay que tener en cuenta las pertinentes calibraciones regionales (ΔR) y la posibilidad que alguna muestra puede estar reciclada de depósitos más antiguos; 3) el muestreo para $^{14}C$ debe ser múltiple y dispuesto estratigráficamente en cada uno de los perfiles, siendo aconsejable su modelización Bayesiana (OxCal). 4) en medios marinos litorales, las conchas datables, a pesar de su aparente aspecto de "frescura", pueden ser frecuentemente recicladas, sólo cuando tenemos la certeza de una movilización en vida o post mortem, es cuando las edades resultan fiables (p.e. las secuencias de niveles tempestíticos) (Gómez et al., 2021).

**Cronología arqueológica de la Cascajera**

Las actividades humanas en la superficie terrestre han dejado, desde sus orígenes prehistóricos, unos restos tecnológicos, de laboreo y de consumo, así como sus correspondientes residuos que pueden ser útiles en la cronología de ciertos depósitos y/o procesos geológicos. Se pueden obtener datos cronológicos adicionales a partir del contenido arqueológico presente en el horizonte edáfico superior del área de estudio (Campos et al. 2015).

Tras las intensas prospecciones superficiales y el análisis cuantitativo y cualitativo del material cerámico y constructivo se recuperaron un total de 674 fragmentos (Fig. 26) correspondientes a los periodos romano y moderno-contemporáneo.

El asentamiento romano de La Cascajera parece comenzar su actividad a mediados del siglo IV d.C., haciéndose ésta más importante a lo largo de la

primera mitad del siglo V d.C. Esta cronología se ha podido establecer gracias al análisis y estudio de los restos cerámicos y anfóricos principalmente. Dentro del tipo cerámico anfórico, se ha podido reconocer parte del hombro de un ánfora africana III/Keay 25X, con una de sus asas completas y sin presentar rotura en el borde (Fig. 27 A). Este tipo de ánforas de producen en las comarcas costeras septentrionales de Túnez y se cree que transportaban aceite, aceituna y derivados, aunque tampoco se descartan las conservas de pescado. La cronología se establece desde mediados del siglo IV a mediados del siglo V d.C. (Campos, 2016).



***Figura 26:*** *Ejemplo de materiales cerámicos encontrados durante la prospección.*

También se han recuperado bordes completos de distintas ánforas, de las cuales algunas conservaban el tercio superior siendo posible su identificación. Destaca un LRA1, del que se conserva parte del estrechamiento de cuello y las dos asas que nacen del arranque del labio. Consiste en un ánfora de cuerpo ligeramente globular (Fig. 27 B). Por sus distintas características, este tipo anafórico pertenece al Siglo V d.C. El último tipo anafórico identificado consiste en dos ejemplares de Keay XIXC. Presentan un cuerpo piriforme, cuello cilíndrico definido, asas en sección oval que parten de la moldadura inferior del cuello

hasta los hombros, borde ligeramente exvasado y doblemente moldurado al exterior, con una amplia concavidad interna, labio engrosado al exterior y redondeado (Fig. 27 C). Este tipo de ánfora es característica de la producción sudhispana, presente en todos los contextos tardíos mediterráneos. Su contenido principal eran salazones. Se las sitúa entre la segunda mitad del siglo III y mediados del siglo V d.C. (Keay, 1984), aunque en la bética su presencia se prolonga hasta principios del siglo IV d.C. (Bernal, 1997).

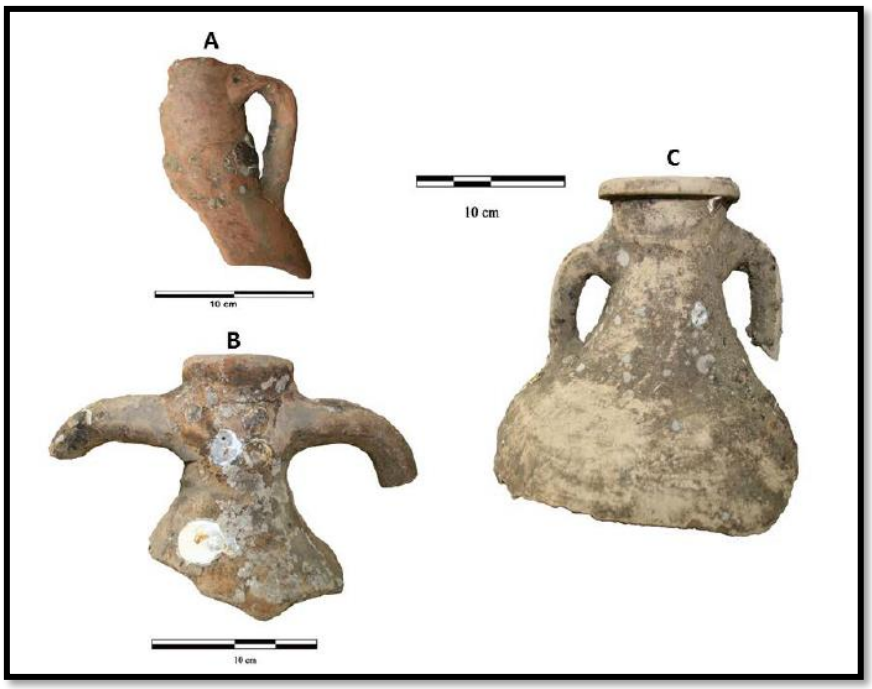



***Figura 27:*** *Restos de cerámicas anfóricas en el yacimiento de La Cascajera: A. parte de un hombro de un ánfora africana III/Keay 25; B. cuello y asas de ánfora LRA 1; C. ánfora tipo Keay XIXC.*

Finalmente, en lo que respecta a la vajilla fina, se han recuperado dos bordes de ARSW, el más característico con forma 76 y una cronología de entre el 425-475 d.C. y el otro ejemplar consiste en un fragmento de borde de una 91 con una cronología para todo el siglo V d.C.

A modo de conclusión, una vez terminado el análisis del material cerámico, se corrobora que el asentamiento de La Cascajera tiene sus inicios en el siglo IV d.C. y no supera el siglo VI d.C. Su momento de mayor ocupación tiene lugar en el periodo entre los siglos IV-V d.C., encontrándose bien representado por los materiales anfóricos (Keay XIXC, XXXV, LRA1) y finos (ARSW 76 y 91). La función principal de este asentamiento fue la pesca y la elaboración de derivados de productos marinos (Campos, 2016).

## 3.4. Pautas de ocupación humana de los litorales estuarinos.

La interrelación entre la dinámica costera a partir del máximo transgresivo, y la forma en que los humanos ocuparon el territorio, deriva en un modelo evolutivo hombre-medio de vital importancia para la mejor comprensión de las causas de la localización y/o abandono de los asentamientos humanos en esta zona.

En las últimas décadas se ha producido el avance en la investigación de nuevos yacimientos arqueológicos de la región y la profundización en otros previos (Campos et al., 1999 a; 2002; 2014; 2015). Estos definen al estuario de Huelva como una unidad fisiográfica de poblamiento humano que evoluciona hacia una unidad productiva-comercial que ejerció su poder e influencia a lo largo del occidente de la costa atlántica sudibérica.

El yacimiento arqueológico de La Glorieta de Punta Umbría, es uno de los más antiguos que encontramos en la zona, perteneciente al Paleolítico superior (Fig. 28) (García Rincón y Rodríguez-Vidal, 1990). Se encuentra ubicado en las antiguas terrazas fluviales del río Odiel y los restos líticos se asocian a poblaciones de cazadores-recolectores.

La localización original de estos yacimientos eran las laderas de los valles fluviales. Durante el último periodo glaciar, el nivel del mar alcanzó su posición más baja, por lo que la línea de costa se encontraba más lejos y los estuarios actuales aún no se habían formado. Durante el último máximo transgresivo, 6.500 años B.P., algunos asentamientos humanos neolíticos, como el yacimiento de Papa Uvas, fueron asociados con la paleolínea de costa del estuario de Huelva, aunque muchos de ellos posteriormente fueron localizados más alejados (algo más de 1 km) y se relacionaron con entradas tributarias (pequeños valles inundados) (Cáceres et al., 2018).

Las etapas iniciales del yacimiento de Papa Uvas demuestran que se explotaron recursos agrícolas y marítimos como, peces, cetáceos y moluscos (Martin de la Cruz, 1998).

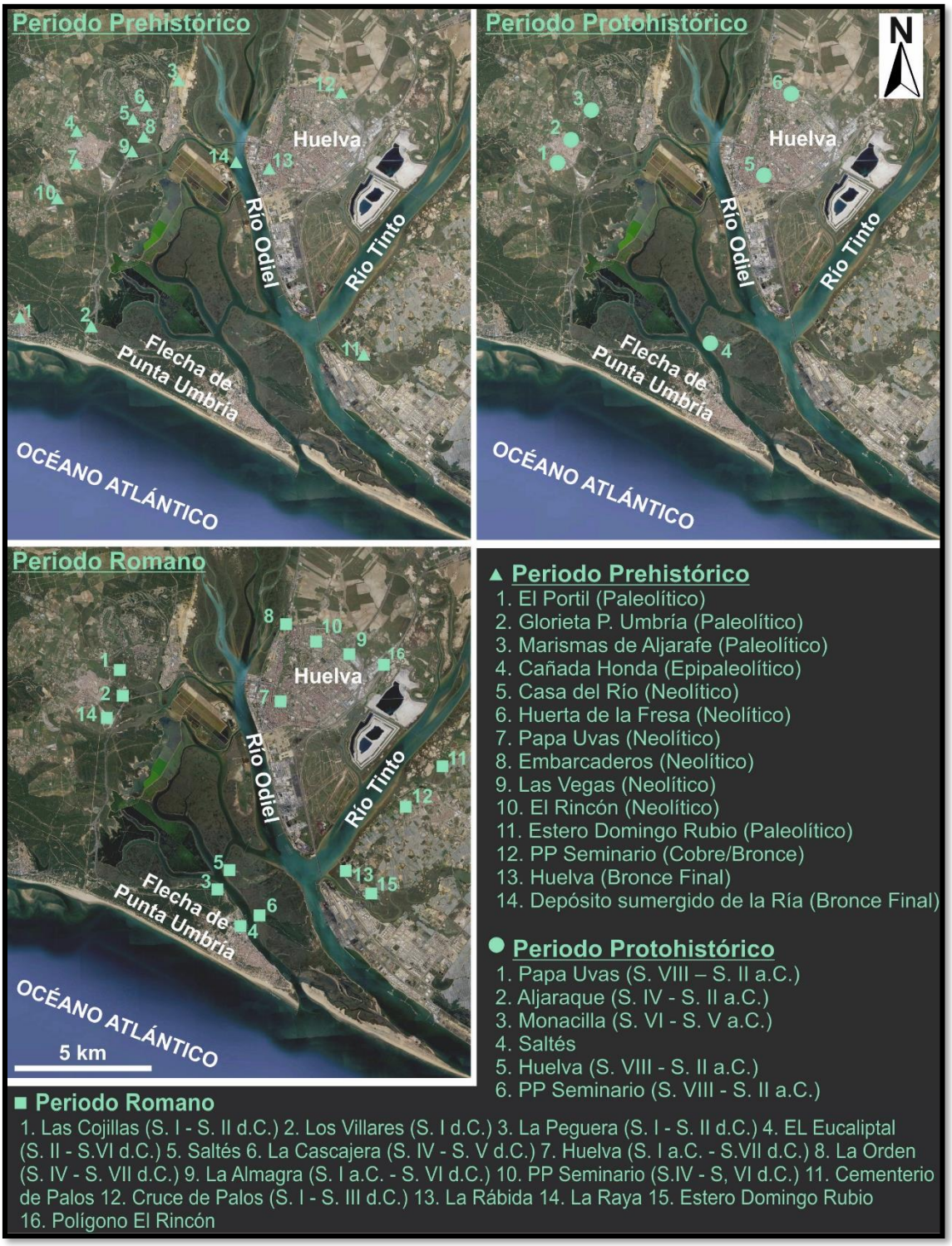



***Figura 28:*** *Localización de los yacimientos arqueológicos de diferentes periodos culturales alrededor del Estuario de Huelva (Mapa de Google Earth) (Cáceres et al., 2018).*

Los restos arqueológicos datados en la barrera del Almendral en la isla de Saltés y sus sedimentos subyacentes (Bazzana y Bedia, 2005) muestran que, durante los periodos Calcolítico y Bronce (del IV al I milenio a.C.), esta barrera aún no estaba emergida. El estuario de Huelva lo constituía una bahía abierta, donde

*Onoba* era el único asentamiento costero relevante. Este antiguo asentamiento situado en el promontorio de Huelva (Bronce final, triangulo número 13 Fig. 28; Gómez-toscano y Campos, 2001) demuestra una estrecha conexión entre las actividades humanas y el mar. Este asentamiento será ampliamente tratado en el siguiente capítulo de esta memoria.

Los hábitos alimenticios y la evidencia del comercio exterior han permitido definir este sitio como una ciudad portuaria de gran importancia en la Edad del Bronce Final. Durante este periodo la minería intensiva (Olías y Nieto, 2015) generó un gran suministro de sedimentos que llegarían al estuario y facilitó el desarrollo de extensas marismas salinas y el aumento de la productividad de la fauna salobre.

El período protohistórico (siglos VIII-II a.C.), es considerado el momento de colonización del estuario en términos de explotación de los recursos alimentarios y actividades comerciales. Algunos asentamientos que se encontraban continuamente habitados, como Papa Uvas (círculo n° 1 Fig. 28) aún existían, a pesar de que la economía de la época estaba más enfocada en algunas zonas antiguas más importantes como *Onoba* y en nuevos asentamientos costeros como Aljaraque y Saltés (Bermejo et al., 2016; Cáceres et al., 2018).

El periodo romano (Fig. 28), al comienzo del siglo II a.C. al VI d.C., se produce un aumento en la explotación de los recursos naturales (Campos et al., 2015). La agricultura, la ganadería, la minería, entre otros, tuvieron un profundo impacto en el paisaje natural. Estas actividades favorecieron la erosión del suelo y el excedente de sedimentos, reduciendo dramáticamente las áreas inundadas permanentemente alrededor del estuario (Se trata del *Palus Erebea*, nombre histórico romano del Estuario de Huelva). (Cáceres et al., 2018).

Durante la época romana, tanto las actividades de salazón como la extracción de especies marinas comestibles fueron uno de los principales sectores productivos en todas las costas mediterráneas, especialmente en las costas del Mediterráneo occidental y las del Mar Negro. Siendo menos frecuente en el Mediterráneo oriental (Marzzano, 2013). Con una importante tradición heredada de los períodos fenicio y púnico (Sáez, 2008; 2010 b; Sáez y Díaz, 2012), la parte sur de Hispania fue testigo del mantenimiento de una importante Industria

especializada en los recursos marinos del período republicano romano (siglo I a.C.), que perduro más de ocho siglos (Bermejo et al., 2019).

Los complejos de salazón de pescado se identifican por una serie de características arquitectónicas, urbanas y funcionales claramente orientadas a la transformación de los productos pesqueros. Arquitectónicamente, estos complejos estaban formados por un patio central para el procesamiento, la evisceración y el sangrado de las capturas, alrededor de las cuales se situaban un número variable de piletas de salazón. De la misma manera, los restos de fauna marina recuperados de contextos arqueológicos son a menudo extremadamente significativos y ofrecen información importante sobre las diversas especies trabajadas, escombridos, cetáceos, condrictios, moluscos (por ejemplo, *Glycymeris, Hexaplex*) e incluso crustáceos (Bernal y García, 2014).

En la costa suroeste ibérica, hubo numerosos talleres de salazón de pescado (Fig. 29, A, como son los yacimientos romanos de La Peguera, El Eucaliptal y La Cascajera, (fig. 28) ubicados en el estuario de Tinto-Odiel (SO España), muy cerca de la antigua cetaria de *Onoba* (Fig. 29, B) y que sirven para definir el antiguo litoral (Bermejo et al., 2019).

El territorio de *Onoba* ofrecía grandes posibilidades de desarrollo de esta industria. La primera evidencia del período romano en relación con el establecimiento de cetarias en el interior marítimo de *Onoba* (Fig. 29, B) se puede encontrar en la flecha de Punta Umbría (O'Kelly, 2017). El yacimiento de El Eucaliptal se encuentra ubicado (Fig. 30), a las afueras del casco urbano y al noroeste del mismo. Se extiende bajo el viejo polígono industrial, llegando a alcanzar la zona de La Peguera, frente al asentamiento de la Isla de Saltés; donde también se localizan piletas de época romana. (Campos y Vidal, 2004).

El Eucaliptal es un asentamiento que responde al modelo de cetaria, dedicado a la pesca y transformación de recursos marinos (elaboración de salazones, púrpura, etc.), y que presenta una ocupación desde mediados del siglo II d.C. hasta inicios del siglo VII d.C. La zona de La Peguera, más al noroeste y frente al asentamiento de Saltés, también se localizan piletas de época romana. Presenta cronología de abandono del siglo III d.C., mientras que la más al SE (El Eucaliptal), se abandona entre los siglos IV-V d.C. Esto podría indicar un

avance de la situación de la factoría a medida que la flecha de Punta Umbría prograda hacia el sur, pues la existencia del asentamiento se extiende entre los siglos II y VII d.C., tiempo suficiente para pensar en un avance importante de la misma (Campos y Vidal, 2004).

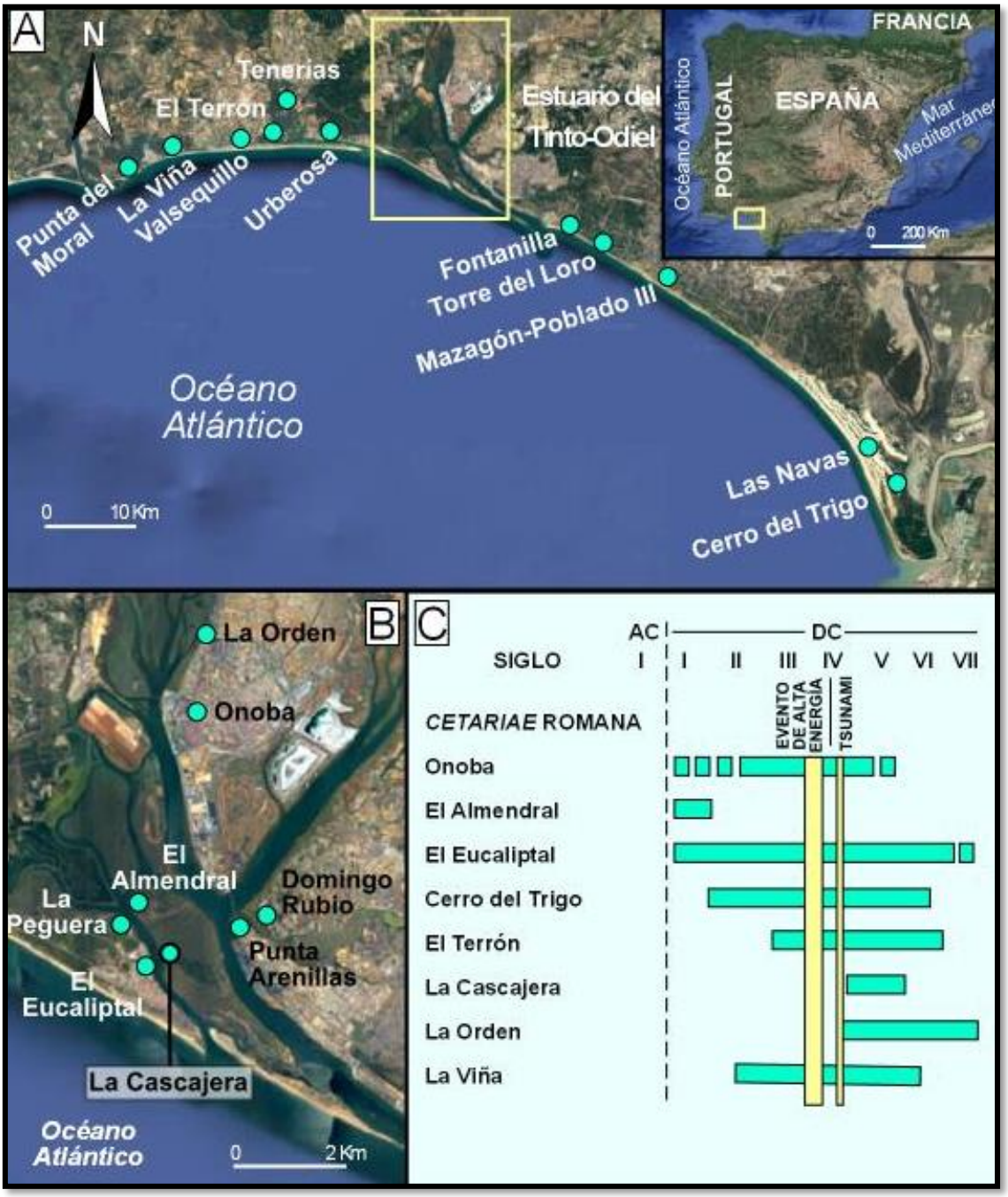



***Figura 29:*** *A: Localización de las principales factorías romanas de salazones (Cetariae) en la costa suratlántica española;* ***B****: Principales cetariae del estuario de los ríos Tinto y Odiel;* ***C****: Distribución temporal de la actividad en diferentes cetariae de esta área (Bermejo et al., 2019).*

Durante el siglo I a.C.- I d.C., se produce un importante impulso económico propiciado por el emperador Augusto (27 a.C.-14 d.C.) y sus sucesores. En este momento, *Onoba* (ver ubicación en la Fig. 29) se consideraba el puerto principal de esta zona, con un desarrollo de edificios productivos, de almacenamiento e incluso religiosos en marismas ya consolidadas ubicados en las áreas más bajas de la ciudad (Campos, 2011). Este importante yacimiento romano estaba rodeado por un conjunto de fábricas secundarias de salazón o cetaria (Fig. 29: El Almendral, El Eucaliptal) para la explotación de recursos marinos (Campos et al. 1997, 1999b, 2002; González-Regalado et al., 2018)

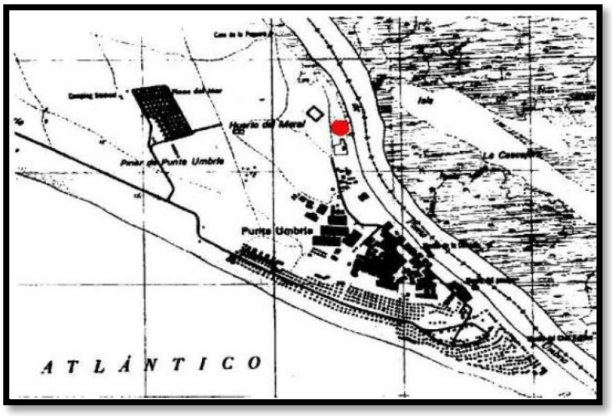



***Figura 30:*** *Localización de la factoría de El Eucaliptal (Punta Umbría). Tomado de Campos y Vidal, 2006.*

Este período de fuerte dinamismo social y económico terminó a mediados del siglo III d.C. Varias fábricas de sal de *Onoba* fueron abandonadas y numerosas piletas de este período muestran signos de deterioro. Esta crisis también afectó al asentamiento de El Eucaliptal, con el abandono de las instalaciones y el cese temporal de su ocupación (Campos et al. 2015). Otras fábricas cercanas también interrumpieron su actividad en este período, en tiempos posteriores a Gordiano III (238–244 años d.C.) (Campos et al. 1999 a; Campos y Gómez-Toscano, 2001). La crisis podría asociarse a un gran terremoto que devastó el sector suroeste de la Península Ibérica entre 260 y 290 años d.C. Este evento de alta energía causó una gran destrucción en varias ciudades romanas ubicadas cerca del Estrecho de Gibraltar, como Baelo Claudia o Carteia (Alonso et al., 2004; Silva et al., 2016 b).

A mediados del siglo IV d.C. y comienzos de V d.C. tiene lugar una nueva recuperación económica manteniendo su actividad tanto *Onoba* como El

Eucaliptal (Bermejo et al., 2016). Esta etapa de expansión y consolidación de los talleres de salazón ha sido contrastada en otras cetarias del suroeste de España (Campos et al., 2002). El análisis de los yacimientos arqueológicos reveló importantes conexiones comerciales con las principales rutas del Mediterráneo, el norte de África a través de centros de producción como Túnez, la costa marroquí, el Mediterráneo oriental y Costas atlánticas. Este impulso económico terminó a principios del siglo VII d. C. Las actividades principales de estos complejos se prolongan desde el siglo I a.C. hasta el siglo VII d.C. (Fig. 29, C). Para este período, las fábricas aumentaron en número y tamaño, al aparecer grandes conjuntos de *villae maritimae* con complejos residenciales (Campos et al., 2015).

En varias de las zonas arqueológicas (p. e., El Eucaliptal), se ha verificado la presencia de un nivel de inundación marina con sedimentos arenosos y bioclastos que cubrían las zonas industriales de los asentamientos, así como los canales y las piletas de decantación (Campos et al., 2015). Además, numerosos edificios colapsaron (Bonsor, 1928). Algunas fuentes históricas de dudosa fiabilidad informaron de un tsunami en 382 d.C. (De Britto, 1609), mientras que un evento de esta naturaleza se ha argumentado para explicar la ruina final de Baelo Claudia entre 400 y 450 d.C. (Röth et al., 2015) y podría, por lo tanto haber afectado el cercano estuario de Tinto-Odiel (González-Regalado et al., 2018)

Respecto a la zona arqueológica romana de La Cascajera (Rodríguez-Vidal et al., 2014 b), esta se encontraba oculta por un suelo rico en materia orgánica y una densa cubierta vegetal, lo que dificultaba su prospección (Fig. 31). Este asentamiento se ha estudiado desde una perspectiva multidisciplinar sobre los patrones de asentamiento humano en relación con la evolución costera morfodinámica durante el Holoceno medio-tardio (Cáceres et al., 2018).

En Función del interés arqueológico y la prospección de superficie en el borde noroeste de la barrera arenosa (Frente al yacimiento El Eucaliptal) donde la arqueología se muestra más rica, se establecieron y estudiaron diferentes transeptos de forma microespacial, con un total de nueve sectores topográficos listados alfabéticamente (Fig. 31: A - J). Los transeptos correspondientes a las letras de la A a la H se establecieron en el área más occidental de la barrera y se dispusieron de forma continua y separando las áreas de especial

concentración de materiales. Los transeptos I y J se ubicaron en el área más al sur de La Cascajera, en un segundo gancho arenoso ya que se encontraron otras estructuras de especial interés superficial. En este sentido, desde el punto de vista arqueológico, el reconocimiento previo de la zona y la información geológica mostraron que se trataba de un espacio potencialmente interesante (Bermejo et al., 2019).

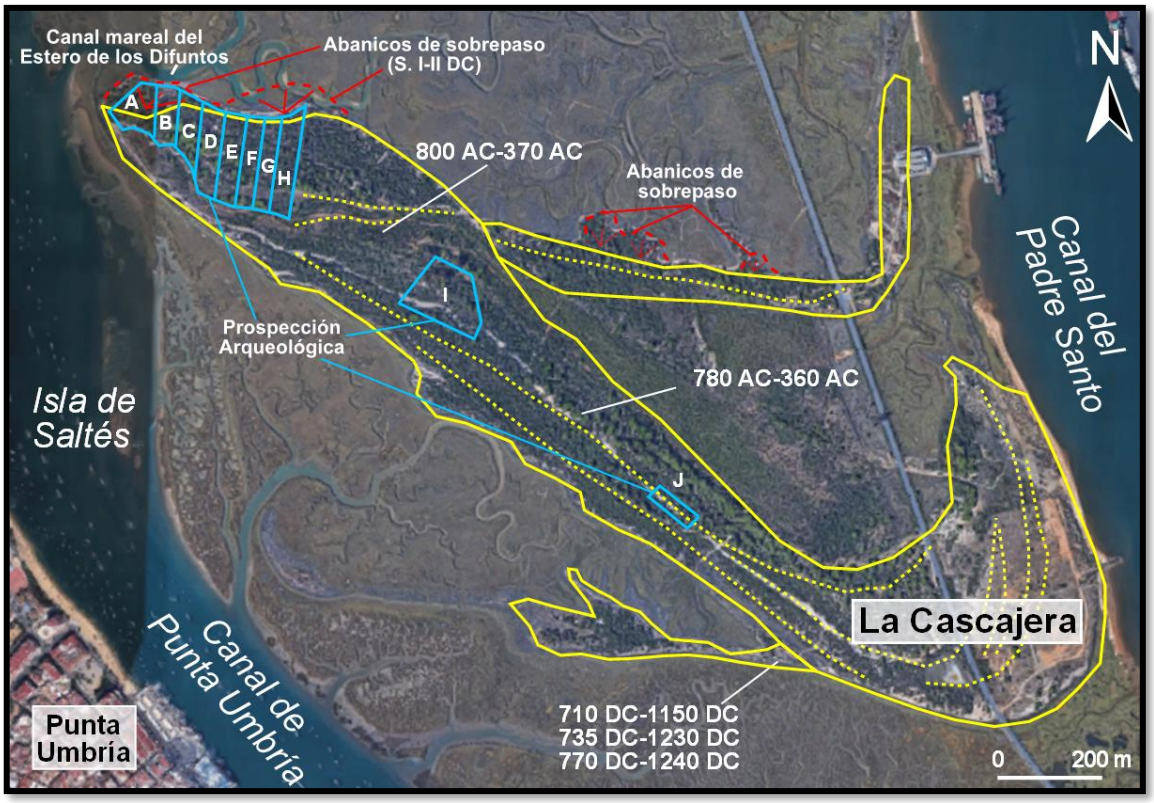



***Figura 31:*** *Principales características de la cresta de La Cascajera (trazos amarillos); trazos azules: yacimientos arqueológicos (Tomado de Bermejo et al., 2019).*

Se realizó la identificación tipológica y cronológica de los abundantes materiales cerámicos encontrados en la superficie del suelo y más profundos a lo largo de los afloramientos. Todo el material fue recolectado, limpiado y clasificado sistemáticamente, lo que permitió realizar un análisis arqueológico inicial del yacimiento (Cáceres et al., 2018).

Las actividades de prospección en la barrera arenosa de La Cascajera revelan que la ocupación romana tiene una extensión de 6 hectáreas, según la distribución de los restos encontrados. Los porcentajes más altos de estos materiales se concentran en los sectores A y B (Fig. 31), con una disminución progresiva del volumen de material de superficie hacia el este en un frente aproximado de unos 500 metros. El registro arqueológico está representado por

ánforas romanas tardías (Keay XXXV A y B, XXXVI B, XIX, LR1A) (Fig. 32), cerámica de cocina (aulae, caccabus), almacenamiento (dolia) (Fig. 33, A-B), así como individuos de ARSW D (Hayes 67, 71, 87a, 91) (Fig. 34). Además, se han encontrado algunos pilares y otros elementos constructivos en estos sectores. Este material define una cronología para el yacimiento desde fines del siglo IV d.C. hasta el siglo V d.C. (Keay, 1984; Hayes, 1976; Bonifay, 1987; 2004; 2005). De acuerdo con este registro arqueológico y las diferentes dataciones, este emplazamiento fue ocupado aproximadamente 1200 años después de la emersión de la barrera de La Cascajera y entre 200-300 años después del depósito de los abanicos de sobrepaso (Bermejo et al., 2019).

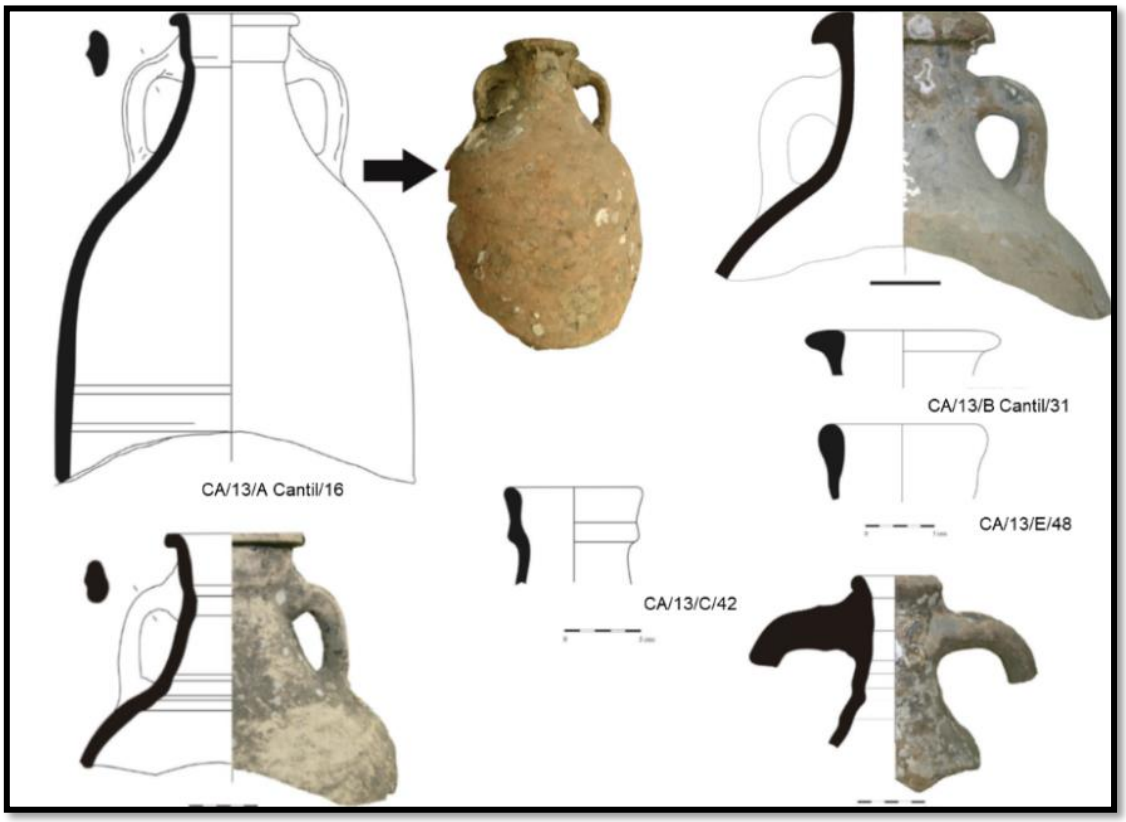



***Figura 32:*** *La Cascajera. Ánforas romanas tardías (Bermejo et al., 2019).*

En estos sectores, el acantilado del Estero de los Difuntos (Fig. 32, A) también presentó importantes niveles concheros como producto de la actividad industrial, con altos porcentajes de bivalvos (principalmente *Glycymeris*) y, en menor medida, de Gasterópodos (*Bolinus brandaris*). Hacia el este, tanto el volumen como la variedad del material arqueológico disminuyen, excepto en los transeptos centrales, donde se concentra un porcentaje importante de material anfórico muy fragmentado (sectores C, D y E). Este material podría ser indicativo

de la existencia de áreas de almacenamiento (horrea), un aspecto que debe contrastarse con futuros trabajos de campo (Bermejo et al., 2019).

Todos estos materiales indicarían que la parte norte de la barrera de La Cascajera era un taller de salazón dedicado al pescado y el procesamiento de productos derivados de los mismos, y se centró especialmente en el uso de carne bivalva (por ejemplo, *Glycymeris*). El sitio representa un nuevo punto en un hinterland conformado por un rico *pagus maritimus* en el estuario de Tinto-Odiel, en el cual se han localizado numerosos yacimientos arqueológicos romanos dedicados a esta actividad (*cetariae*) y al suministro de contenedores cerámicos para el transporte (*figlinae*). En esta línea se encuentran las factorías de la C/ Palos, la Orden (Huelva), Las Cojillas (Aljaraque), Saltés, La Peguera y El Eucaliptal (Punta Umbría). (ver Figs. 28 y 29; *Onoba*, La Orden, Las Cojillas, El Almendral, La Peguera, El Eucaliptal).

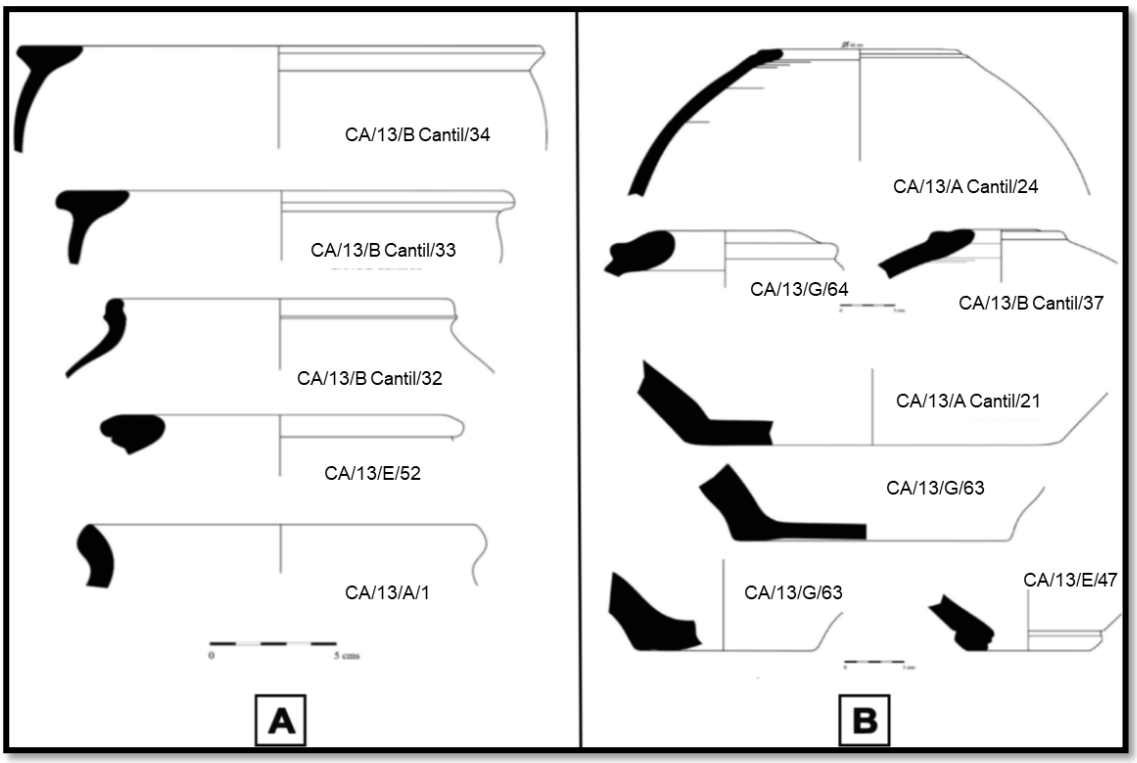



***Fig. 33:*** *La Cascajera. A: Cerámica romana común (aullae); B: Almacenamiento de cerámica (dolia) (Bermejo et al., 2019).*

La proximidad de Cascajera con La Peguera y El Eucaliptal es muy significativa, ya que están en el otro lado del canal de Punta Umbría y coexistieron durante un tiempo durante la Antigüedad tardía, lo que podría llevarnos a pensar en la misma unidad de explotación que presentó una diversificación de la producción

en zonas cercanas y separadas. En este sentido, el gran volumen del depósito de concha documentado indicaría la actividad principal de la fábrica de La Cascajera, dedicada principalmente al uso de carne de moluscos para la producción de salsas de pescado, en oposición a El Eucaliptal, donde una importante actividad de procesamiento de pesca se desarrollaría desde el siglo I a.C. hasta el siglo II a.C. (O'Kelly, 2017).

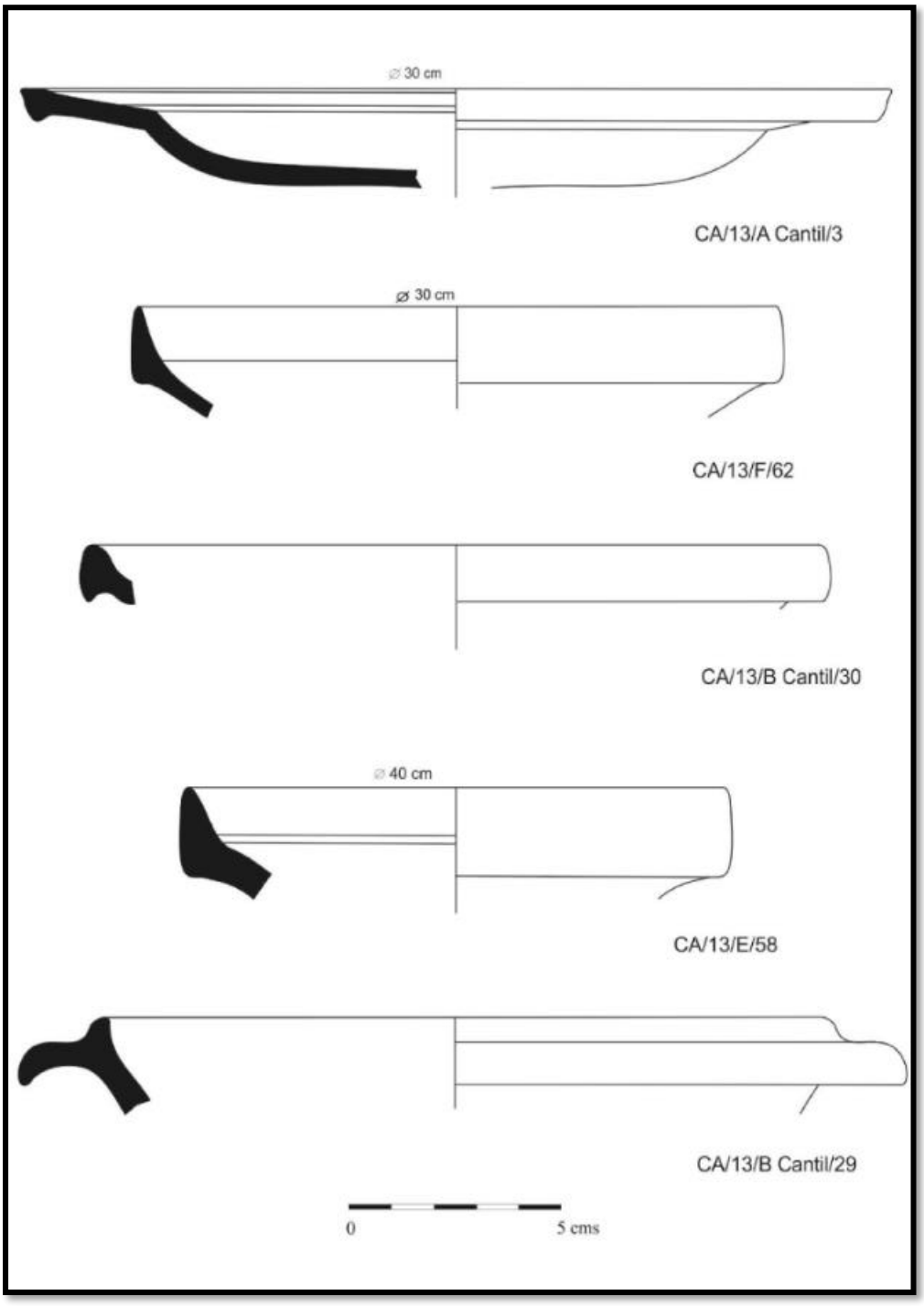



***Figura 34:*** *La Cascajera. ARSW D (Bermejo et al., 2019).*

En la actualidad, existe un interesante debate sobre las razones que causaron el cese de estas fábricas de salazón en esta área y en otras costas atlánticas adyacentes alrededor del siglo VI d.C. En el estuario de Tinto-Odiel, las últimas investigaciones de diferentes yacimientos arqueológicos (Fig. 29; p. e. El Eucaliptal y La Orden) han revelado que la producción de estos centros no supera el siglo VI d.C. (O'Kelly, 2017). En este sentido, La Cascajera es un ejemplo dado que el registro del material no excede el siglo V d.C. La investigación más reciente revela que la actividad pesquera destinada al comercio de larga distancia del Mediterráneo en la dirección Oeste-Este terminó en este periodo. Este es el caso de centros como Picola, Barcino, Mazarrón, Malaca u Olissipo cuya producción no supera la segunda mitad del siglo V, o en la primera mitad del siglo VI d.C. en Rosas, Malaca - calle afligidos - Lagos y Septem (Lagóstena, 2001; Bernal, 2008). La razón para el final de esta producción parece estar relacionada con la presencia bizantina en las costas hispanas que produjo un cambio en las estructuras de producción como resultado del control del fretum gaditanum por los bizantinos (Bernal, 2008). Sin embargo, en el caso del área de estudio, la costa de Huelva, la disminución y el abandono de la producción se relacionarían más con los cambios producidos después de la presencia cada vez más efectiva del poder visigodo en las antiguas ciudades hispano-romanas desde mediados del siglo V d.C. (Vizcaíno, 2009; Bermejo et al., 2019).

# CAPÍTULO 4:

## ONOBA AESTUARIA Y SU ENTRAMADO INDUSTRIAL PORTUARIO

## 4.1. El registro arqueológico de la Huelva prerromana.

Las interacciones entre el hombre y el medio están basadas en que el entorno físico debe proporcionar los recursos necesarios para ser explotados por el hombre, no solo atendiendo a los de origen pesquero, faunístico o forestal, sino teniendo en cuenta también la localización del espacio en el que se encuentran dichos recursos. Dadas sus características, Huelva constituye una de las ciudades que ha sido objeto de numerosas intervenciones arqueológicas de diferente índole (prospección, dragados, excavación, análisis de materiales, etc.) A nivel peninsular, la capital onubense es considerada como uno de los yacimientos arqueológicos más valorados; encontrando en su registro una secuencia de ocupación continua desde la prehistoria hasta el presente. Aunque hay que señalar que no todos los periodos están igual de bien representados (Campos, 2011) destacando los numerosos registros de los periodos protohistórico-tartésicos y el colonial fenicio.

La importancia arqueológica de la ciudad surge a partir de 1923 cuando unos dragados realizados en la ría de Huelva sacaron a la luz un lote de bronces (Almagro Basch, 1940; 1957). Se recuperaron 300 piezas completas y más de un centenar de fragmentos a unos 23 m del muelle de Tharsis que datan de entre 997-925 a.C. (Mederos, 2006).

Respecto a la explicación de la localización de este depósito (Toscano, 2016), encontramos dos teorías, de un lado se cree que se trata de un barco naufragado que transportaba material para su refundición (Díaz, 1923; Almagro Basch, 1940; Ruiz Mata, 1991; Mederos, 2006); por otra parte, se indica que estaríamos ante un depósito progresivo de pequeños dones votivos (Ruiz Gálvez 1995; Delibes y Fernández 2007).

En 1930, durante otro dragado al sur de donde se encontraron los bronces de la ría en el actual fondeadero del puerto, apareció un casco de rodio (Albelda y Obermaier, 1931) El casco es de tipo corintio y data de la segunda mitad del siglo VI a.C. Según Schulten (1931) procede del comercio griego.

Algunos años más tarde, en 1945 se comienza a estudiar parte del ajuar de una tumba que pertenece a una necrópolis orientalizante localizada en el Cabezo de la Joya (Orta y Garrido, 1963) que por primera vez relacionaba a Huelva con Tartessos.

A este punto, historiadores y arqueólogos del mundo iniciaban sus investigaciones sobre la ocupación en época protohistórica de Huelva. Estos primeros hitos marcaron un punto de inicio para las sucesivas intervenciones arqueológicas que tuvieron lugar en la ciudad, de forma que están sesgadas por los distintos intereses de los investigadores en cada periodo histórico. Desde aquel momento hasta hoy, se han realizado más de 300 intervenciones (Fig. 35) que establece a Huelva como el área más estudiada de la provincia y pueden agruparse en 5 etapas (Campos. 2011; 2019 a; Delgado, 2016).

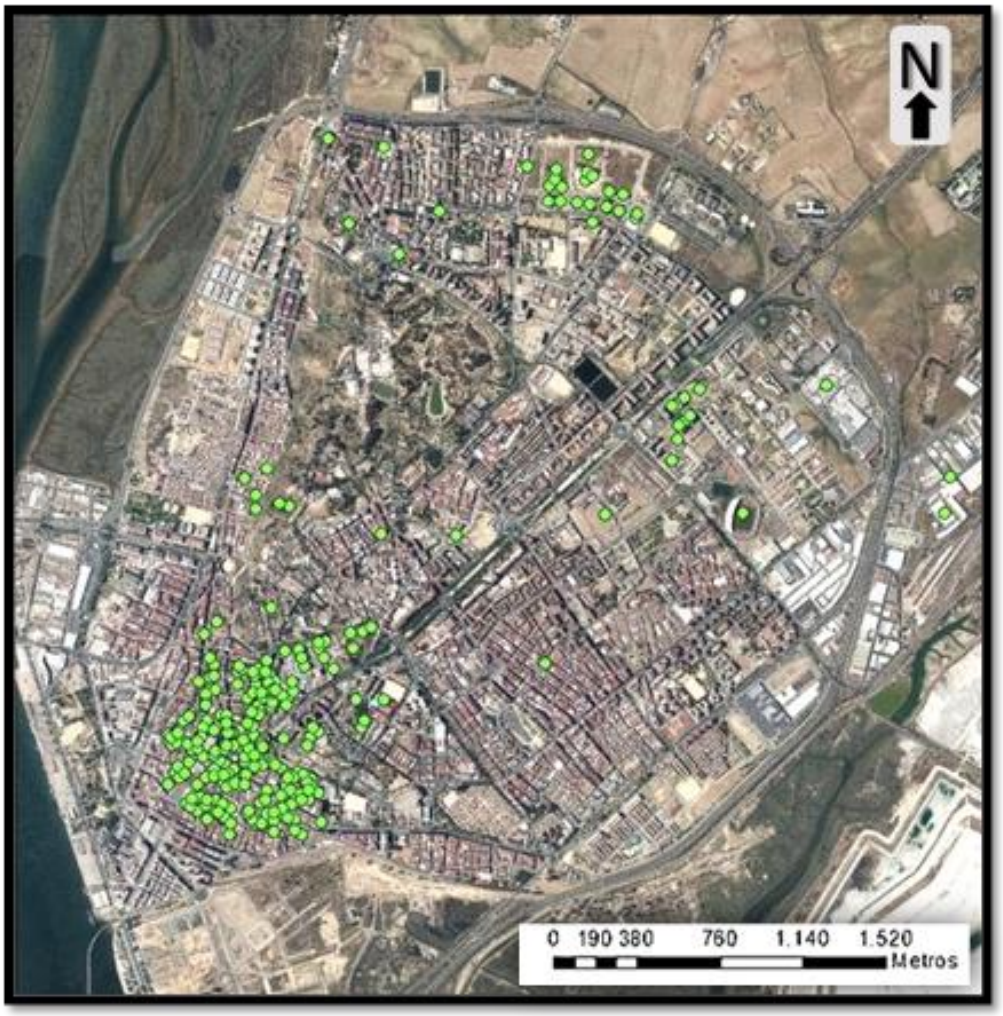



***Figura. 35:*** *Mapa con las intervenciones arqueológicas en la ciudad de Huelva. Fuente: grupo de investigación Vrbanitas. Arqueología y Patrimonio.*

La primera etapa corresponde al periodo entre 1966 y 1971, en la que impera la búsqueda de Tartessos como principal objetivo de las intervenciones. Schulten tras realizar distintas intervenciones a lo largo del suroeste peninsular, relacionó la cerámica de retícula bruñida como el tipo de cerámica característica del periodo tartésico (Mederos, 2008). Desde la publicación en 1963 del estudio de la tumba orientalizante de la Joya (Orta y Garrido, 1963) se desarrolló un movimiento para la búsqueda de más enterramientos pertenecientes a esa misma y otras necrópolis en la ciudad. A partir de 1969 tiene lugar 3 campañas de excavación mediante las que se amplió el estudio a 19 tumbas, que acabaron destruidas debido a la construcción de edificios en la zona (Garrido y Orta, 1978). La cronología del conjunto se sitúa entre final del siglo VII a.C. y la primera mitad del siglo VI a.C. Investigaciones posteriores han concluido que no todos los enterramientos pertenecen a individuos tartésicos, sino que debido a la heterogeneidad de los ajuares y los diferentes estatus sociales encontrados; el origen de estos enterramientos es variado (Garrido Roiz, 1970; Garrido y Orta, 1978; Ferrer Albelda, 2004; 2010; Toscano, 2016).

La riqueza de los ajuares indicaba que debía existir un hábitat más o menos cercano y que éste sería próspero. Por ello, los trabajos se extendieron hacia las cimas de los cabezos de San Pedro y La Esperanza (Rufete, 2002).

Tras el desprendimiento de parte del cabezo de San Pedro en 1956 en el que murieron 13 personas, en 1968-1969 se llevaron a cabo trabajos de estabilización de la ladera occidental mediante la construcción de terrazas escalonadas (Blázquez et al., 1970). Durante este proceso se recolectaron restos cerámicos prerromanos que, aunque estaban descontextualizados, sirvieron para afianzar las bases del hábitat protohistórico onubense. No fue hasta 1971 que tuvo lugar la primera intervención arqueológica, mediante la que se definió la cronología del yacimiento que corresponde al Hierro II.

El estudio que se realiza en el Cabezo de La Esperanza comienza en 1964, cuando se construye la avenida Paisajista y se encuentra una urna de incineración (Garrido y Orta, 1966). Dos años más tarde, ya en 1966, se desarrolla una intervención de urgencia en la que se hallan niveles de arrastre pertenecientes al periodo comprendido entre los siglos IX a.C. y II a.C. y un hiato entre los siglos VI y IV a.C. (Garrido Roiz, 1968; Schubart y Garrido, 1967). A

partir de 1967 la investigación se traslada al cabezo de la Horca, que presentaba material cerámico fabricado tanto a mano como a torno y se relaciona con un hábitat del comienzo del periodo orientalizante (Belén, et al., 1978).

Por otro lado, a principios de los años setenta en el canal del Padre Santo, unos pescadores rescatan en sus redes 2 estatuillas de bronce que representan al dios fenicio Melqart y datan de entre el siglo VIII y VII a.C. (Bedia et al., 2004).

La segunda etapa, entre 1972 y 1976 el recién concebido museo provincial expone a la luz los primeros restos romanos de *Onoba*. Excava una necrópolis en la calle Placido Bañuelos en la que destacan algunas fases del hábitat romano de los siglos III-IV d.C. que evidenciaban la interacción entre la cultura romana y la turdetana. (Del Amo, 1976**;** Del Amo y Belén, 1981; Campos, 2011; 2019 a; Delgado, 2016). Además, se estudia una factoría de salazón en la calle Palos, solares 21-23, fundada durante el reinado de Tiberio y desaparece a mediados del siglo II d.C., mientras que en la antigua calle Millán Astray (actual calle Tres de Agosto) solares 4-8; bajo las piletas de salazones romanas abandonadas a mediados del siglo V d.C. (Vidal, 2001; Delgado, 2016) apareció material cerámico griego y fenicio asociado a las importaciones fenicias que pertenecen al primer tercio del siglo VII a.C. (Del Amo, 1976).

Por otro lado, en el entorno de La Orden aparecieron restos de un poblado romano con estructuras y pavimentos de mosaicos, cuatro hornos cerámicos y un espacio dedicado al enterramiento de los muertos que habitaron el área, fechado en torno al siglo IV d.C. (Del Amo, 1976).

Entre 1977 y 1981 cambia la tendencia y se vuelve a la búsqueda de Tartessos en el cabezo de San Pedro y la calle Puerto. En 1980 tiene lugar varias intervenciones arqueológicas y prospecciones geofísicas en el parque Moret, donde localizaron 5 túmulos y un pozo de mediados del siglo VII a.C. (Garrido y Orta, 1989, Vidal et al., 2013) y se confirmó que el área fue ocupada ininterrumpidamente desde el Hierro I hasta la actualidad (Vidal et al., 2006).

La primera intervención arqueológica de la década de 1980 (Delgado, 2016) se realizó en la calle Puerto, solares 8-10, cuyos niveles protohistóricos y prerromanos fueron ampliamente definidos, estableciéndose una cronología desde los siglos IX-VIII a.C. hasta momentos prerromanos (Garrido y Orta,

1994), y donde destacan sobre los materiales de origen griego (Olmos y Cabrera, 1980; Garrido y Orta, 1982; Olmos, 1982; Olmos y Garrido, 1982; Cabrera Bonet, 1986; 1987).

La cuarta etapa tuvo lugar entre las décadas de los 80 y 90. A partir de la creación del servicio de Arqueología de la Diputación Provincial, este organismo asume casi la totalidad de intervenciones en la ciudad. Se continúa dando preferencia al periodo tartésico y disminuyendo el interés en el mundo romano, medieval y moderno. Sus estudios se concentran en las áreas más bajas de la ciudad, donde aparece un importante poblamiento de época protohistórica que deja al descubierto el hecho de que, en años anteriores, la búsqueda de Tartessos se había realizado en lugares inadecuados (Rufete, 2002; Fernández et al., 1997). Respecto a las evidencias romanas (Delgado, 2016), se documentaron principalmente en zonas elevadas de la ciudad, en las laderas del cabezo de Molino de Viento, concretamente en la calle La Fuente 3 (Fernández y García, 1990), 13-15 (Fernández, 1987 a) o 19 (García et al., 2001) y en la calle Puerto 12-14 (Fernández et al., 1991 c). También fueron frecuentes los hallazgos romanos en el espacio céntrico en el entorno de la Plaza Quintero Báez (Fernández, 1987 b) y sus inmediaciones en las calles Pablo Rada 2 (Rufete et al., 2001) y 4 (Rufete y García, 1997) o Palos 1 (Rufete y García, 1997), 1-3 (Fernández y García, 1990) y 4 (Rufete, 2001); así como en la zona baja como los restos de las calles Tres de Agosto 3 (García et al., 2001) y 9-11 (Fernández, et al., 1991 b), Palos 12 (Fernández et al., 1993; 1995) y 21 (Fernández et al., 1993), Fernando el Católico 9 (Fernández et al., 1993) y 10 (Fernández et al., 1991 a), sin olvidarnos de los restos material recuperados en el Cabezo de San Sebastián (García y Rufete, 1999).

Por último, la etapa actual que comienza en 1999 y está marcada por varios hechos. La creación del expediente de Declaración de la Zona Arqueológica de Huelva, impulso una nueva política patrimonial para las excavaciones arqueológicas y provoco el cese del Servicio de Arqueología de la Diputación de Provincial. Consecuencia de ello, se aumenta el número de intervenciones en la ciudad. También se mejora el trato hacia todos los periodos históricos por parte de las nuevas incorporaciones a las intervenciones como fueron los profesionales libres, el Museo Provincial y la Universidad de Huelva.

Durante esta etapa, se produce una renovación en la transcendencia de la *Onoba* romana centrándose especialmente en el estudio de la zona portuaria. Las investigaciones realizadas a finales de los noventa sobre unas piletas de salazones y tumbas aparecidas en los solares de la ciudad situaban a la *Onoba* romana como un pequeño asentamiento agrícola o pesquero de escasa entidad (Luzón, 1975; Del Amo, 1976; Fernández et al., 1992). Por el contrario, las intervenciones arqueológicas recientes ponen de manifiesto que, en un tercio de ellas se encuentran niveles de ocupación romanos. Corrigiendo la percepción anterior y reafirmando que la ciudad de *Onoba* fue una ciudad comercial de gran importancia en el contexto de la Bética (Campos, 2001-2002; 2010; 2011; Vidal y Campos, 2006; Campos y Bermejo, 2017; Delgado, 2016; Bermejo et al., 2017a).

Las intervenciones arqueológicas que tuvieron lugar en esta etapa dejan a la luz nuevos espacios del territorio romano. Encontrando los restos de un fragmento de la muralla en San Pedro, 4-5 (Campos, 2011), nuevos restos de la factoría de salazones en calle Cardenal Cisneros, 11 (Lozano y González, 2004), edificios domésticos e industriales en calle Arquitecto Pérez Carasa (Guerrero et al., 2004), Plaza de la Soledad 1 (García y Guerrero, 2009), Plaza de las Monjas 2 (Rastrojo et al., 2004) y 4 (López y Haro, 2010) , en cuyo interior se encontraron restos de un gran edificio público (Limón, 2007), una necrópolis en calle Vázquez López 25-27 (Castilla et al., 2004) y nuevos sectores de la necrópolis septentrional (Gómez-Toscano et al., 2003; Haro et al., 2006; González et al., 2006), además de restos relacionados con actividades portuarias (Haro et al., 2005).

Cabe destacar que a partir de 2005 se realizan una decena de intervenciones en el área de yacimiento de La Orden-Seminario que desvelaron un sistema agrícola protohistórico (Echevarría, 2009). En este asentamiento encontramos una serie de estructuras excavadas en el sustrato de la *Formación arenas de Huelva* (Plioceno inferior-medio) (Baceta y Pendón, 1999; Mayoral y Abad, 2008) cuya localización estratégica, le otorga un dominio visual de su entorno inmediato, tanto terrestre como fluvial (González et al., 2008; Bermejo et al., 2016). La secuencia cronológica de este yacimiento comprende desde el IV milenio a.C. hasta la actualidad, cuyas estructuras abarcan distintas fases de

ocupación (Linares-Catela, 2020) que representan el final de la prehistoria reciente. Se pasa de un poblado y necrópolis del IV-III milenio a.C., a una necrópolis de la Edad de Bronce, posteriormente hacia el bronce final una aldea con fondos de cabaña localizadas en una campiña fértil dedicada a la explotación agropecuaria del territorio, que a partir del paso del II al I Milenio a.C. se transforman en cultivos arborícolas especializados. Esta serie de cambios se relacionan con los inicios de la edad de Hierro y el periodo Orientalizante que muestran la complejidad de la sociedad occidental de estos momentos (Gómez-Toscano et al., 2014, González et al., 2008, Vera et al., 2010).

Desde 2016 se ha llevado a cabo la creación de un Plan General de Investigación de la zona arqueológica de Huelva, cuyo objetivo es el de integrar toda la investigación que se ha generado durante las intervenciones arqueológicas en la ciudad.

**Síntesis Histórica**

El interior del estuario de los ríos Tinto y Odiel presencia en el tránsito al Calcolítico, el proceso de sedentarización de una sociedad, en la que su economía pasa de estar basada en la caza, recolección y el marisqueo, a tomar importancia la ganadería y la agricultura y acaba con el dominio agrícola (Toscano, 2016).

Las principales evidencias de ocupación Calcolítica y Neolítica, las encontramos en el yacimiento de La Orden -Seminario a las afueras del núcleo urbano (Fig. 36). Respecto al interior urbano de Huelva, los materiales más antiguos que conocemos son restos del siglo IX a.C. procedentes de las intervenciones realizadas en el cabezo del San Pedro y la calle Méndez Núñez 7-13 (Toscano, 2016).

Esta diversidad económica fomentó que el sur de la península ibérica se constituyera como una zona estratégica para el comercio exterior durante el Bronce final. Las actividades económicas estaban repartidas entre tres importantes núcleos, Aznalcollar, dedicado a la minería y la metalurgia, Niebla, dedicada al aprovechamiento de recursos agrícolas y al control de las vías de

comunicación y por último Huelva, que actuaba como puerto comercial. El aumento de la circulación de metales con las líneas marítimas comerciales atlánticas y mediterráneas desde la mitad del siglo XIII a.C. convirtió el puerto en un núcleo de comunicaciones que actuaba como productor y redistribuidor de recursos propios e importados. Estos centros hegemónicos estarán rodeados de otros poblados menores dedicados a la agricultura, ganadería, extracción de cobre o pesca, en función de su ubicación respecto a la costa. (Gómez-Toscano, 1997; Bermejo et al., 2016; Gómez-Toscano y Campos 2008; Campos y Gómez-Toscano 1995; Toscano, 2016). Esta sectorización proporciona un contexto lógico para el hallazgo de los depósitos de bronce descubiertos durante los dragados de la ría (Almagro Basch, 1940; Ruiz-Gálvez, 1995; Ferrer et al., 1997; Fernández, 2014; Blázquez et al., 1971).

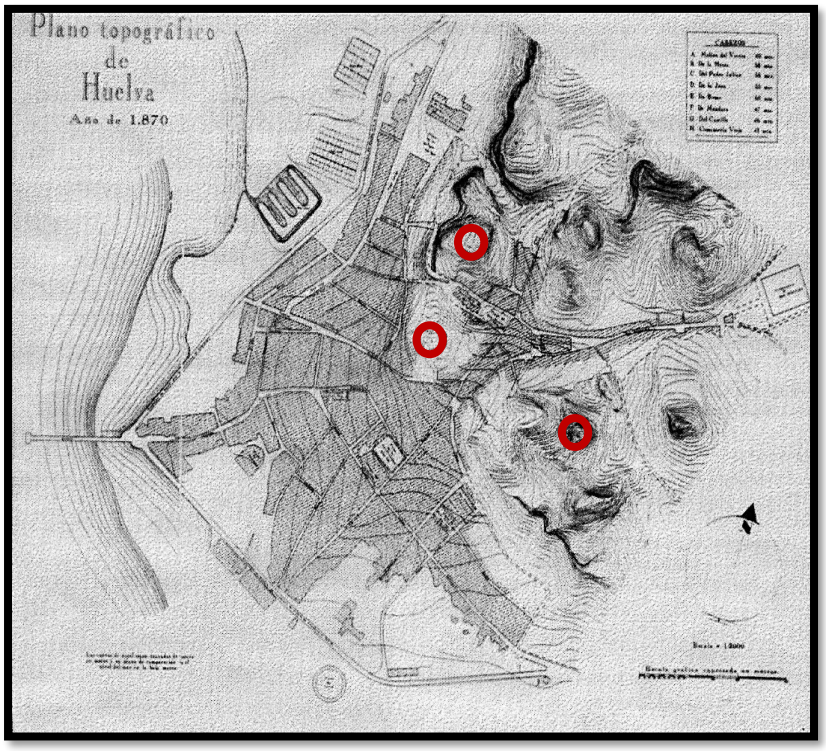



***Figura. 36:*** *Hallazgos in situ de la prehistoria reciente en el casco urbano de Huelva (Gómez-Toscano y Campos, 2000).*

El periodo del Bronce Final se encuentra presente en niveles de varios de los cabezos de la ciudad; basados en la existencia de cerámicas bruñidas en los Cabezos de San Pedro, La Esperanza y la Horca, (Gómez-Toscano, 1997; Bedia, 1989) aunque no se descarta que el hábitat también pudiera extenderse por los desaparecidos Cementerio Viejo y Molino de Viento (Ruiz Mata 1991; Fernández et al., 1997; Gómez-Toscano y Campos 2001). La disposición de

estos yacimientos implica que la ocupación se encontraba repartida entre las zonas altas y las zonas llanas próximas al puerto (Blázquez et al., 1979; Gómez-Toscano y Campos, 2001). La ordenación de estos hábitat desde el Bronce final atlántico propició el crecimiento del área portuaria en la parte baja de la ciudad y el desarrollo de una estructura urbana solida previa a la presencia fenicia (Gómez-Toscano y Campos, 2000).

La incorporación de los fenicios a la sociedad tartésica en la costa Atlántica da lugar al comienzo del periodo Orientalizante. Esta época destaca por la prosperidad del entramado comercial, económico y social durante el periodo comprendido entre los siglos VIII-VII hasta el III a.C. (Campos y Gómez-Toscano, 2001; Bermejo et al., 2016). Además, hay que tener en cuenta la influencia en el comercio de la presencia de mercantes griegos entre finales del siglo VII a.C. y durante el siglo VI a.C. Este crecimiento, también se ve reflejado en la extensión ocupada del territorio (Fig. 37), que algunos autores cifran entre 15 ha y unas 2.000-3.000 personas (Ruiz Mata 1991), y otros de hasta 35 ha (Gómez-Toscano y Campos, 2001).

A partir de este periodo orientalizante, cambia la configuración de los hábitat. Se realizan planificaciones urbanísticas separadas por espacios; las zonas de hábitat, espacios destinados al uso funerario y defensivo se concentran en las cimas de los cabezos, mientras que en las zonas bajas de la ciudad se desarrolla la actividad industrial y portuaria, además de pequeñas zonas domésticas. Estas estructuras pasan de ser construidas con materiales perecederos, a utilizarse elementos pétreos y de adobe (Toscano, 2016).

*Onoba*, se establece como una de las áreas más dominantes sobre el resto de las tierras onubenses, ofreciendo a los fenicios una producción local de plata, cobre, purpura y salazones de pescado. Es considerada un punto intermedio de contacto entre las rutas comerciales del Mediterráneo y otras procedentes del Atlántico que importaban estaño, oro y ámbar del Norte y marfil, huevos de avestruz, purpura y rocas volcánicas del Sur (Mederos, 2006). Aunque tanto Huelva como Sevilla se encuentran prácticamente a la misma distancia de las minas de Riotinto, su situación estratégica, unida a la navegabilidad del Río Tinto desde Niebla, hacía que fuera la opción más eficiente respecto a la ruta sevillana (Luzón, 1962, Mederos, 2006).

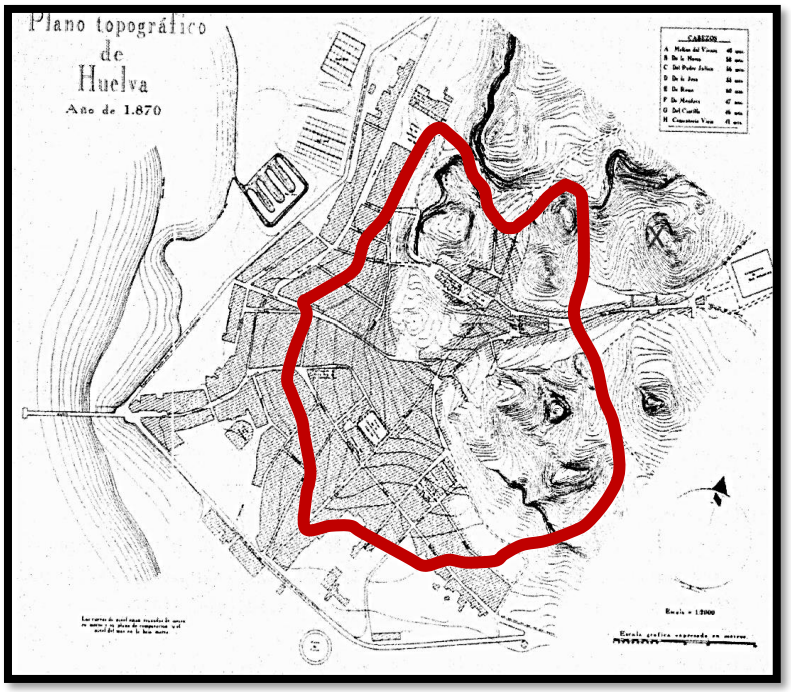



***Figura 37:*** *Delimitación de la ciudad Protohistórica en el estuario de Huelva (Gómez-Toscano y Campos, 2000).*

A finales del siglo VI a.C. tuvo lugar la crisis de Tartessos y el comienzo del periodo Turdetano. Para estos momentos, el mediterráneo se encontraba inmerso en una sucesión de conflictos bélicos (Las guerras púnicas), pero estos no son la principal causa de la crisis tartésica. El tránsito de Tartessos a la época turdetana se concibe como un proceso lento de regresión económica. Se pasa de una economía sustentada en la producción industrial de plata a un modelo económico basado en la comercialización de productos agropecuarios y pesqueros. Este retroceso se ve reflejado en la reactivación económica por parte de la bahía gaditana, que aprovecha la expansión del comercio púnico por el mediterráneo occidental. Huelva continúa formando parte del circuito comercial mediterráneo, aunque no con la misma relevancia que en periodos anteriores, como demuestra la presencia de cerámicas de importación griegas provenientes de Marsella y el incremento de la actividad constructiva (Rufete, 2002).

Una evidencia de este proceso regresivo es el abandono durante los siglos V y IV a.C. de las zonas de hábitat de la parte baja de los cabezos de La Esperanza (C/ Palos y C/ Fernando el Católico) y San Pedro (C/ Placido Bañuelos), que no serán ocupadas hasta la época romana imperial. Por ello, la ocupación de Huelva

se reduce al área del centro urbano, evidente en C/ Puerto, 12, C/ Tres de Agosto, C/ Botica, C/ La Fuente y C/ Méndez Núñez (Rufete, 2002).

A partir del siglo IV a.C. la ciudad de *Onoba* estaba formada por espacios rituales en la cima del cabezo de San Pedro y las superficies de hábitat se emplazan en su mayoría en las zonas bajas de la ciudad (C/ Méndez Núñez 5; C/ Méndez Núñez 4-6; C/ Cardenal Cisneros 11; C/ Fernando el Católico 28, C/ La Fuente 13-15; Pz. San Pedro/ Jesús de la Pasión), al igual que las pocas áreas de dedicadas a la industria (C/ Palos 12; C/ Puerto 22) y las que comparten industria y zona domestica (C/ Tres de Agosto 9-11; C/ Puerto 12; C/ La Fuente 19-21) (Toscano, 2016).

Respecto a los asentamientos costeros, la bonanza en el puerto gaditano hace que áreas cercanas a *Onoba* se dediquen a la explotación de salazones y productos derivados del pescado. Un ejemplo de ello es el asentamiento de Aljaraque, que se ve forzado a modificar su dedicación económica, centrándose en la producción de salazones y Saltes que cesa su actividad y se abandona el asentamiento a partir del siglo V a.C.

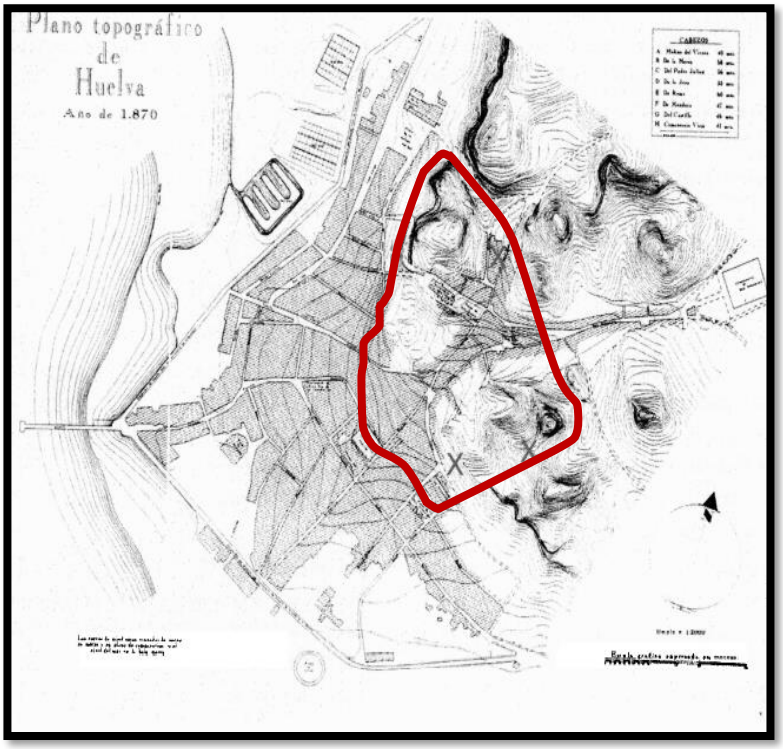



***Figura 38:*** *Delimitación de hallazgos de la Onuba romana (Gómez-Toscano y Campos, 2000).*

Durante el siglo IV a.C. Cartago se posiciona como potencia económica y Cádiz se mantiene como el centro económico, dominando el Estrecho y

desempeñando el rol que anteriormente tuvo Tartessos ((Rufete Tomico, 2002). La nueva política cartaginesa, con la intención de ejercer presión a su enemiga mediterránea, llevo a la crisis a todo el territorio del suroeste peninsular. En Huelva, los restos del siglo III a.C. son escasos, limitándose a la construcción de una muralla defensiva (San Pedro 4-5) que sitúa a *Onoba* en el conflicto bélico relacionado con la II Guerra Púnica y a la escasez de importaciones de cerámicas griegas, que son reemplazadas por imitaciones realizadas en talleres púnicos gaditanos (Rufete, 2002; Toscano, 2016). La influencia Barcida en la península se puede observar no solo en elementos arquitectónicos, también impulsó la estructura urbana basada en un modelo helenístico (Bendala, 1989, Delgado, 2016) que culmina con la instauración del Imperio romano (Fig. 38) (Campos, 2002; Campos y Vidal, 2003).

Respecto a la continuidad en la ocupación de la ciudad, en el registro arqueológico, se observa que tuvo lugar de manera pacífica. Al evitar la confrontación con la potencia dominante, desde el triunfo en la II Guerra Púnica, la ciudad mantiene su estatus comercial privilegiado.

De este modo, es evidente la condición cosmopolita de la ciudad de *Onoba*, un enclave portuario que había ejercido su hegemonía y control en el territorio, así como su participación en las estructuras comerciales desde tiempos pretéritos, participando en las rutas atlánticas y mediterráneas, y estableciendo estrechos lazos con todas aquellas culturas o pueblos que arribaron a su costa (Delgado, 2016).

## 4.2. Geomorfología y paisaje de la *Onoba* romana.

Un asentamiento humano está condicionado por la acción antrópica y por las características geológicas y geomorfológicas que determinan la propia formación del medio en el que tiene lugar el yacimiento. Por ello, el estudio geológico de periodos temporales recientes nos facilita la comprensión de los cambios dinámicos del paisaje en el pasado y su evolución hasta el resultado actual (Gómez-Toscano et al., 2007; Bermejo et al., 2017b; Rodríguez-Vidal y Vera, 2016).

Desde un punto de vista geológico, la provincia de Huelva se encuentra en el extremo occidental del margen pasivo de la cuenca terciaria del Guadalquivir. Los sedimentos autóctonos que forman la provincia de Huelva se han agrupado en cuatro unidades litoestratigráficas que pueden superar los 400 m de potencia (Fig. 39, Mayoral y Abad, 2008); de muro a techo son:

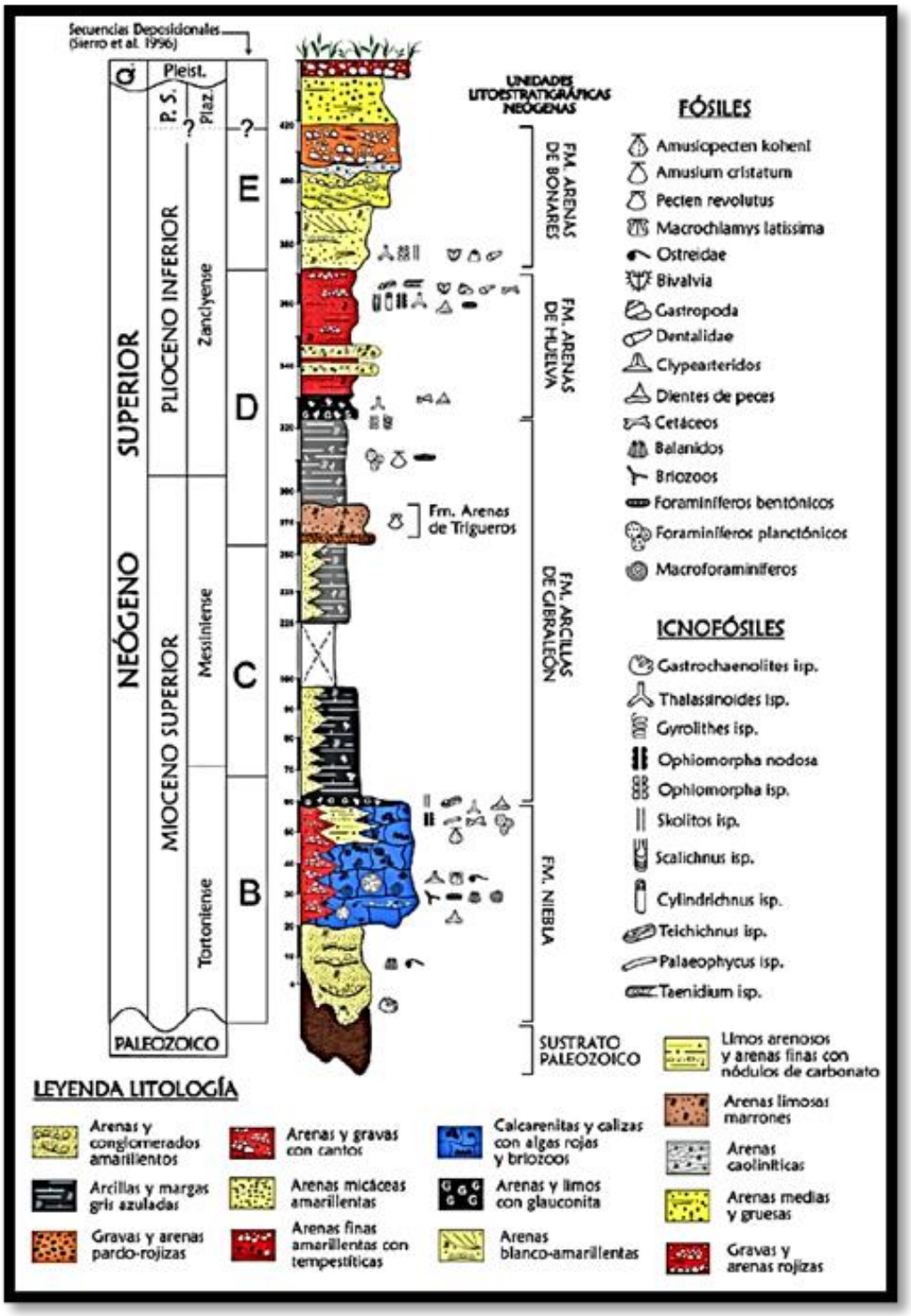



***Figura. 39:*** *Columna estratigráfica sintética del entorno de Huelva (Mayoral y Abad, 2008).*

*Formación Calcarenita de Niebla (Tortoniense),* (Civis et al., 1987). También es conocida como la Formación Niebla (Baceta y Pendón, 1999) y como el Complejo Basal Transgresivo (Pendón et al., 2001, 2004; Abad, 2002, 2007). Hacia la base presenta un tramo conglomerático sobre el cual se disponen calcarenitas y calizas bioclásticas con un amplio registro fosilífero formado por: algas, briozoos, moluscos, foraminíferos y equinodermos. Esta unidad se deposita sobre el sustrato paleozoico y puntualmente sobre materiales mesozoicos. Los materiales se interpretan como depósitos marinos deltaicos y de plataforma marina poco profunda.

*Formación Arcillas de Gibraleón, (Messiniense),* (Civis et al., 1987). Compuesta por arcillas, limos y margas de tono gris-azulado, ricas en microfauna plantónica y bentónica e interpretadas como depósitos de plataforma marina abierta y talud. Esta formación se localiza en la base de los cabezos de Huelva (Fig. 40), presentan una gran potencia, que se incrementa hacia el centro de la cuenca (S-SE). La transición a la unidad suprayacente se hace por medio de un nivel condensado de arenas glauconíticas, que sirven para fechar la base de la *Fm. Arenas de Huelva* (Rodríguez-Vidal y Vera, 2016).

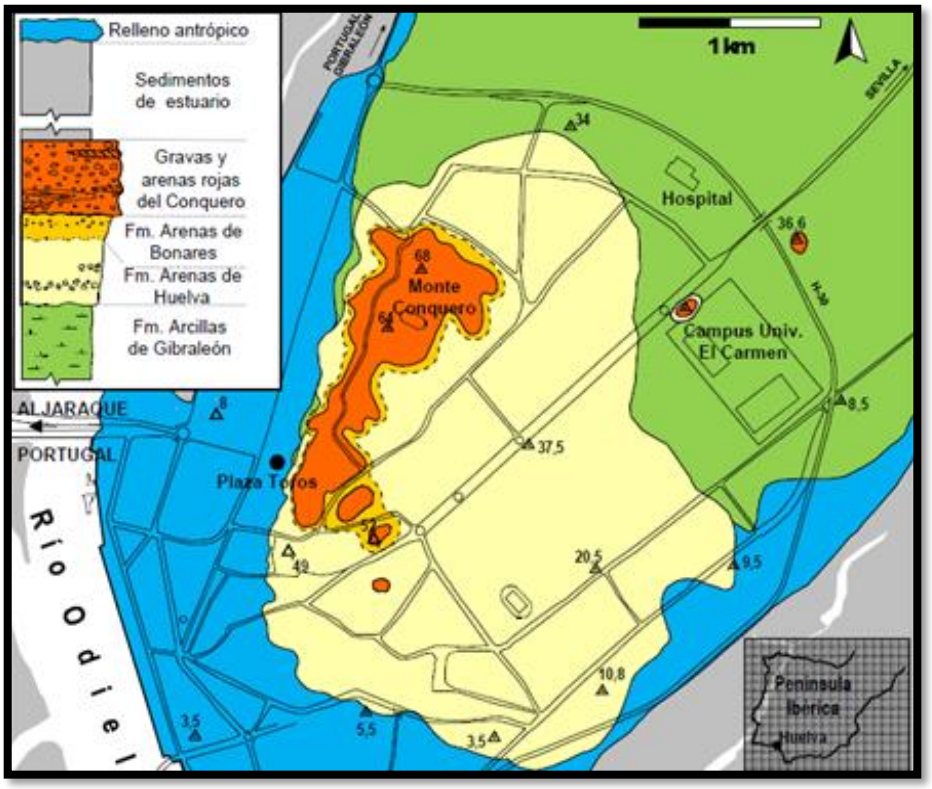



***Figura. 40:*** *Mapa geológico y columna estratigráfica de la ciudad de Huelva (Camacho et al.,2008).*

*Formación Arenas de Huelva, (Plioceno inferior),* (Civis et al., 1987). Está constituida por limos arenosos y arenas limosas gris amarillentas con nódulos de carbonato hacia techo, que alcanzan los 30 m de espesor. La formación presenta abundantes fósiles de moluscos, cirrípedos e icnofauna y microfósiles. Esta formación es interpretada como un medio marino de baja energía afectada por episodios energéticos de tormenta, en una plataforma marina siliciclástica de poca profundidad (Dabrio et al., 1988).

*Formación Arenas de Bonares (Plioceno superior-Pleistoceno)* (Mayoral y Pendón, 1987). Consiste en una unidad detrítica decreciente, que abarca desde arenas finas a microconglomerados. En su base encontramos icnofosiles, y escasos fósiles corporales (moldes con sus conchas disueltas formando nódulos de carbonatos o muy fragmentados). Es interpretado como un depósito marino somero de tipo litoral, con intercalaciones continentales fluviales.

El techo de la serie en El Conquero (Fig. 40), está formado por arenas y gravas silíceas rojizas, con cementaciones y costras ferruginosas atribuidas al Plioceno superior-Pleistoceno. Es un nivel discordante de potencia variable (entre 3 y 6 m), y que fue denominado Alto Nivel Aluvial (Pendón y Rodríguez-Vidal, 1986) cuyos materiales representan un cambio lateral de facies de la *Fm. Arenas de Bonares.*

Según Cáceres (1999) la evolución de la red fluvial durante el Pleistoceno Inferior-Medio y comienzos del Cuaternario dejo una serie de depósitos en forma de terrazas que corresponden con un sistema deltaico de aguas poco profundas alimentado por una red fluvial de tipo entrelazado (braided) que se desplazaba y encajaba progresivamente hacia el SE.

El encajamiento de la red fluvial está asociado de manera directa con las variaciones del nivel marino. La progresiva bajada del nivel del mar durante el último periodo glacial provocó la migración de la red principal desde una dirección N-S a ENE-OSO. Para estos momentos, el paleo-Tinto constituía el principal curso fluvial y el Odiel sería uno de sus afluentes. A partir del Pleistoceno Medio, el Odiel alcanza mayor entidad y comienzan a formarse sus primeras terrazas fluviales. Desde el Pleistoceno Superior, la migración del Tinto

cesa y comienzan a desarrollarse terrazas a ambos lados del río (Cáceres, 1999).

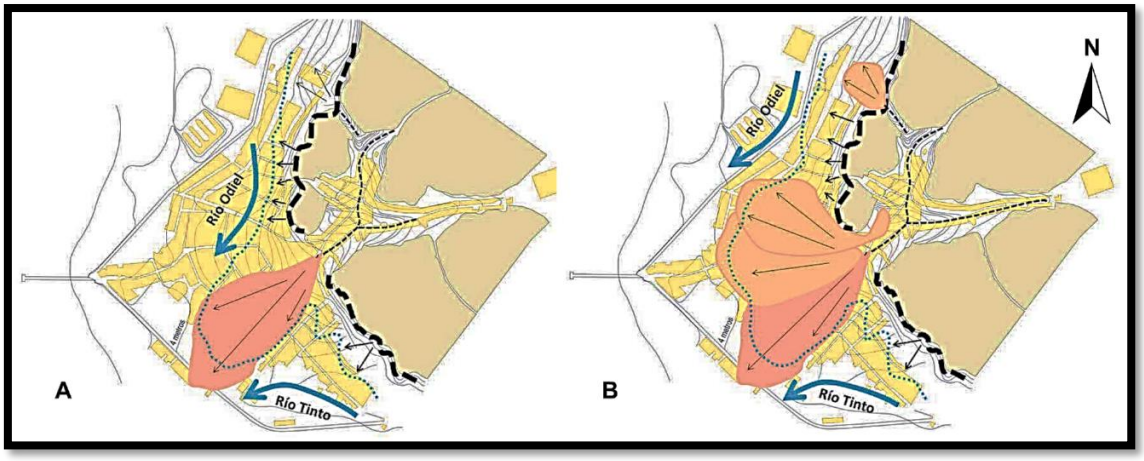



***Figura. 41:*** *Rasgos geomorfológicos principales del relieve de Onoba en época protohistórica (A) y Romana (B). Propuesta de línea de costa (Línea azul de puntos) en la confluencia de los ríos Odiel y Tinto (Rodríguez-Vidal et al., 2017).*

Durante el Holoceno, a partir del Máximo transgresivo postglaciar, como ya se ha comentado en capítulos anteriores, el estuario es invadido por las aguas oceánicas. Como resultado final de la transgresión, cuando el nivel marino se regulariza hasta la cota actual, tiene lugar la erosión de las áreas interfluviales que deja una zona acantilada de más de 40 m de altura, que se extienden por la margen derecha del Odiel y con menor desarrollo a la izquierda del Tinto. La erosión diferencial de este frente acantilado crea una serie de alturas (Cabezos) que son interrumpidas en su zona central por una red de barrancos que drenaban las arenas y gravas del Plioceno-Pleistoceno en forma de abanicos aluviales en la misma confluencia fluvial, a modo de extenso dique natural (Fig. 41) probablemente formado con anterioridad al II Milenio a.C.

Además, la acción conjunta de la dinámica costera y el aporte sedimentario fluvial provocaron el crecimiento de marismas en la paleoensenada que formaban los valles fluviales (Cáceres, 1999, Gómez-Toscano y Campos, 2000, Delgado, 2016). Esta zona inundable quedaría modelada como un espacio sinuoso, en el que se observa una sucesión de ejes de arroyada, interrumpidos por esteros. Hacia estas áreas llanas de la ciudad se podría acceder a través de embarcaciones, haciendo del espacio una zona portuaria ideal. A la que se accedería a través de las marismas hasta el propio cabezo de La Joya por el

estero Gavia de Rojo, o a la zona del Parque Moret, y el Campus de El Carmen a través del estero de El Rincón (Campos, 2011).

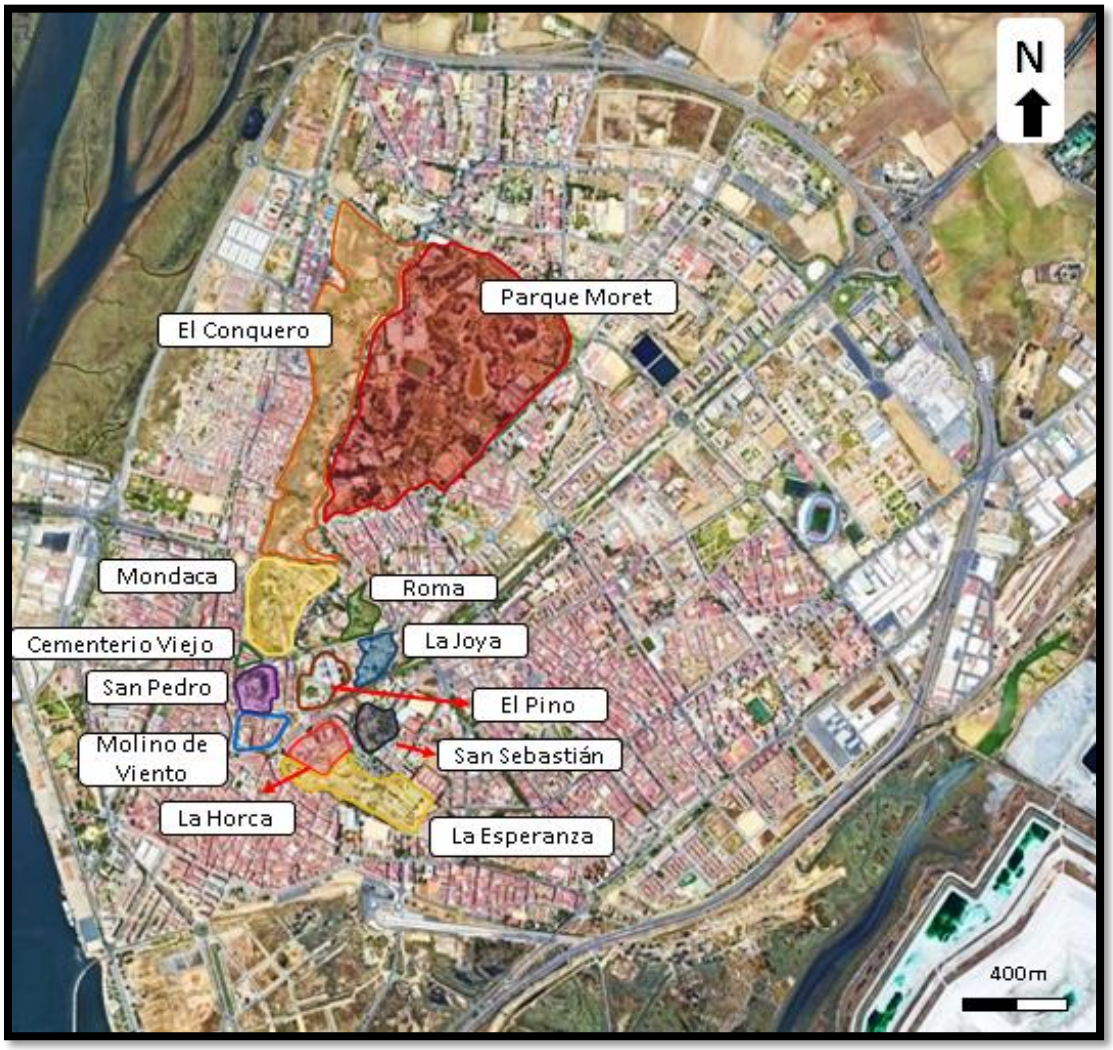



***Figura 42:*** *Localización de los cabezos mas significativos de Huelva.*

Desde el punto de vista de la ocupación humana, la orografía de los cabezos, suponen un área excepcional, ya que otorga una visión tanto del interior de la península de Huelva como del propio estuario, además sirve de defensa natural, lo que facilitó el poblamiento en este espacio, convirtiéndolo a lo largo de los siglos en uno de los principales e importantes puertos marítimos-fluviales de la costa atlántica (Delgado, 2016). Esta ubicación entre un ambiente de campiña, marismeño y marítimo, permitía el acceso a una amplia gama de recursos bióticos marinos, marismeños, fluviales y de campiña. También en algunas zonas bajas todavía se aprecian surgencias del freático, agua potable que pudo abastecer a la población asentada en sus inmediaciones (Bermejo et al., 2017 a).

Los cabezos más representativos que forman el área acantilada son San Pedro, Cementerio Viejo, Molino de Viento, La Esperanza, del Pino, Padre Julián, La Joya, Roma, y Mondaca (Fig. 42). Aunque las compañías mineras, en el proceso de creación de las infraestructuras portuarias modificaron el área urbana, haciendo desaparecer algunos de los cabezos como el de Molino de Viento y el del Cementerio Viejo, lo que implicó la perdida de información arqueológica (Delgado, 2016).

La estabilidad de este conjunto geomorfológico propició el mantenimiento de la actividad portuaria; desarrollándose ampliamente durante los siglos I y II d.C. y con una marcada retracción durante el siglo III d.C. Este decaimiento pudo ser debido al avance de las marismas en la ensenada y a la reactivación de los abanicos aluviales que se desplazaron lateralmente hacia el flanco norte de los cabezos, progradando hacia el oeste. Esta mayor actividad dinámica puede estar relacionada con el aumento de las precipitaciones anuales o con un régimen de lluvias más torrencial, que debieron destruir las infraestructuras urbanas de este área de *Onoba* y provocar el desplazamiento del río Odiel hacia el oeste, junto con la línea de costa del antiguo estuario romano o *Palus Erebea* (Rodríguez-Vidal et al., 2017).

## 4.3. El registro geoarqueológico estuarino de la industria de pesquerías.

En general los puertos son grandes fuentes de información, aportan evidencias tanto ambientales como arqueológicas. El establecimiento de un área portuaria está condicionado por su situación geográfica, el asentamiento humano y la dinámica local y las condiciones de navegación, regidas por el viento y el oleaje. Son numerosos los procesos que explican cómo los puertos llegan a ser preservados en el registro geológico, incluyendo la distancia hasta la línea de costa, la posición relativa del nivel marino y su evolución geomorfológica (Morhange et al., 2014).

El estudio de la geología cuaternaria del estuario de Huelva (Cáceres, 1999; Rodríguez-Vidal y Vera, 2016) y las investigaciones arqueológicas en la ciudad

durante más de tres décadas han proporcionado una base para relacionar la dinámica geomorfológica costera del Holoceno superior con la distribución poblacional en la antigua *Onoba* (Rodríguez-Vidal et al., 2017).

En el estudio de la topografía urbana de la *Onoba* romana, ha destacado por la cantidad de información obtenida, el sector urbano perteneciente al área del puerto. Este enclave supuso un punto importante en el desarrollo de las relaciones comerciales atlánticas. El puerto se localiza en la zona baja del cabezo de La Esperanza. Encontramos estructuras dedicadas a las salazones de pescado en las calles Palos, C/ Fernando el Católico, C/ Cardenal Cisneros y C/ Tres de Agosto; además de otras estructuras portuaria que se extiende a lo largo de la calle Vázquez López (Campos et al., 2015; Rodríguez-Vidal et al., 2017). La adaptación de las distintas zonas portuarias (áreas de atraque, varadero y de explotación económica) a la compleja morfología que toma la línea mareal en la ciudad de Huelva, condicionó que, en el caso de las industrias de pesquería, las instalaciones estuvieran divididas en dos sectores diferenciados Bermejo et al., 2017 a).

En la primera de estas zonas, situada paralela a la línea mareal, encontramos una ensenada resguardada con una amplia orilla (Fig. 43). Esta área estaba relegada a actividades pesquero-conserveras. Consisten en un conjunto de factorías dedicadas a la extracción y transformación de productos pesqueros, de cuyo tamaño se deduce que existieron pequeños propietarios dedicados a la elaboración de *salsamentas.* Estamos ante un importante barrio industrial con varios talleres que comienzan su producción en momentos altoimperiales. Las actuales calles Palos y Tres de Agosto reúnen los restos constructivos y materiales más importantes de todo el conjunto.

Las factorías se disponían de forma que dibujaban un amplio pasillo central sobre el que se encontraban las piletas de salazones, que en esta zona se tiene constancia entre otros restos monumentales de seis unidades de piletas (Bermejo et al., 2017 b; Bermejo et al., 2017 a). Las instalaciones de las calles Palos y Cardenal Cisneros fueron abandonadas a finales del siglo II d.C., mientras que las pertenecientes a la actual calle Tres de Agosto prolongan su actividad hasta comienzos del siglo III d.C. (Campos et al., 2015; Bermejo et al., 2017 a).

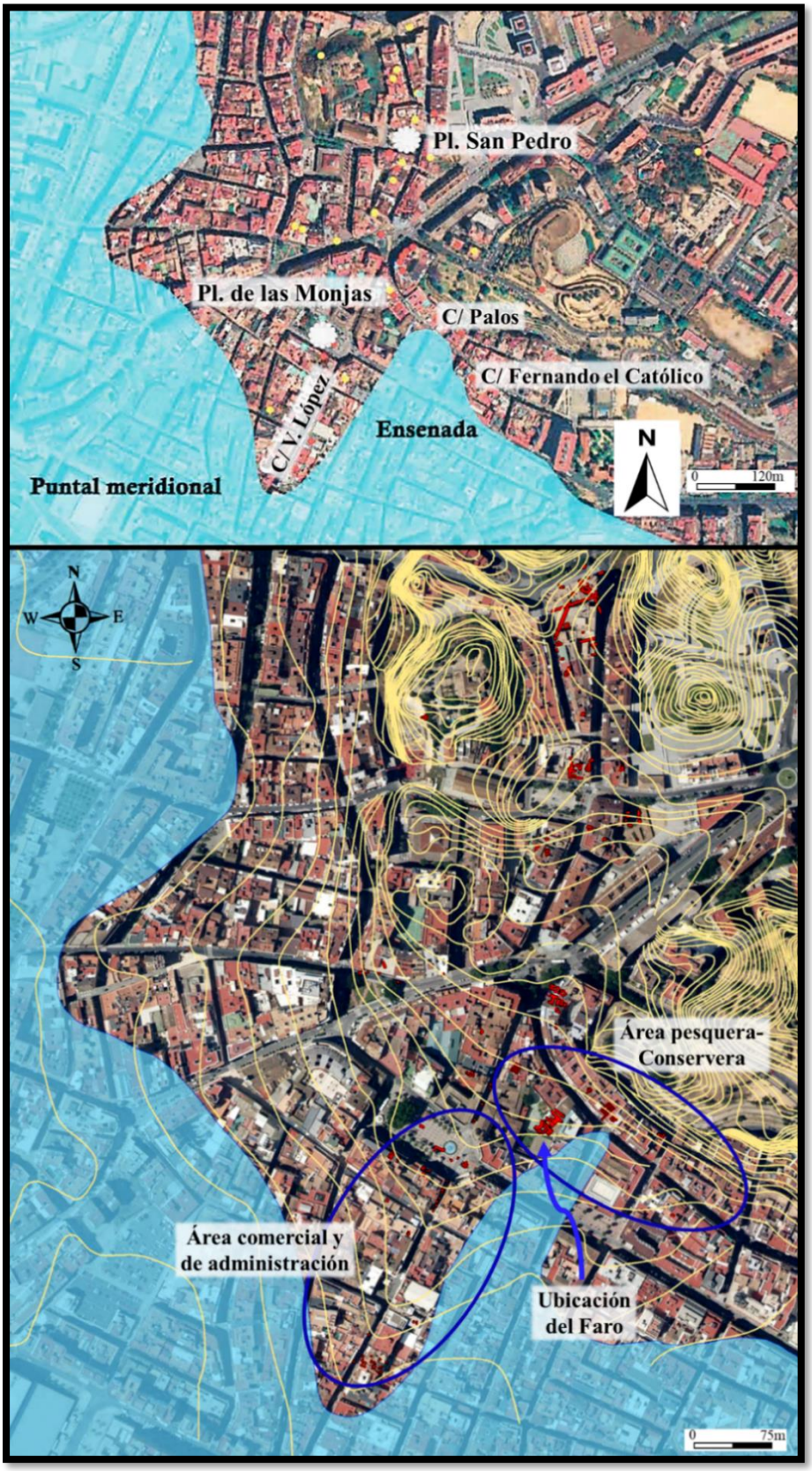



***Figura. 43:*** *Superior. Planimetría de Huelva con indicación de los hallazgos romanos y principales hitos topográficos urbanos. Inferior. Planimetría con indicaciones de las áreas portuarias y la localización del faro (modificado de Bermejo et al., 2017 a; Bermejo y Campos, 2020).*

Al fondo de esta ensenada marítima del puerto, encontraríamos una construcción que se erige durante el cambio de Era (Fig. 44). Por sus características, se asocia a una torre o faro que tendría una altura aproximada de entre 15-18 m que funcionaría como una pequeña fuente de luz favoreciendo la realización de maniobras de aproximación, amadrinaje, etc. en una ensenada inestable en la que encontraríamos bajíos arenosos y marismas de difícil acceso (Campos, 2011; Bermejo et al., 2017 b, Bermejo y Campos, 2020). El área se amplía con la construcción de un conjunto de almacenes unidos al faro a inicios del siglo II d.C. Estas estructuras eran comunes en las zonas portuarias para mantener lejos de la humedad el contenido almacenado (Bermejo et al., 2017 a).

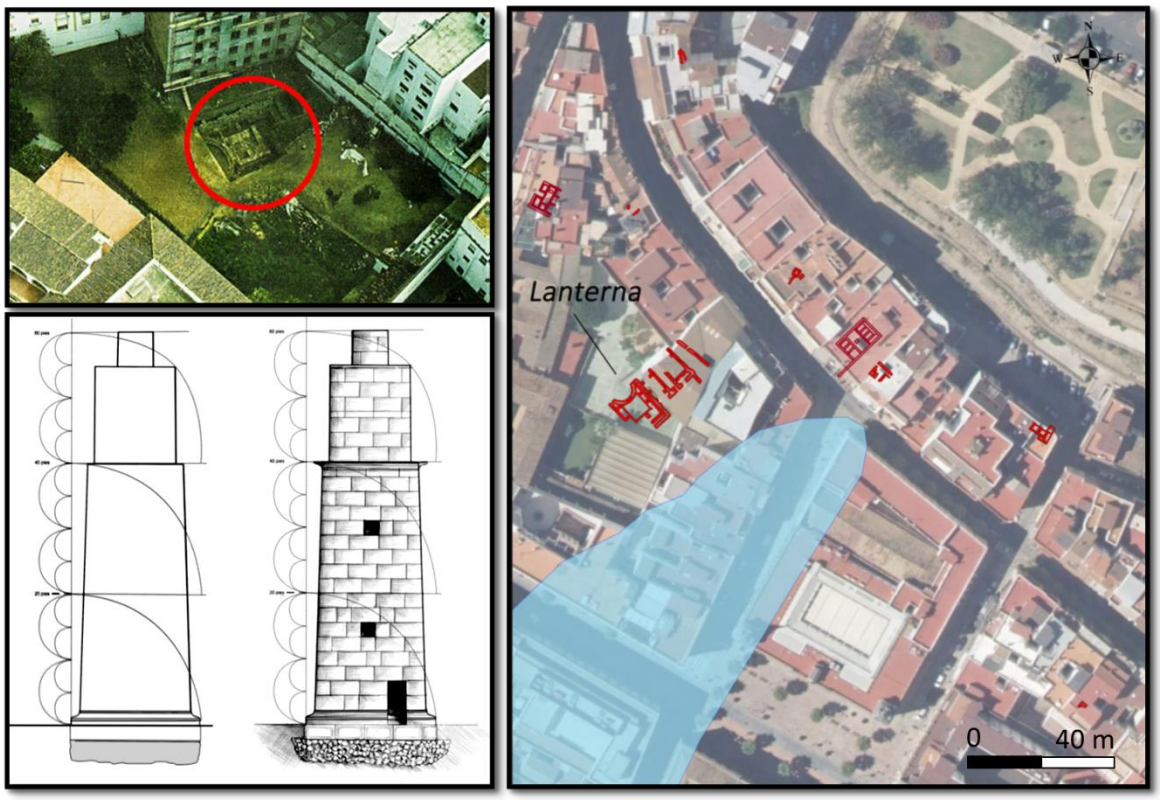



***Figura. 44:*** *A) Localización de la base de la estructura del faro. B) Reconstrucción hipotética del faro. C) Estructuras vinculadas a los talleres de salazón de pescado y a la entrada del canal (Bermejo y Campos, 2020).*

A través de la estimación de la altura del faro, se ha podido definir su visibilidad hacia el estuario (Fig. 45). Este elemento debió jugar un papel muy importante como referencia para guiar los barcos tanto al puerto como a las distintas factorías que se encuentran en el estuario (Bermejo y Campos, 2020).

También se ha documentado un sistema de suministro de agua destinada al abastecimiento del área industrial que se construye a comienzos del siglo II d.C. mientras las instalaciones de las factorías están en funcionamiento (Bermejo et al., 2017 a).

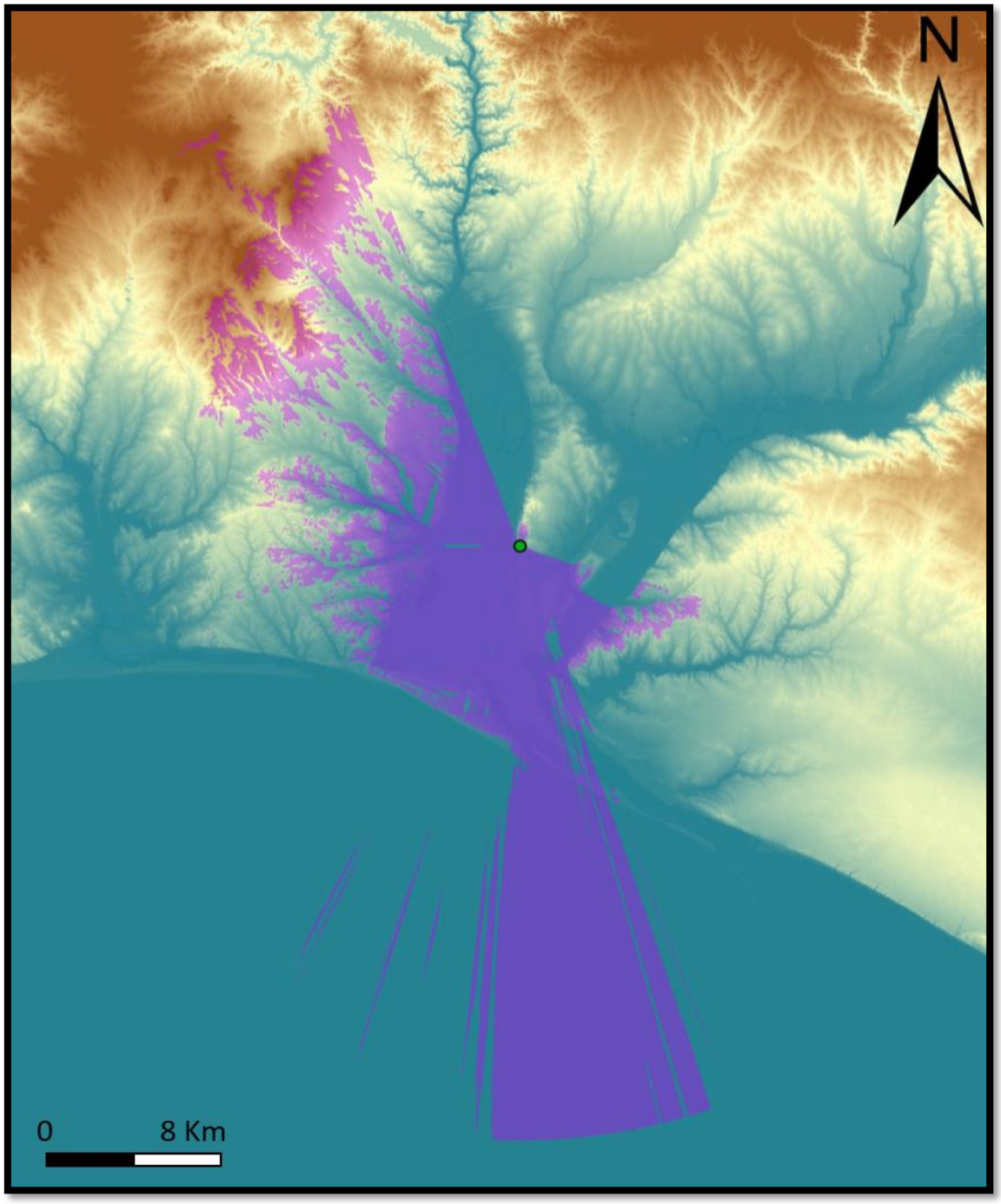



***Figura. 45:*** *Análisis del dominio visual del faro sobre el estuario de Huelva (Bermejo y Campos, 2020).*

La segunda área portuaria está situada más al sur, en un puntal de tierra a poniente con una longitud de unos 350-400m, que en la actualidad ocuparían el

área comprendida entre la Plaza de las Monjas y la calle Vázquez López. La zona estaría constituida por una alternancia de playas que actuarían como varaderos y pequeños embarcaderos de madera. Las actividades portuarias que tienen lugar aquí están relacionadas con labores administrativas, control económico y servicios comerciales que están representadas por restos constructivos y materiales diversos.

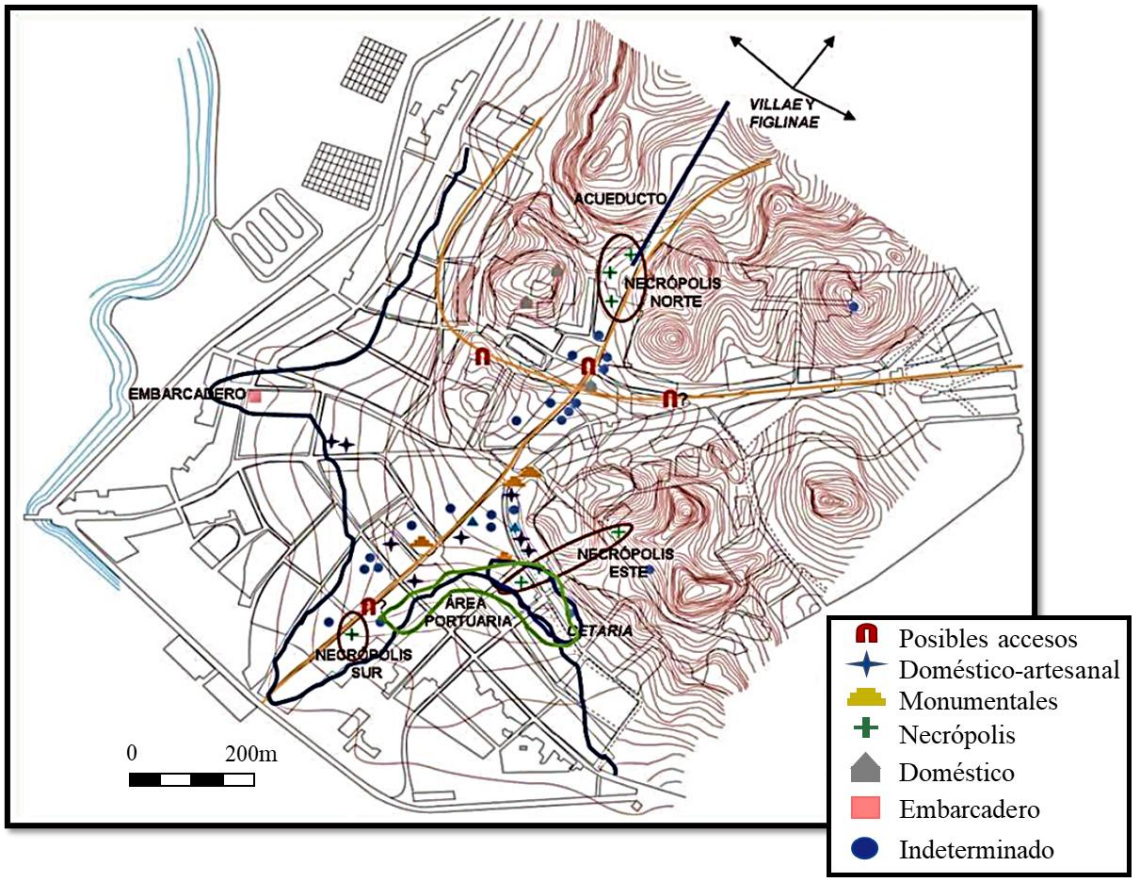



***Figura. 46:*** *Hipótesis de la configuración urbana de Onoba y su periferia, con indicación de la línea mareal en época romana (Campos y Bermejo, 2017).*

En las inmediaciones de la Plaza de las Monjas, se excavaron restos de una gran edificación de sillares (fechada entre finales del siglo I y comienzos del siglo II d.C.) desarrollada hacia el sur, paralela a la línea de costa, que facilitaría el transporte de mercancías. Este edificio ha sido interpretado como un espacio de almacenaje u oficina de control en el que la administración imperial custodiaría los metales procedentes de la faja pirítica y administraría el cobro de impuestos. También se identificaron otros restos constructivos relacionados con talleres artesanales, de vidrio, de venta y almacenamiento de productos, etc. De los cuales, algunos contarían con dos alturas, interpretados como un edificio que en

su planta baja se desarrollarían actividades comerciales y en la parte superior contaría con un espacio de residencia o habitación (Bermejo et al., 2017 b; Bermejo et al., 2017 a).

Respecto al área perimetral (Fig. 46) de la *Onoba* romana quedaba relegada a actividades industriales y cementeriales (Bermejo et al., 2017 a). Cabe destacar una explotación de recursos marinos y de campiña en la Orden, que contaba con varios hornos dedicados a la producción de recipientes para el transporte de productos pesqueros y agrícolas. Además de numerosos enterramientos que delimitan la extensión ocupada en este periodo, fechados en momentos bajoimperiales, cuya cronología va desde época tardoantigua entre finales del Siglo IV e inicios del VI d.C. (Campos et al., 2015), de las que dos de ellas delimitan la zona portuaria (Fernández-Sutilo, 2016).

# CAPÍTULO 5:

## GEOARQUEOLOGÍA DE LA ENSENADA COLOMBINA DE PALOS

## 5.1. El registro arqueológico del puerto colombino de Palos.

El actual municipio de Palos de la Frontera, heredero de la antigua villa Bajo Medieval, es considerado un elemento clave en el desarrollo de los acontecimientos que tuvieron lugar a finales del siglo XV, en relación con la gesta y el descubrimiento de América. El puerto se convirtió en la cuna de uno de los hechos más relevantes de la historia de la humanidad. Su infraestructura portuaria, en auge a comienzos del siglo XV, era considerada todo un referente de ámbito internacional; como lo demuestra el que fondearan en su puerto naves inglesas, bretonas, flamencas e italianas (Izquierdo labrado, 2012, Vidal y Campos, 2015). Las actividades que se desarrollaban en él y la experiencia de sus marineros en las aguas atlánticas fueron decisiva a la hora de hacer frente al reto que suponía el viaje transoceánico.

El origen de la villa de Palos (Gonzálvez y García, 2014; 2020) tuvo lugar en el transito del reino al condado de Niebla. Palos había sido una alquería del reino almohade de Niebla. Tras la reconquista cristiana entre 1250 y 1262 la población era escasa y las tareas de colonización muy amplias tras la emigración de los musulmanes. Durante los primeros 30 años del siglo XIV, se consumaba el proceso de señorialización que desgajaba de Niebla antiguas aldeas y parte de su territorio. Es entonces cuando entra en escena la incipiente localidad de Palos. La concesión más antigua de Palos fue la otorgada por Sancho IV, hacia 1295 al Almirante Pay Gómez Cherino, padre del Obispo de Silves, Fray Álvaro País, que otorgó a la casa o torre de Palos, el derecho a nombrar alcaldes y alguacil y franqueza fiscal para 20 vecinos (Laredo Quesada, 1992).

Aunque la concesión de Sancho IV a Pay Gómez fue confirmada a su hija Berenguela Gómez por Fernando IV, será Alfonso XI el que conceda la casa de Palos a Berenguela en 1332. Esta concesión no se hizo efectiva hasta su casamiento con Alfonso Carro de Rueda, alcalde mayor de Niebla hacia 1330 (Laredo Quesada, 1992). Más tarde, en 1380 el rey Juan I embarga el señorío de Palos al nieto de Alfonso Carro de Rueda y se lo concede al caballero sevillano Alvar Pérez de Guzmán que acometió la definitiva repoblación del señorío. Tras la muerte de Elvira de Ayala, mujer de Alvar Pérez de Guzmán, el

señorío de Palos fue heredado por sus dos hijas, Isabel y Juana. A partir de ese momento la casa ducal de Medina Sidonia, que deseaba ampliar su control sobre la costa y el comercio marítimo, muestra interés por el señorío de Palos. Hacia 1479 la villa se encontraba dividida en tres partes: 5/12 eran de Pedro de Zúñiga (conde de Miranda), 1/12 de Fernando de Zúñiga que lo vendió al duque de Medina Sidonia, Juan de Guzmán y la otra mitad pertenecía a los hermanos Juan y Pablo de Silva (conde de Cifuentes). Este periodo prospero dio lugar a que se redactaran unas ordenanzas municipales entre 1484 y 1488, con la finalidad de regular la villa (Ladero Quesada, 1978; González Gómez, 1976). Tanto fue el auge, que los Reyes Católicos compran en 1492 la mitad de la jurisdicción de Palos a Juan de Silva.

Durante el siglo XV, las actividades marítimas constituían la base de la economía local y la principal fuente de ingresos para sus señoríos, cuyos representantes conscientes de su importancia, las alentaron. Por ello, la época de mayor prosperidad de la villa coincide con la época de mayor desarrollo de las actividades marítimas. Palos hizo de la navegación su principal medio de subsistencia. El puerto fue el núcleo de las actividades marítimas desarrolladas durante aquellos años. Los pescadores ejercían al mismo tiempo de comerciantes, y si las circunstancias eran favorables, también actuaban de corsarios o piratas; siendo lo más común en la época en el litoral peninsular (Fernández y Fernández, 2004).

Una evidencia de la creciente economía de la pesca de bajura fue que a finales del siglo XV los señores y caballeros comenzaron a cobrar derechos de explotación por faenar en las costas de la villa que lindaban con sus territorios. Una vez en tierra, las capturas debían pasar por la alota y los marineros (la mayoría forasteros) que fondeaban en el puerto debían pagar a los señores una renta por la explotación de los edificios en régimen de mesón y almacenes (la propia alota, el horno, chozas y la fuente). Aunque este comercio, no solo estuvo sustentado en los excedentes de la actividad pesquera, sino que también se exportaba oro, esclavos, marfil y otras mercancías africanas, ampliamente demandadas y codiciadas en la Europa bajomedieval (Gonzálvez y García, 2014; 2020).

Teniendo en cuenta esta introducción histórica, de la que resulta la puesta en relieve de la importancia de la Villa de Palos y su puerto para época bajomedieval, nos centraremos en el análisis de la ensenada del Puerto Colombino de Palos de la Frontera.

Situada al norte del municipio, su estudio comienza con la celebración de la conmemoración en 1992 del V centenario del descubrimiento de América. Se promovió la realización de diferentes proyectos de investigación que tenía como objetivo común, la reforma y revalorización patrimonial de los lugares colombinos.

En primera instancia, el ayuntamiento de Palos de la Frontera, junto con la Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía llevó a cabo un proyecto urbanístico en el que se abordó la recuperación del espacio que ocupaba el área portuaria durante los siglos XV y XVI. Para ello, el ayuntamiento junto con la Liga Naval Española entre los años 1988-1989 encargaron la realización de una "*Prospección geofísica para la ubicación del antiguo embarcadero o puerto de Palos de la Frontera (Huelva)*" a la Cátedra de Geofísica Aplicada del departamento de Ingeniería Geológica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid.

Este estudio preliminar encontró ciertas anomalías magnéticas que indicaban la existencia de estructuras sepultadas (VVAA, 1989), propiciando una nueva investigación más desarrollada de la que se pudiera obtener pruebas materiales de la existencia del Puerto Histórico. La delegación provincial de Huelva y el ayuntamiento de Palos encomendaron a la Universidad de Huelva un nuevo estudio titulado "*Proyecto de investigación geoarqueológica del Estero de la Fontanilla: el puerto histórico de Palos de la Frontera (Huelva)*" a mediados de 1990. Los principales objetivos de este nuevo estudio fueron la reconstrucción histórico-arqueológica y paleogeográfica del puerto histórico y su entorno (Castillo, Iglesia, Fontanilla y Estero). Haciendo hincapié en su significado territorial, la evolución natural del medio en las distintas épocas históricas y el reconocimiento del grado de conservación y dispersión de los restos arqueológicos para concretar su posible puesta en valor (Pozo et al., 1996).

Como resultado de este proyecto, se realiza la prospección de unas 15 hectáreas en el Estero de Palos, además de la elaboración de varias zanjas y sondeos (Fig.47) que determinaron que la vaguada situada en la margen izquierda de la ensenada conectada con la Villa y el Castillo era la zona más probable para la ubicación de las infraestructuras portuarias (Campos y Vidal, 2020).

Se realizaron 7 sondeos durante esta campaña con el objetivo de reconstruir la secuencia estratigráfica y ocupacional, y la obtención de elementos cerámicos, metales, etc. que permitieran determinar una cronología relativa. A partir de los sondeos, se localizaron restos murarios de una estructura identificada como la alota, estudiada más ampliamente en los años posteriores, y un testar compuesto por numerosos restos cerámicos con una cronología asociada a finales del siglo XV y comienzos del XVI, que implicaba la existencia de estructuras fornáceas (Campos y Vidal, 2020).

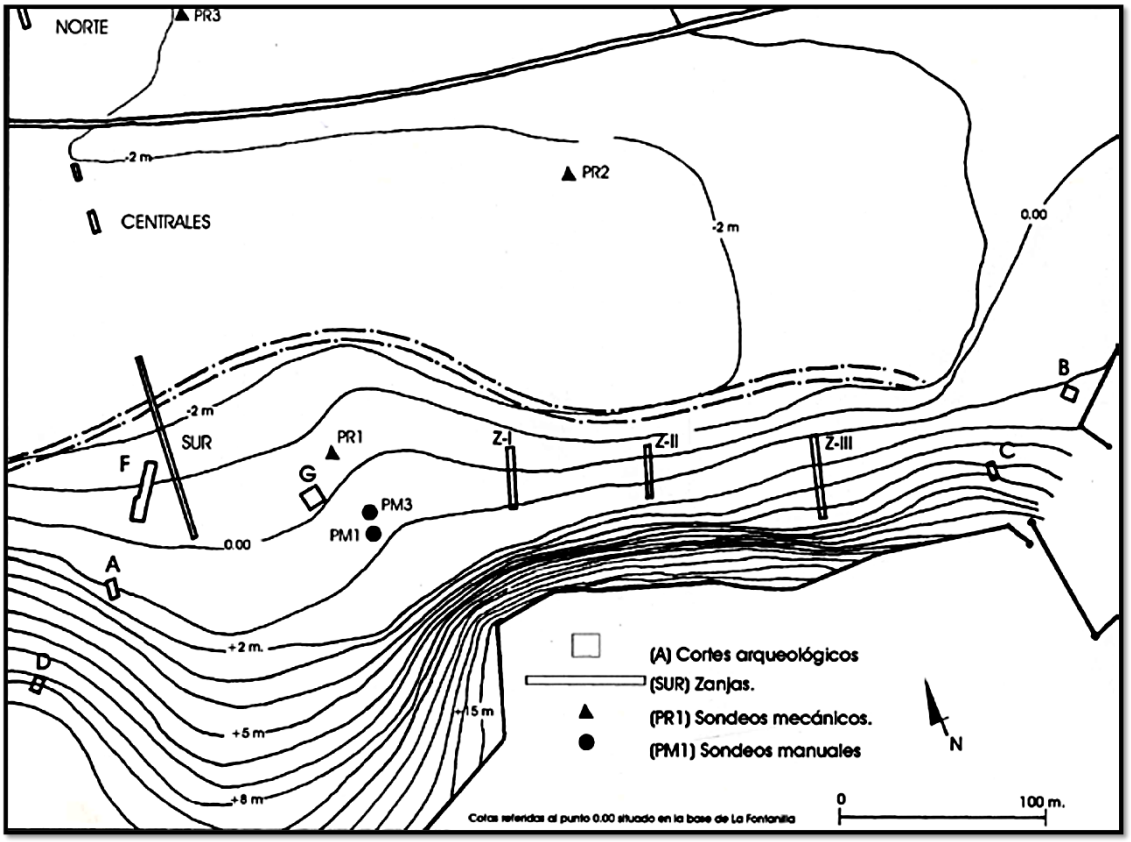



***Figura 47:*** *Plano general del estero con las actuaciones de campo (Pozo et al., 1996).*

Consecuencia de este estudio, se realizaron hipótesis preliminares sobre el calado del estero, considerándose apto para la navegación de grandes barcos como carabelas y naos. Esta investigación constituye la primera intervención de carácter científico llevada a cabo en la ensenada, cuya configuración

permanecía intacta, dado que aún conservaba sus antiguas orillas o cantiles que permitieron identificar su extensión y los procesos de colmatación.

Los resultados de este proyecto se exhiben en distintas publicaciones que resumen la información obtenida durante las actuaciones arqueológicas (Campos et al., 1990, 1992, 1996; Campos y Borja, 1991; Borja, 1992; Borja et al., 1992, 1993; Pozo et al., 1996 y más recientemente, Campos, 2012, 2014, *2015, 2019 b).*

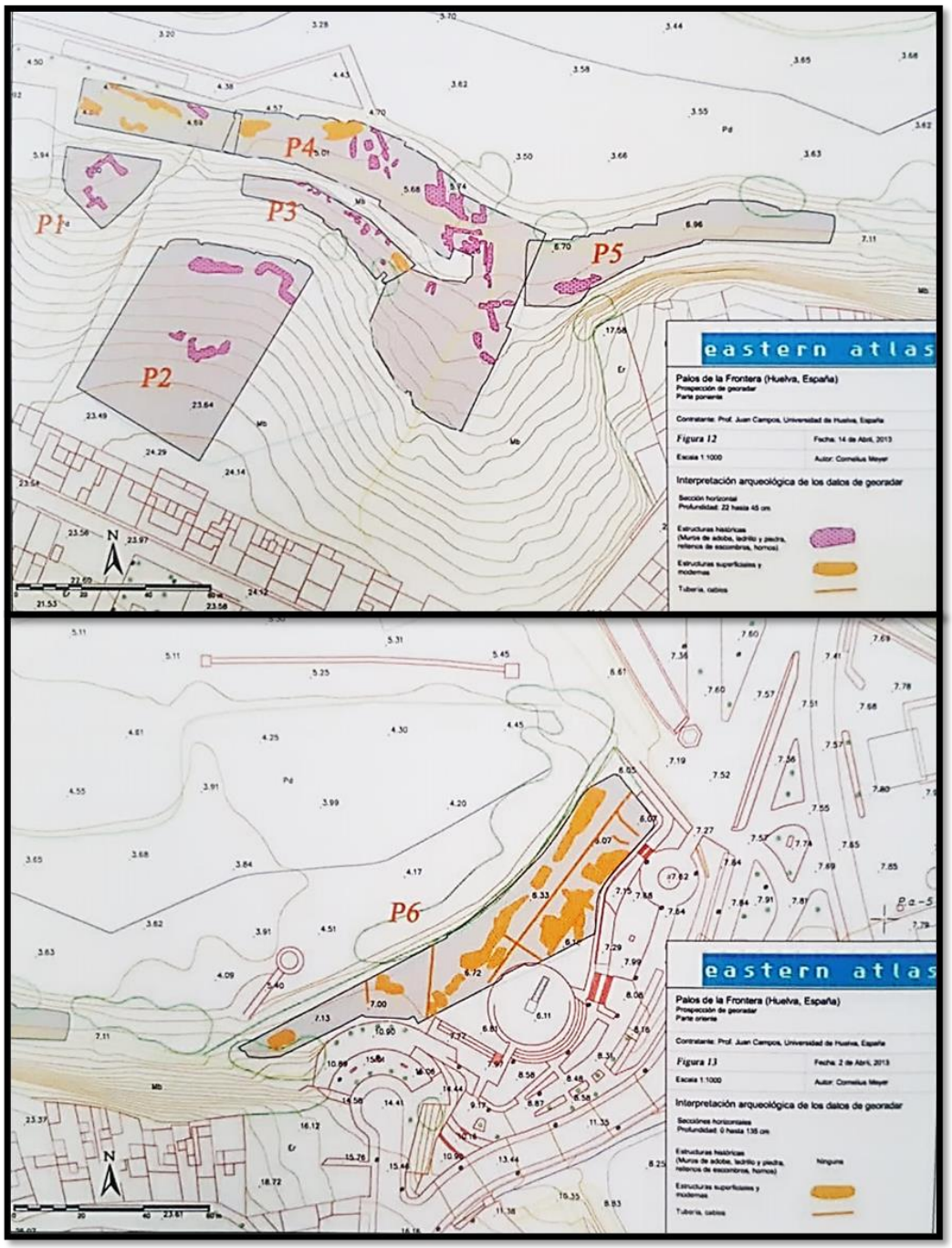



***Figura 48:*** *Indicación de los sectores de prospección geofísica en el área de la Vaguada y las inmediaciones de la Fontanilla. (Campos, 2019 b; 2020).*

No fue hasta más de dos décadas después, que se retoman las investigaciones en este entorno con la firma en 2013 de un convenio de colaboración entre el Excmo. Ayto. de Palos de la Frontera y la Universidad de Huelva. Este proyecto tenía como propósito localizar las estructuras del puerto y analizar sus características; reconstruir el paisaje de forma evolutiva, centrándonos específicamente en la época colombina; y, finalmente, analizar las posibilidades de navegación de la ensenada (Campos, 2019 b).

Se realizó una prospección geofísica, una cartografía y un estudio sobre la planimetría histórica, acompañado de varias campañas de excavación que se extendieron hasta 2019 (Fig. 48). Como resultado de las investigaciones se han localizado los vestigios que confirman la existencia del Puerto de Palos en la ensenada. La zona en la que se circunscriben los restos se encuentra al norte de la localidad, una superficie de unos 1000 m² denominada “Estero-Vaguada”. Se encontraron varios elementos ya recogidos en los archivos históricos, como un Forno y la Alota, que definen un importante complejo industrial-portuario para los siglos XV-XVI y pone de manifiesto la importancia de este enclave marítimo-fluvial en el devenir histórico de los puertos del Tinto (Campos, 2019 b; 2020).

Uno de los edificios más importantes del área portuaria, es la alota; descrita en las fuentes literarias como el puesto desde el que se ejercía el control y la administración del puerto (Bermejo y Bermejo, 2020). Este edificio multifuncional albergaba una aduana que sirvió de posada y bodegón para los marineros, así como lugar de almacén de los numerosos productos que se comerciaron con otros puertos atlánticos (Fig. 49). La alota era el corazón del puerto, donde tenían lugar las transacciones comerciales. La exportación de productos básicos como vino, aceite, sal, ladrillos y tejas, cerámicas y principalmente pescado y esclavos; así como la importación de productos codiciados por los castellanos, como paños de lana, seda, lienzos, sayales, tapetes, metales, legumbres, trigo etc. (González Gómez, 2010; Fernández-Sutilo y Marfil, 2020).

El arrendatario de la alota era el encargado de controlar que se cumplieran las ordenanzas, principalmente se le confiaba que mantuviera en perfecto estado los elementos que componen el complejo, así como procurar el buen funcionamiento de los mismos (Campos, 2020; Bermejo y Bermejo, 2020).



***Figura 49:*** *Foto aérea de la ensenada donde se observa la vaguada con los restos arqueológicos y los primeros momentos de excavación del almacén portuario (alota) (Campos, 2020).*

El edificio presenta una planta cuadrangular de unos 140 m², compuesto por tres estancias (Fig. 50) que estuvieron en funcionamiento durante la mayoría del siglo XVI (Campos, 2019 b; Bermejo y Bermejo, 2020).

La Estancia I corresponde al espacio de almacenamiento, un área multifuncional que según las fuentes escritas acogió una intensa actividad, ya que los arrendadores de impuestos debían revisar allí las mercancías y pesquerías.

La Estancia II a la que se accedía desde la anterior, cuenta con un registro material que corresponde con dos niveles de ocupación. Inicialmente la habitación estaba relacionada con la actividad alfarera, ya que contenía una balsa de decantación de arcillas. Más tarde sufre una reforma, en la que se enlosa el pavimento original y se ciega un acceso que tendría hacia el Sur;

pasando a un espacio destinado al consumo y venta de alimentos (bodegón). El cambio de funcionalidad parece estar relacionado con el traslado de la actividad alfarera a las inmediaciones del edificio.

Por último, la estancia III que, aunque cuenta con menor registro de material cerámico, aparecen elementos personales y cuenta con un acceso desde la estancia principal. Se ha interpretado como un espacio de pernocta o descanso de la marinería que en su paso por el puerto Palermo necesitara de un reposo en tierra.




***Figura 50:*** *Imagen aérea de las tres estancias que componen la Alota (Bermejo y Bermejo, 2020).*

Junto a la alota, otro de los hallazgos de la zona de la vaguada de la ensenada de Palos es un importante complejo alfarero, del que ya se tenía constancia en las ordenanzas municipales. Las campañas de excavación revelaron un total de diez hornos (Fig. 51). de distintas tipologías, dedicados a la fabricación de material constructivo, loza de mesa, alimentos, cal y un horno laboratorio (Bermejo y Bermejo, 2019)

Los hornos 1 y 8 (Fig. 52) presentan una planta circular; corresponden a hornos de leña dedicados a la cocción de alimentos y relacionados con el complejo habitacional ubicado en la alota. Se encontraron cuatro hornos dedicados a la producción de materiales constructivos, los cuales podemos subdividirlos en dos categorías. Los hornos 3 y 4 corresponden a estructuras dedicadas a la producción de tejas y ladrillos. Éstos cuentan con una planta cuadrada y grandes

dimensiones (Fig. 52) en las que se observan tres áreas diferenciadas. La cámara de combustión en la zona baja del horno, la Cámara de cocción sobre la anterior separada por un emparrillado de ladrillos y por último el área por la que se accede a la cámara de combustión, delimitado por dos refuerzos dispuestos perpendicularmente (pie de amigo) que le da mayor solidez (Fernández-Sutilo y Marfil, 2020; Bermejo y Bermejo, 2019). Por otro lado, los hornos número 6 y 7 son hornos de cal o caleras que presentan una estructura troncocónica a base de ladrillos y cal.




***Figura 51:*** *Vista parcial del alfar y localización del campo de hornos con indicación numérica de las diferentes estructuras fornaceas localizadas (Campos, 2020; Fernández-Sutilo y Marfil, 2020)*

Todas las estructuras cuya finalidad es la manufactura de materiales constructivos, se encuentran revestidas de adobe y alojadas en la ladera, con el

objetivo de mantener las temperaturas necesarias para este tipo de producciones (Fernández-Sutilo y Marfil, 2020).

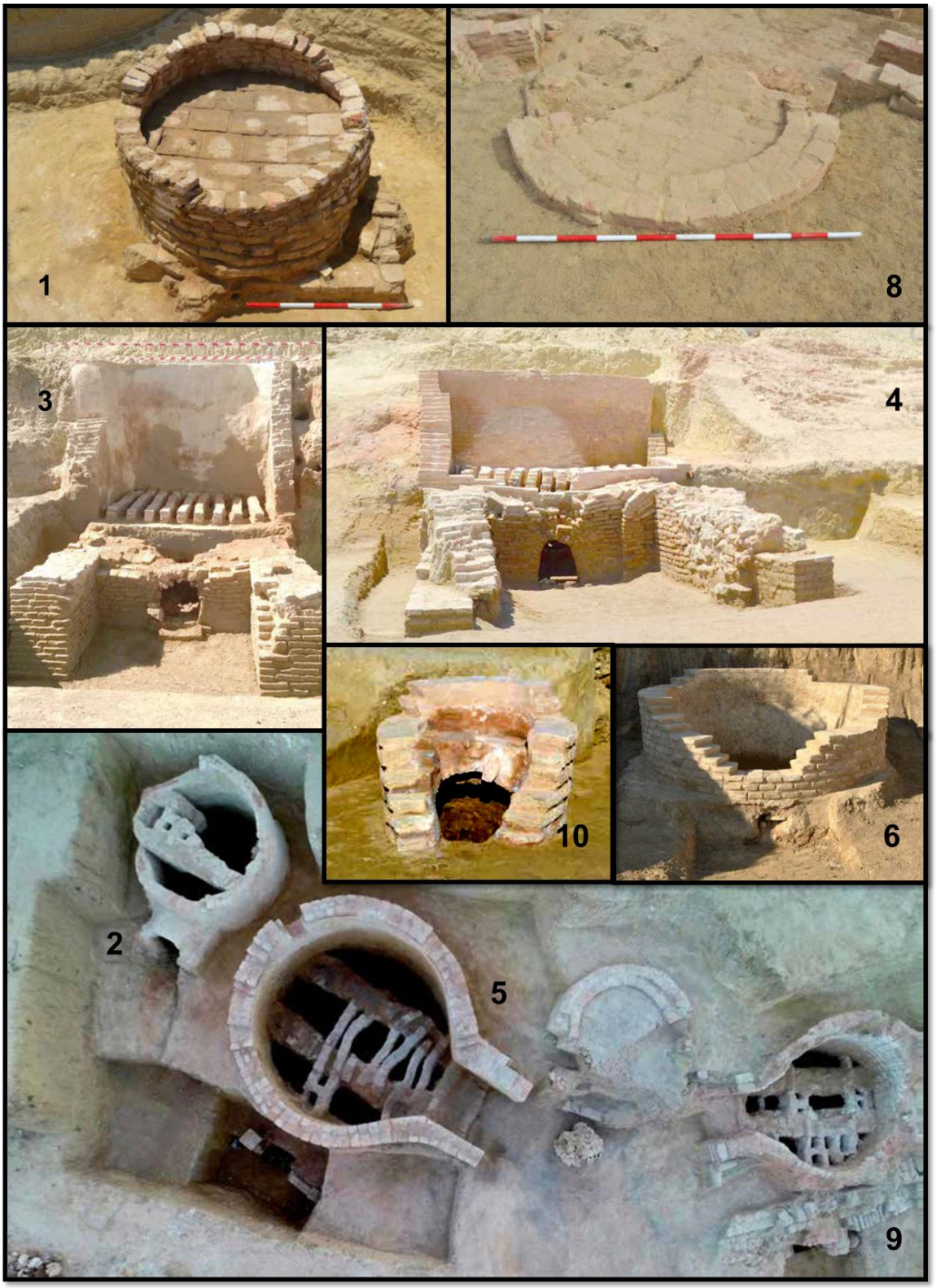



***Figura 52:*** *1 y 8 hornos domésticos, 3 y 4 hornos industriales de materiales constructivos; 6, horno destinado al procesado de cal; 2, 5 y 9 hornos cerámicos y 10 horno laboratorio (Fernández-Sutilo y Marfil, 2020).*

Por otro lado, encontramos una serie de hornos dedicados a la producción de cerámicas para uso doméstico (Hornos 2, 5 y 9 Fig. 52). Éstos producían cerámicas de mesa o cocina y elementos de almacenaje. Estructuralmente, podemos distinguir, en función del tamaño, que el horno numero 5 al poseer mayores dimensiones se empleaba únicamente en la fabricación de menaje doméstico, mientras que el numero 9 combinaba la fabricación domestica con la producción de materiales constructivos más pequeños como losas, tejas o pequeños ladrillos. La estructura número 2 consiste en un horno de banco con doble cámara y tiro vertical al igual que todos los anteriores. Este se diferencia por poseer un banco o escalón en la parte posterior de la Cámara de combustión que se usaba para aumentar el volumen de piezas que se podían cocer de una sola vez (Fernández-Sutilo y Marfil, 2020).

Por último, el horno número 10, con unas dimensiones muy reducidas en comparación con el resto de los hornos del complejo. Basándose en los restos cerámicos encontrados en sus inmediaciones se ha catalogado como horno laboratorio. Esta estructura estaría dedicada a la experimentación de nuevas tipologías y decoraciones o a la imitación de producciones importadas (Fernández-Sutilo y Marfil, 2020; Bermejo y Bermejo, 2019)

Este campo de hornos, cuyas plantas pueden corresponder a formas piriformes, circulares o rectangulares, son calificados como de tradición morisca que siguieron el método constructivo de la época romana. Todo este complejo revela la alta especialización de los alfareros palermos. Una muestra de ello son las variedades tipológicas encontradas, tanto en el interior de los hornos como en sus alfares o basureros. De este registro destacan las cerámicas de importación, que corrobora la existencia de un intenso intercambio de mercancías con otros puertos europeos, e incluso el norte de África, Canarias y América. Las producciones cerámicas más comunes del complejo son las destinadas a la cocina, piezas para el servicio de mesa (platos, fuentes, cuencos, etc.), recipientes para el transporte, almacenaje (jarro, botellas y cantimploras) y otras multifuncionales (lebrillos para la elaboración y almacenamiento de alimentos, y bacines empleados para usos higiénicos). También encontramos producciones cerámicas relacionadas con la pesca, como las pesas de red de diversos grosores, anzuelos y agujas para el trabajo con las redes que ratifica la intensa

actividad pesquera y la tradición marinera de la población. Además de otros elementos como útiles para el alfar y formas azucareras (Fernández-Sutilo y Marfil, 2020, Campos, 2020).




***Figura 53:*** *Arriba: Edificio anexo a la alota empleado como taller alfarero con balsa de arcillas en su interior. Abajo. Restitución infográfica del taller y zona de secado, anexos a la alota (Fernández-Sutilo y Marfil, 2020).*

El nivel de producción de este alfar precisó de un taller para controlar los procesos de obtención de las materias primas y su transformación posterior (depuración de arcillas, seriado, modelado, etc.). Junto a la alota, en su fachada meridional se localizó un edificio anexo con un único acceso desde la zona de los hornos (Fig. 53). En la parte oriental de esta estancia se encontraba una balsa para el amasado y contención de las arcillas y el lado occidental quedó reservado para el torno y los utensilios necesarios para las labores de torneado. Vinculado a este edificio, en la fachada septentrional del conjunto edilicio que formaba el taller y la alota, se halló una estancia diáfana y abierta delimitada por un muro de unos 15 m. Este espacio se sitúa entre el taller y los hornos, destinado al apilamiento de las piezas cerámicas para que se secaran, antes de proceder a su cocción (Fernández-Sutilo y Marfil, 2020).

## 5.2. La ensenada de Palos y su registro sedimentario.

El Estero de la Fontanilla se localiza en el margen izquierdo del río Tinto (Fig. 4) unos 4 Km antes de su confluencia con el río Odiel. Este entrante se prolonga tierra adentro unos 600 m hacia el ESE formando el límite norte de la actual Palos de la Frontera. La ensenada se encuentra en una zona baja, separado de la urbe por un relieve escarpado asociado al paloeacantilado flandriense (Pozo et al., 1996). El estero conecta con un sistema de laderas-vaguadas que lo encajan por los flancos Norte y Sur.

Geológicamente, los materiales que constituyen el entorno de Palos proceden del relleno Neógeno y Cuaternario de la depresión inferior del Guadalquivir, formado por depósitos marinos que abarcan los últimos 12 millones de años. La depresión del Guadalquivir constituía un gran entrante marino que tras su emersión progresiva dejó expuesto materiales conglomeráticos asociados a la dinámica fluvial. Las fluctuaciones del nivel del mar en los últimos miles de años dieron lugar a la configuración actual de este sector, pudiendo diferenciar a grandes rasgos las siguientes formaciones geológicas (Fig. 54), las cuales han sido descritas ampliamente en el capítulo anterior.

De muro a techo, el entorno del área de estudio está constituido por la *Formación Niebla* (*Tortoniense superior*, 8-7 millones de años) que no aflora en las proximidades de Palos de la Frontera, sino a unos 20 Km al norte en una banda que se extiende en dirección E-O. Por encima, encontramos la *Formación Arcillas de Gibraleón* (*Messiniense*, 8-5 millones de años) que puede observarse en la base de los acantilados que limitan las marismas del Tinto en su margen izquierdo. En este periodo la invasión marina alcanzó su mayor profundidad. Suprayacente se dispone la *Formación Arenas de Huelva* (*Plioceno inferior*, 5-3,5 millones de años) que aflora ampliamente por todo el entorno de Palos, formando una banda que se extiende hacia el NE por la margen izquierda del Tinto y continúa al otro lado del río en los cabezos de Huelva. Por último, a techo se encuentra la *Formación Arenas de Bonares* (*Plioceno Superior*, 3 millones de años) que esta superpuesta a la formación anterior, aflorando ampliamente en el entorno de Palos y extendiéndose hacia el NE (Rodríguez-Vidal et al., 2020 a).

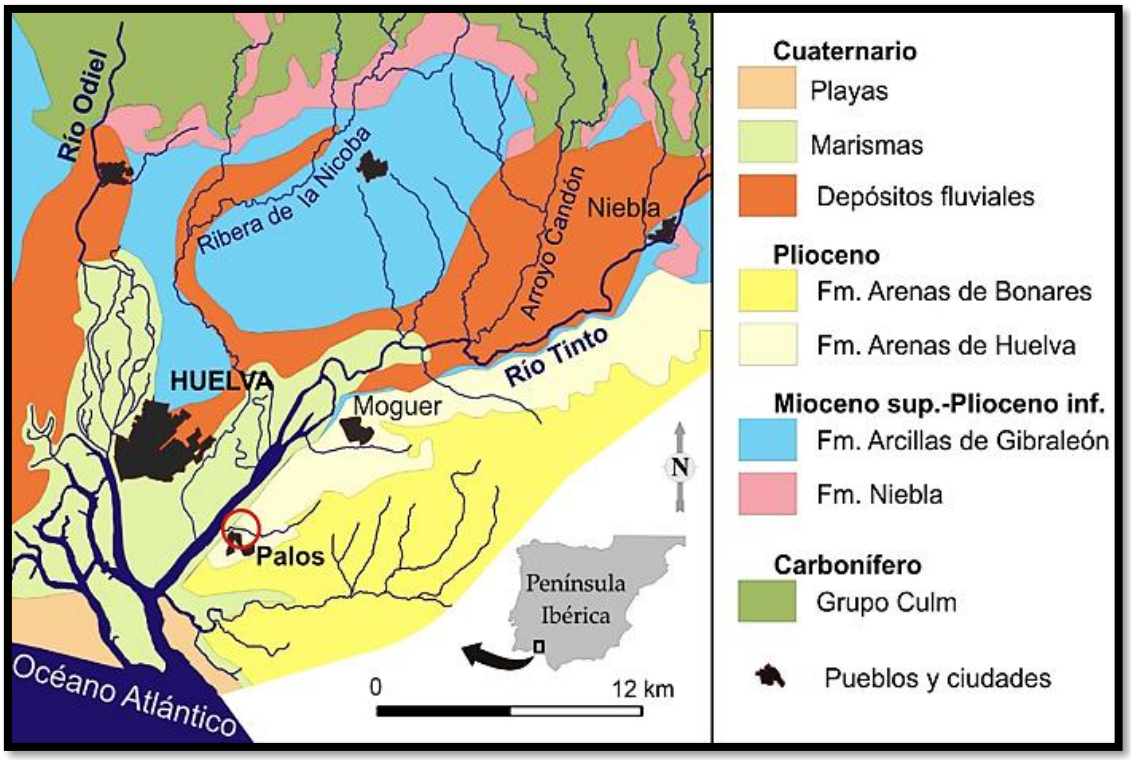



***Figura 54:*** *Cartografía geológica sintética del área de estudio (Rodríguez-Vidal et al., 2020 a).*

La paulatina retirada del nivel del mar provocó el comienzo de la organización de la red fluvial (Pendón y Rodríguez-Vidal, 1986) dejando depósitos formados por gravas, arenas y conglomerados que coronan y erosionan las formaciones anteriores.

Durante el Cuaternario (últimos 2,8 millones de años) la red fluvial se encaja con direcciones ENE-OSO y se desplaza progresivamente hacia el SE dejando amplias terrazas fluviales en la margen derecha (Rodríguez-Vidal et al., 1993 b). Esta migración de la red fluvial es la responsable de que no se encuentren restos de terrazas del Tinto en su margen izquierda, sino que solo sean observables en la margen derecha, en el entorno de Niebla-Villarrasa (Cáceres y Rodríguez-Vidal, 2008). En este periodo tienen lugar distintos ciclos glaciares e interglaciares que provocaron cambios ambientales y fluctuaciones del nivel marino. La ensenada de Palos se vio afectada por los efectos de la última transgresión marina (Flandriense, hace 6.500-5.300 años), provocando su colmatación. Los materiales que forman este relleno comprenden el objeto del este estudio y temporalmente abarcan la casi totalidad del Holoceno.

Como ya se ha hecho mención en el apartado anterior, las fuentes literarias y los proyectos de investigación llevados a cabo en la ensenada sitúan el puerto histórico de Palos en este enclave. A parte del estudio y ubicación de las estructuras portuarias, otro de los principales objetivos de estos proyectos consistían en su caracterización geológica. En primera instancia para conocer los calados del estero y aportar información sobre la navegabilidad de éste, así como aportar datos sobre su evolución natural, haciendo especial mención al periodo colombino.

En el desarrollo de las investigaciones que tuvieron lugar entre 2013 y 2019, se abordó su estudio geológico, realizando una serie de sondeos en distintos puntos de la ensenada. Se realizaron un total de 7 sondeos de rotación con recuperación de testigos continuo, con el fin del obtener información sobre la distribución espacial de los materiales que rellenan la ensenada, reconstruir su paleopaisaje y definir su morfología y dimensiones (Fig. 55).

Las perforaciones se dispusieron de manera que seccionaran la ensenada tanto transversal como longitudinalmente. De todos los sondeos se seleccionaron tres en puntos estratégicos para obtener una aproximación representativa de la geología del estero (Fig. 56). El sondeo 2 (HUPP-16-2) cuenta con una profundidad de 18 m y se localiza justo frente al edificio más importante del entramado portuario, la alota, que contiene información sobre el calado del propio puerto; el sondeo 5 (HUPP-16-5) y sondeo 4 (HUPP-16-4) de 20,5 m y

7,5 m de profundidad respectivamente se sitúan más alejados de las instalaciones portuarias y hacia el exterior de la ensenada aportan datos sobre las condiciones paleoambientales regionales del río Tinto. Todos ellos presentan una cota absoluta de unos 3 m sobre el nivel del mar aproximadamente. El resto de los sondeos de la ensenada se encuentran actualmente en fase de estudio.




***Figura 55:*** *Localización de los sondeos en la ensenada de Palos de la Frontera.*

Como se introdujo en el primer capítulo de esta memoria, se levantaron los perfiles estratigráficos (Fig. 56) y tomaron 96 muestras brutas; las cuales se subdividieron para la realización de análisis granulométricos, micropaleontológicos, geoquímicos, dataciones radiométricas-AMS y análisis del registro polínico de los que se exponen sus resultados a continuación (Rodríguez-Vidal, et al., 2019, 2020 a).

**Análisis Granulométrico.** Los resultados granulométricos (Anexo IV) muestran las variaciones texturales de cada uno de los sondeos estudiados en función del contenido en gravas, arenas, limos y arcillas de cada una de las muestras tomadas para este propósito.

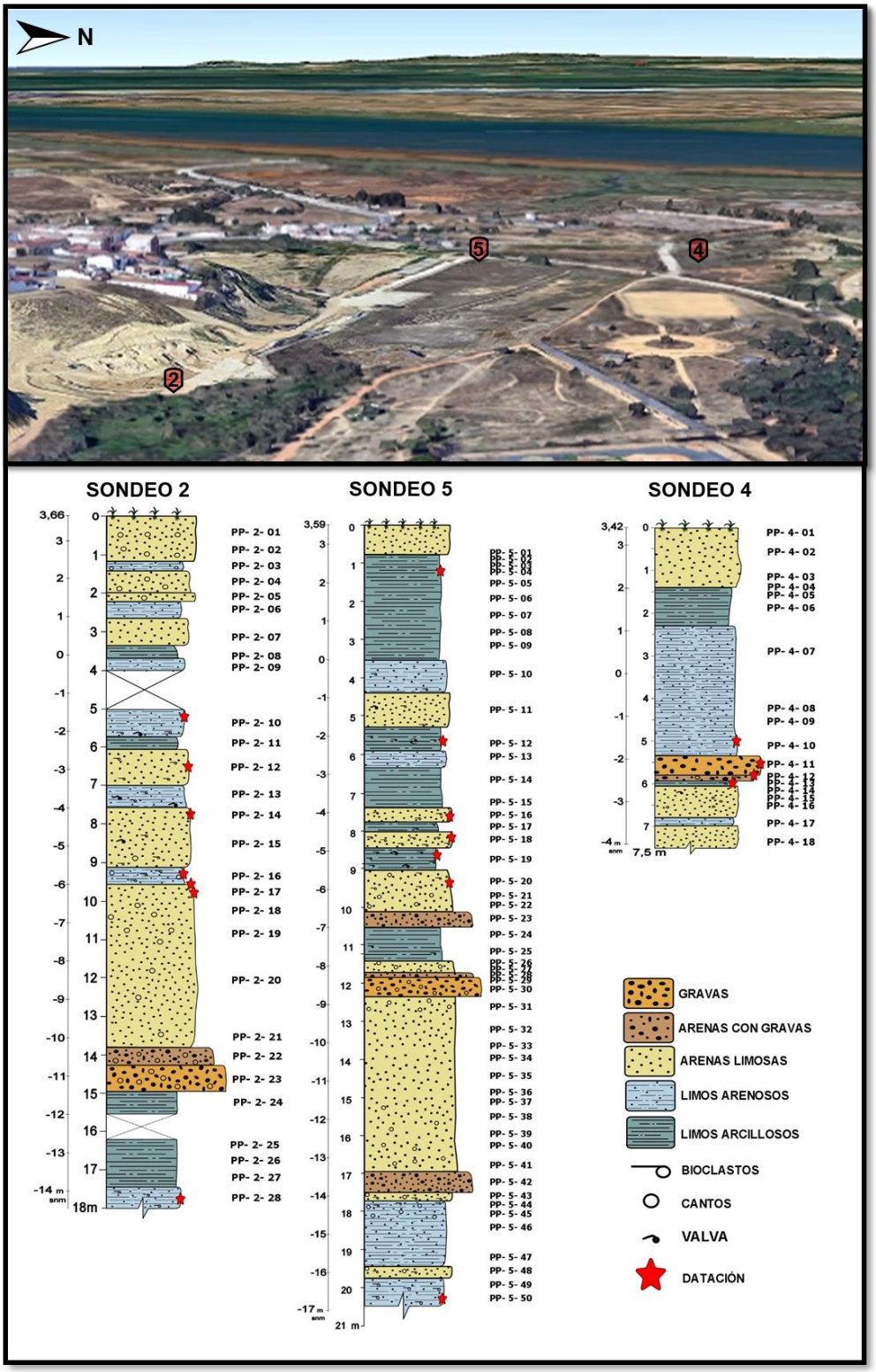



***Figura 56:*** *Localización geográfica local y representación litoestratigráfica de los sondeos estudiados.*

El sondeo 2 (Fig. 57) presenta una columna monótona, ya que al situarse en el interior del estero la influencia marina es bastante limitada. En general muestra un contenido elevado de limos arenosos de colores pardos oscuros, que son interrumpidos en dos tramos en los que aumenta el tamaño de grano a gravas. El primero de ellos se localiza en torno a los 14,5 m de profundidad y cuenta con la presencia de cantos de cuarzo subredondeados de entre 4 y 6 cm de diámetro que a techo van disminuyendo su tamaño (0,8-1,5 cm) y concentración. Seguidamente entre los 11 y 10 m de profundidad encontramos un segundo nivel de gravas con mayor contenido en arenas que en el tramo anterior y con cantos de cuarzo de entre 0,5-1 cm de diámetro.

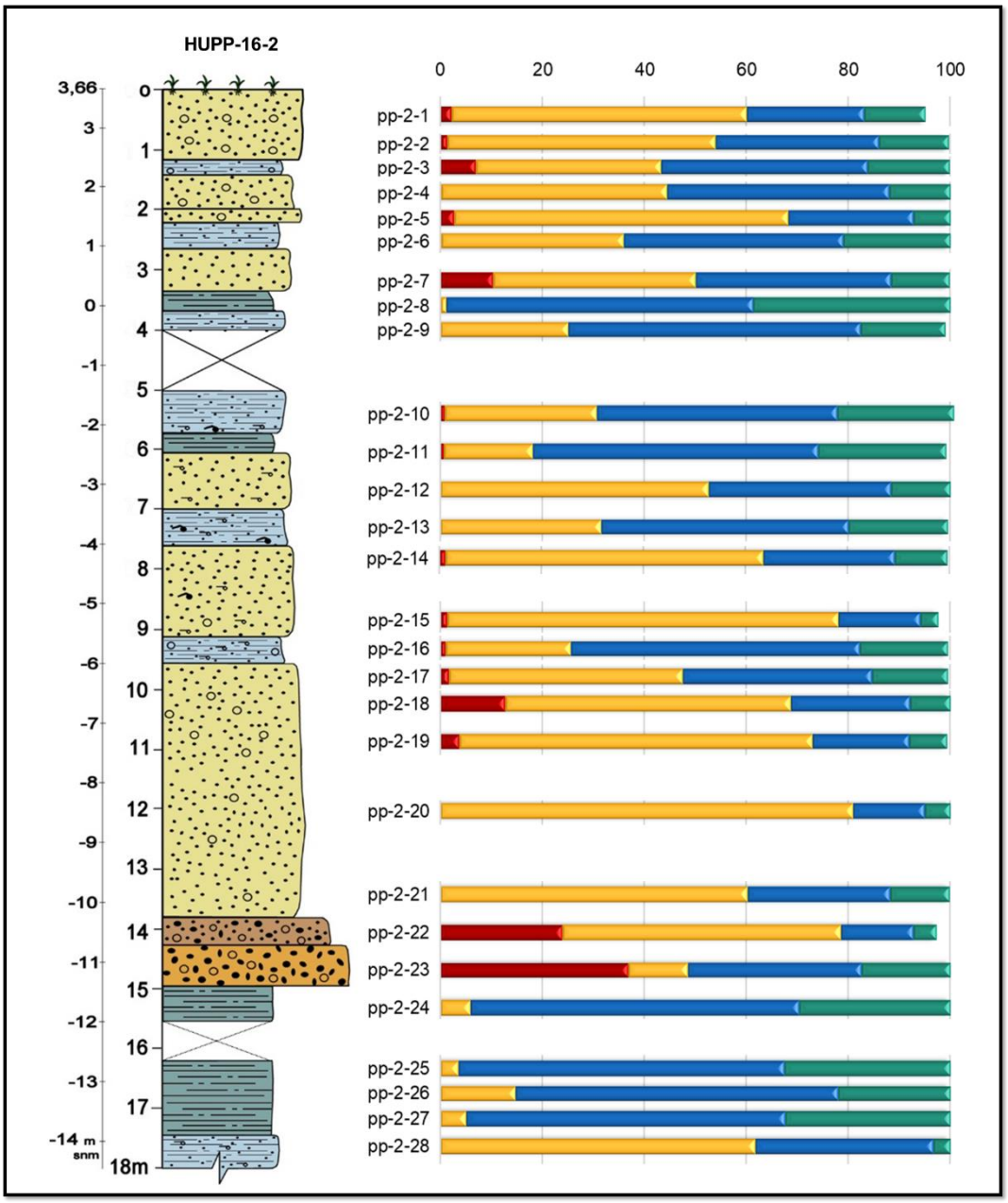



***Figura 57:*** *Análisis granulométrico del sondeo 2.*

Hacia techo encontramos ocho metros de limos arenosos de color pardo, de los cuales entre los 10 y 6 m de profundidad presentan abundantes fragmentos milimétricos de carbón, restos de raíces y cantos milimétricos de cuarzo, además de restos bioclásticos. Por último, ya a nivel sub-superficial, en torno a los 2,5- 1 m de profundidad aparecen pequeños fragmentos cerámicos.

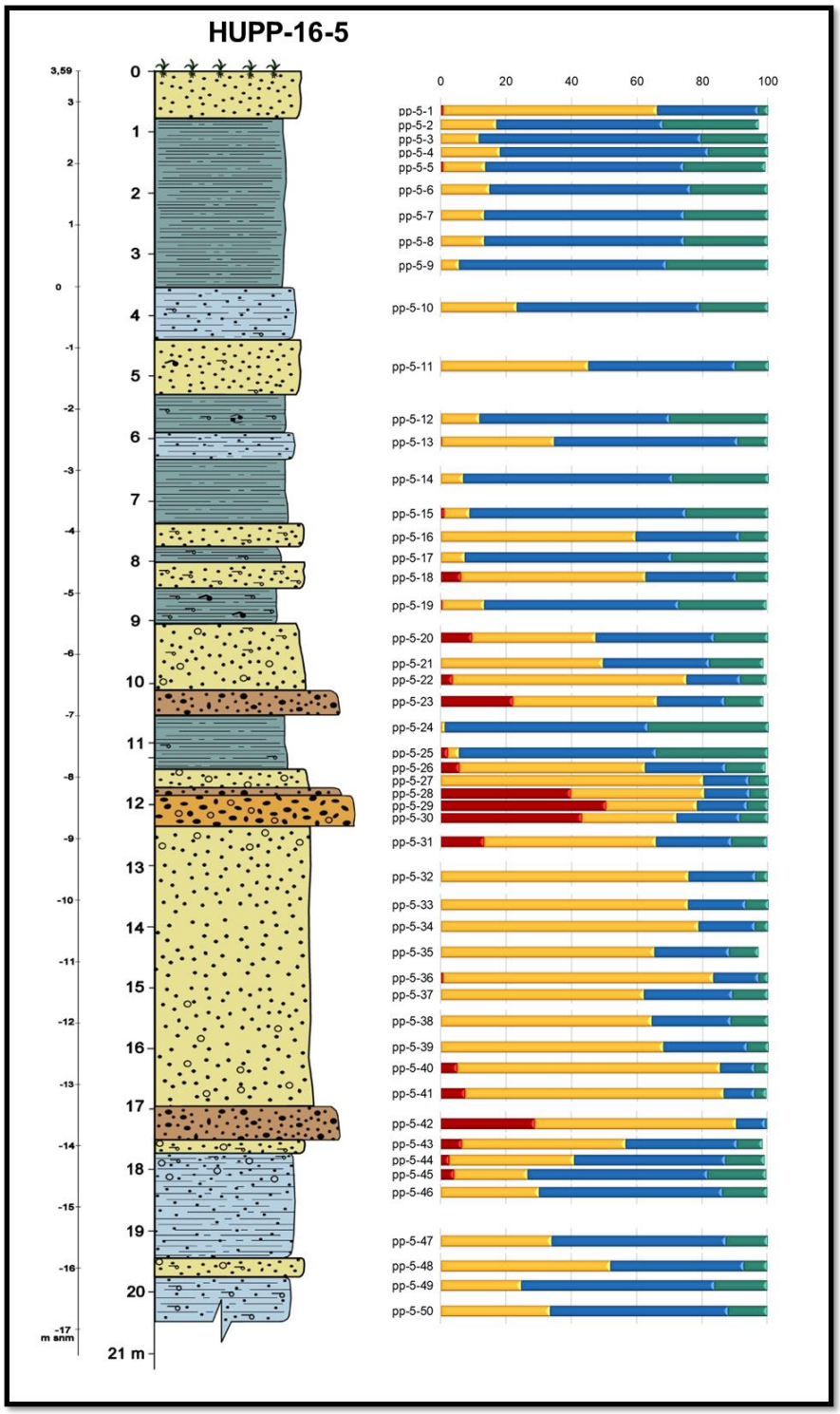



***Figura 58:*** *Análisis granulométrico del sondeo 5.*

El sondeo 5 (Fig. 58) puede dividirse en dos tramos claramente diferenciados. La base del sondeo está constituida por limos arcillosos. Sobre ellos, entre los 18 m y los 7,5 m encontramos el primer tramo dominado por las arenas que en su parte inferior contienen cantos de cuarzo milimétricos cuya presencia se reduce hacia los 15 m de profundidad y vuelven a aparecer entre los 13 y 10 m con tamaños centimétricos. Esta tendencia cambia completamente hacia el techo del sondeo pasando a estar dominado por los limos arcillosos. En el tramo arenoso también encontramos fragmentos milimétricos de carbón y fragmentos bioclásticos entre los 9 y 5 m de profundidad. Las gravas solo se aprecian en menos de la mitad de las muestras, representando en su mayoría un porcentaje inferior al 10 % del total de cada muestra. Hacia los 12 m de profundidad destacan las muestras 28 a 30 que contienen más de un 30 % de gravas.

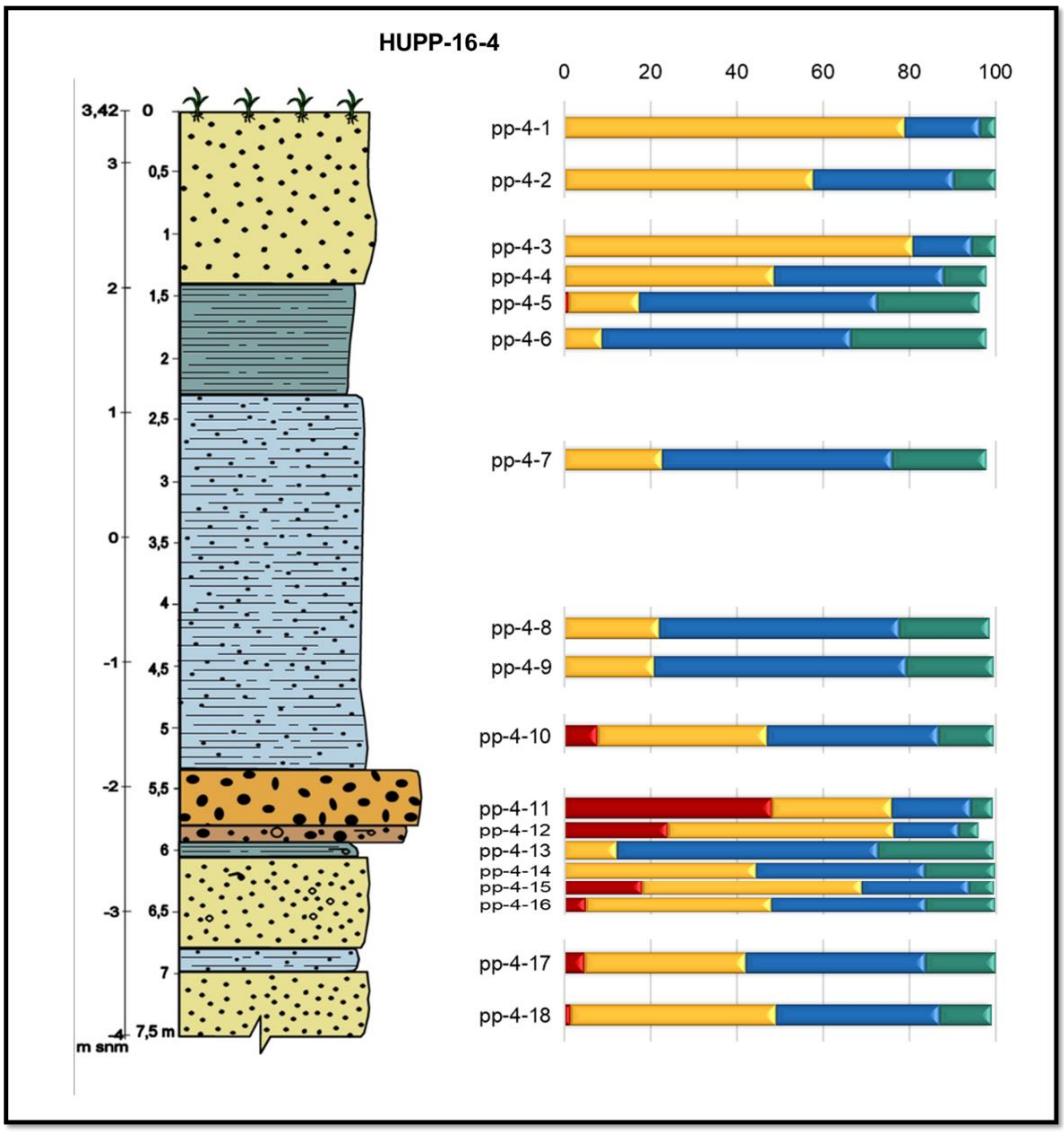



***Figura 59:*** *Análisis granulométrico del sondeo 4.*

Por último, el sondeo 4 (Fig. 59) compuesto desde su base hasta los 5 m de profundidad por arenas con niveles de limos arenosos y arcillosos e intercalaciones de gravas y arenas con gravas. Este tramo también contiene restos de raíces, fragmentos milimétricos de carbón, valvas desarticuladas de moluscos, fragmentos bioclásticos y cantos de cuarzo. El siguiente tramo localizado entre los 5 y 1,5 m de profundidad, lo componen limos arcillosos con abundantes restos carbonosos y vegetales. Seguidamente hacia techo se observan arenas y arenas limosas con una escasa presencia de restos vegetales.

**Análisis Micropaleontológico.** Otro de los análisis llevado a cabo durante este estudio ha sido el análisis micropaleontológico de foraminíferos y ostrácodos que pueden determinar las condiciones ambientales de cada una de las formaciones muestreadas, así como contribuir a la caracterización del entorno natural. Para ello se tomaron 68 muestras entre los 3 sondeos, cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas. Una tendencia general a lo largo de los 3 sondeos es que parece haber una correlación entre el tamaño de grano y el número de individuos y especies, siendo menores en los niveles limo-arcillosos y aumentando en caso de arenas limosas y arenas con gravas.

En el sondeo 2 se estudiaron 24 muestras, de las cuales solo 11 presentaron contenido micropaleontológico, identificándose 52 especies entre 697 ejemplares. También cuenta con la presencia de fragmentos de bivalvos pertenecientes a la familia *Pectinidae*, gasterópodos y escafópodos hacia el tramo intermedio de la columna.

Como podemos observan en la tabla (Tabla. 11) las muestras localizadas en la base del sondeo (28- 27- 25- 24) cuentan con una gran diversidad de especies entre las que destacan: *Heterolepa bellincionii, Ammonia inflata, Brizalina catanensis, Brizalina spathulata, Bulimina elongata y Marginulina costata.* Por encima de estas, hacia el nivel de gravas (Muestra 23) disminuye la diversidad de especies, distinguiendo *Fursenkoina schreibersiana, Nonion. commune y B. elongata* como las más representativas y no hay evidencias de macrofauna. Hacia la muestra 20, conviven *Ammonia. beccarii y N. commune*. A techo, las

muestras 19 y 18 no cuentan con microfauna, aunque sí que encontramos restos de bivalvos (*Peronidia albicans, Venerupis sp.*) y gasterópodos como *Peringia ulvae.* A partir de los 10 m de profundidad no encontramos registro microfaunistico. En este tramo, la malacofauna está representada por bivalvos frecuentes de *Cerastoderma edule* y *Cerastoderma glaucum*. El gasterópodo más abundante es *Peringia ulvae*. *Entre* los 7,5 y 5,5 m de profundidad (Muestras 13-12-10) encontramos *Ammonia tepida, Haynesina germanica, Haynesina depressula y N. commune.* Por último, hacia el techo del sondeo (Muestras 4-3) aumenta de nuevo la diversidad de especies, siendo *A. inflata*, *A. beccarii, N. commune* las más presentes (Arroyo, 2019).

| SONDEO HUPP-16-2 | 28 | 27 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 15 | 14 | 13 | 12 | 10 | 9 | 8 | 6 | 5 | 4 | 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Lenticulina calcar* | 5 | 4 | 2 | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| *L. inornata* | | 4 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *L. cultrata* | 1 | | 1 | 10 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| *Heterolepa bellincionii* | 7 | 8 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 3 |
| *Marginulina costata* | 6 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| *M. glabra* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| *Ammonia inflata* | 6 | 13 | 3 | 14 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 7 |
| *A. beccarii* | | | 6 | 3 | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | 17 | 8 |
| *A. tepida* | | | | | | | | | | | | | | 31 | 10 | 14 | | | | | | |
| *Haynesina germanica* | | | | | | | | | | | | | | 19 | 3 | 1 | | | | | | |
| *H. depressula* | | | | | | | | | | | | | | 17 | 5 | 2 | | | | | | |
| *Bulimina elongata* | 5 | 3 | 8 | 24 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 2 |
| *B. costata* | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Textularia aglutinans* | 5 | 7 | 2 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| *T. rugosa* | 1 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 1 |
| *Martinottiella communis* | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Nonion commune* | 4 | 5 | 7 | 14 | 4 | | | 2 | | | | | | | | 3 | | | | | 38 | 15 |
| *Elphidium williamsoni* | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Vaginulina striatissima* | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Pullenia bulloides* | 3 | 7 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Brizalina spathulata* | 1 | 3 | | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 |
| *B. catanensis* | 2 | 9 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| *B. alata* | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Globobulimina auriculata* | 2 | | | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| *Sphaeroidina bulloides* | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Hansenisca soldanii* | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cancris auriculus* | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| *Orthomorphina tenuicostata* | 2 | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | |
| *Amphicorina scalaris* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 1 |
| *Dentalina communis* | 3 | 4 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cassidulina laevigata* | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *C. carinata* | 1 | 6 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Uvigerina peregrina* | | 1 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Hopkinsina bononiensis* | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Fursenkoina schreibersiana* | | | | 8 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *F. squammosa* | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Valvulineria bradyana* | | 3 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Total Foraminíferos Bentónicos** | **65** | **93** | **86** | **128** | **15** | | | **4** | | | | | | **67** | **18** | **20** | | | | | **95** | **45** |
| **FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Orbulina universa* | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Globgerina bulloides* | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Neogloboquadrina obesa* | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *N. pseudobesa* | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *N. pachyderma* | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Globigerinoides trilobus* | | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| *G. conglobatus* | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Globorotalia scitula* | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Total Foraminíferos Plantónicos** | **4** | **4** | **7** | **1** | **0** | | | | | | | | | | | | | | | | **2** | |
| **Total Foraminíferos** | **69** | **97** | **93** | **129** | **15** | **0** | **0** | **4** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **67** | **18** | **20** | **0** | **0** | **0** | **0** | **97** | **45** |
| **OSTRÁCODOS** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Ruggieria tetraptera* | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cytherelloidea cf. C. cruciata* | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cytherella vulgata* | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Costa edwardsii* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| *Cyprideis torosa* | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | | | | | | |
| *Loxoconcha elliptica* | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | | | | | | |
| *Leptocythere castanea* | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | | | | | | |
| **Total Ostrácodos** | **0** | **2** | **2** | **1** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **33** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **1** |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **OTROS RESTOS** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Espículas de Equinoideos | A | F | F | F | E | | | E | | | | | | F | F | | | | | | A | F |
| Fragmentos de Moluscos | | | | | | | A | F | | E | A | A | F | F | A | F | | | E | A | A | A |
| Restos vegetales | | | | | | F | A | A | F | E | A | A | A | E | F | A | F | E | F | E | F | E |
| A: Abundante; F: Frecuente; E: Escaso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

***Tabla. 11:*** *Número de individuos de cada una se las especies identificadas en el sondeo 2.*

Respecto a las especies de ostrácodos, solo se han manifestado en las muestras 27- 25- 24- 10 y 3, siendo *Cyprideis torosa, Loxoconcha elliptica y Leptocythere castanea* las más abundantes.

Para el sondeo 5, se tomaron 28 muestras de las que solo 15 de ellas cuentan con la presencia de microfósiles (Tabla. 12). Se han determinado un total de 742 individuos repartidos entre 42 especies de foraminíferos y ostrácodos (Arroyo, 2019). Respecto a la macrofauna, entre las muestras 20 y 11 aparecen numerosos fragmentos y algunos ejemplares completos de bivalvos (*C. edule, C. glaucum* y ostreidos), así como gasterópodos (*Bittium reticulatum, P. ulvae y Rissoa sp.)* y escafópodos.

Las muestras localizadas hacia la base del sondeo (50- 47– 46– 45- 43) cuentan con una gran variedad de especies. *B. elongata*, *N. commune*, *Lenticulina. cultrata*, *F. schreibersiana*, *Lenticulina. calcar*, *A. inflata*, *B. spathulata* y *M. costata* son las especies más representativas.

| SONDEO HUPP-16-5 | 50 | 47 | 46 | 45 | 43 | 40 | 36 | 35 | 29 | 25 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 5 | 3 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Lenticulina calcar* | 1 | 5 | 4 | 12 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *L. inornata* | 1 | | 4 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *L. cultrata* | 4 | 3 | 4 | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *L. curvisepta* | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Heterolepa bellincionii* | 1 | 6 | 7 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Marginulina costata* | | 3 | 10 | 9 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Ammonia inflata* | 4 | 12 | 11 | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *A. beccarii* | | | | 2 | | | | | | | | | 9 | | 4 | | | | | | | | | | |
| *A. tepida* | | | | | | | | | | | | 4 | 22 | | 25 | 35 | 17 | 20 | 10 | 7 | 8 | | | | |
| *Haynesina germanica* | | | | | | | | | | | | 1 | 3 | | 24 | 30 | 3 | 7 | 4 | 3 | 2 | | | | |
| *H. depressula* | | | | | | | | | | | | 3 | 5 | | 16 | 29 | 10 | 11 | 8 | 3 | 2 | | | | |
| *Bulimina elongata* | 2 | 24 | 11 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| *T.rugosa* | | 3 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Trochammina inflata* | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| *Dorothia gibbosa* | | | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Nonion commune* | 2 | 21 | 8 | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| *Elphidium advenum* | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| *E. williamsonii* | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| *E. macellum* | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | |
| *Melonis pompilioides* | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Vaginulina striatissima* | | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cibicidoides pseudoungerianus* | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Pullenia bulloides* | | 2 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Brizalina spathulata* | | 10 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *B. catanensis* | | 5 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Quinqueloculina seminulum* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| *Globobulimina auriculata* | | 3 | 5 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Hansenisca soldanii* | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Orthomorphina tenuicostata* | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| *Cassidulina carinata* | | 3 | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Hopkinsina bononiensis* | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Fursenkoina schreibersiana* | | 3 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Valvulineria bradyana* | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Total Foraminíferos Bentónicos** | **15** | **110** | **121** | **48** | **9** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **14** | **42** | **0** | **71** | **98** | **31** | **38** | **22** | **13** | **12** | **0** | **0** | **3** | **0** |
| **FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Orbulina universa* | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Globgerina bulloides* | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *G. obliquus* | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Total Foraminíferos Plantónicos** | **1** | | **3** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Total Foraminíferos** | **16** | **110** | **124** | **48** | **9** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **14** | **42** | **0** | **71** | **98** | **31** | **38** | **22** | **13** | **12** | **0** | **0** | **3** | **0** |
| **OSTRÁCODOS** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Cyprideis torosa* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | |
| *Cypridopsis vidua* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 |
| *Cytherois fischeri* | | | | | | | | | | | | | 3 | | 1 | | | | | | | | | | |
| *Ilyocypris gibba* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| *Leptocythere castanea* | | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | |
| *Loxoconcha elliptica* | | | | | | | | | | | | | 61 | | 3 | | | | | | 1 | | | | |
| **Total Ostrácodos** | | | | | | | | | | | | | **67** | | **4** | | | | | | **1** | | **1** | | **18** |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **OTROS RESTOS** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Espículas de Equinoideos | A | A | A | A | A | | | | E | F | F | A | A | A | A | | A | A | E | E | | | | | |
| Fragmentos de Moluscos | | F | E | A | E | | | | E | F | F | A | A | A | A | | A | A | A | A | | | | | |
| Restos vegetales | | | | | | E | E | E | E | | F | A | A | A | A | A | A | F | A | A | A | F | | A | A |
| A: Abundante; F: Frecuente; E: Escaso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

***Tabla. 12:*** *Número de individuos de cada una se las especies identificadas en el sondeo 5.*

Hacia techo del sondeo, el número de especies presentes disminuye sustancialmente. Las muestras 20 y 19 se caracterizan por la aparición de *Trochammina. inflata*. Desde la muestra 20 a la 10, el tramo correspondiente a la alternancia de limos y arenas limosas está dominado por la presencia de *A. tepida*, *H. germánica* y *H. depressula*

Respecto al contenido en ostrácodos, la concentración más alta de individuos se encuentra en la muestra 19. En cuanto a la abundancia de especies, las más representativas son *L. elliptica* y *C. vidua*.

| SONDEO HUPP-16-4 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 7 | 6 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS** | | | | | | | | | | |
| *Triloculina oblonga* | | | | | | 2 | | | | |
| *Lagena costata* | | | | | | 5 | 1 | | | |
| *Lenticulina calcar* | | | | | 1 | | | | | |
| *L. inornata* | | | | | 1 | 3 | | | | |
| *L. rotulata* | | | | | | 3 | | | | |
| *Marginulina costata* | | 1 | | | 1 | 12 | | | | |
| *Amphicorina scalaris* | | | | | 1 | 7 | 5 | | | |
| *Ammonia beccarii* | | | 2 | | 26 | 147 | 46 | | | |
| *A. tepida* | 2 | 4 | 5 | 1 | 24 | 470 | 500 | | | |
| *Bolivina punctata* | | | | | | 2 | 1 | | | |
| *Bulimina costata* | | | | | | 2 | 1 | | | |
| *Bulimina elongata* | | | | | 1 | 60 | 6 | | | |
| *Brizalina alata* | | | | | | 3 | | | | |
| *B. spathulata* | | | | | | 3 | | | | |
| *Cancris auriculus* | | | 1 | | 3 | 2 | 2 | | | |
| *Cassidulina carinata* | | | | | 1 | 8 | 1 | | | |
| *Cornospira involvens* | | | 1 | | | | 1 | | | |
| *Elphidium advenum* | | | | | | 29 | 4 | | | |
| *Fursenkoina schreibersiana* | | 1 | | | 1 | 21 | 3 | | | |
| *Globobulimina affinis* | | | | | 2 | 26 | 8 | | | |
| *G. auriculata* | | | | | | 1 | | | | |
| *Globocaassidulina subglobosa* | | | | | | | 1 | | | |
| *G. oblonga* | | | | | | 4 | | | | |
| *Gyroidina soldanii* | | | | | | 2 | | | | |
| *Haynesina depressula* | | | | | 5 | 17 | 16 | | | |
| *H. germanica* | | | | | 2 | 51 | 24 | | | |
| *Heterolepa bellincionii* | | | 1 | | 9 | 9 | | | | |
| *Hopkinsina bononiensis* | | | | | | 1 | | | | |
| *Melonis soldanii* | | | | | | | 30 | | | |
| *Nonion commune* | | 2 | | | 6 | 149 | 19 | | | |
| *Uvigerina mediterranea* | | | | | | 1 | | | | |
| *Jadammina macrescens* | | | | | | | | | | 1 |
| *Textularia sp* | | | | | | 1 | 1 | | | |
| *T. sagittula* | | | | | | 3 | | | | |
| *Trochammina inflata* | | | | | | | | 4 | 6 | |
| **Total Foraminíferos Bentónicos** | **2** | **8** | **10** | **1** | **84** | **1044** | **670** | **4** | **6** | **1** |
| **FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS** | | | | | | | | | | |
| *Orbulina universa* | | | 1 | | | 3 | | | | |
| *Globgerina bulloides* | | | | | | 2 | | | | |
| *Globigerinoides trilobus* | | | 1 | | | 2 | | | | |
| **Total Foraminíferos Plantónicos** | | | **2** | | | **7** | | | | |
| **Total Foraminíferos** | **2** | **8** | **12** | **1** | **84** | **1051** | **670** | **4** | **6** | **1** |
| **OSTRÁCODOS** | | | | | | | | | | |
| *Leptocythere pellucida* | | | | | | 1 | | | | |
| *Loxoconcha rhomboidea* | | | | | | 1 | | | | |
| **Total Ostrácodos** | | | | | | **2** | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| **OTROS RESTOS** | | | | | | | | | | |
| Espículas de Equinoideos | | | X | X | X | X | X | | | |
| Fragmentos de Moluscos | | | X | X | X | X | X | | | |
| Restos vegetales | | | | X | | | X | X | X | X |

***Tabla. 13:*** *Número de individuos de cada una se las especies identificadas en el sondeo 4.*

Por último, para el sondeo 4 del que se han tomado 15 muestras, aunque solo 10 de ellas presentan microfósiles (Tabla. 13). Se han determinado un total de 1841 individuos distribuidos en 42 especies de foraminíferos y ostrácodos. La mayoría de las muestras cuentan con fragmentos de bivalvos y gasterópodos similares a los del sondeo 5, así como espículas de equinodermos, fragmentos vegetales y carbón.

La concentración y diversidad de especies de foraminíferos es variable a lo largo de toda la columna. Cabe destacar que en el tramo correspondiente entre las muestras 15 y 10, los foraminíferos proceden de la erosión de los materiales neógenos de la *Fm. Arenas de Huelva* (Rodríguez-Vidal et al., 2019).

Las muestras del muro del sondeo correspondientes con arenas limosas y limos arcillosos se caracterizan por la aparición frecuente de *A. tepida*. La muestra 12 formada por arenas con gravas presenta una mayor diversidad de especies, siendo *A. beccarii*, *A. tepida*, *H. bellincionii*, *y N. commune* las más representativas. En el nivel de gravas superior correspondiente a la muestra 11, destacan *B. elongata*, *F. schreibersiana*, *G. affinis*, *N. commune*, *A. beccarii*, *A. tepida*, *Elphidium. advenum*, *H. depressula*, y *H. germánica*. En el nivel superior (Muestra 10) además de estas especies encontramos *Melonis. soldanii*. Por último, en los niveles de limos arcillosos hacia el centro y parte superior del sondeo, se reduce drásticamente tanto la diversidad como la abundancia de especies, encontrando únicamente *T. inflata* y *Jadammina. macrescens* (Arroyo, 2019).

En cuanto al contenido de ostrácodos, se han determinado dos ejemplares de *Loxoconcha. rhomboidea* y *Leptocythere pellucida* en la muestra 11 perteneciente al nivel de gravas.

**Análisis Geoquímico.** Este estudio ha sido realizado en 78 muestras repartidas entre los 3 sondeos. Se han obtenido datos sobre las concentraciones de distintos elementos químicos entre los que destacan Al, Ca, Fe, K, Mg y S como elementos mayores y As, Cu y Pb como elementos traza. Las variaciones de concentración de estos elementos en cada sondeo pueden observarse en los siguientes gráficos (Anexo IV:). Hay que tener en cuenta que las variaciones

generales de los elementos están condicionadas por la litología. Los sedimentos arenosos, al tener una mayor permeabilidad, presentan concentraciones más bajas que las que se registran en las muestras con mayor contenido en arcillas.

En el caso del sondeo 2 las gráficas de los distintos elementos son relativamente similares entre sí. Los elementos que mayor rango de concentración presentan son Al (2,5- 9%), Ca (0,5- 8,9%) y Fe (0,9- 5%). Respecto a los resultados de los elementos minoritarios, las gráficas muestran que las concentraciones de As, Cu y Pb (<20 mg/Kg) se mantienen más o menos estables durante la mayor parte del sondeo. Llama la atención los picos localizados a los 6 m (As <20 mg/Kg, Cu <50 mg/Kg y Pb <30 mg/Kg) y 3,5 m (As <80 mg/Kg, Cu <110 mg/Kg y Pb <160 mg/Kg) de profundidad, en los que las concentraciones aumentan considerablemente.

El sondeo 5 presenta unos rangos de concentraciones de Al (3,5- 8,8%), Ca (0,35- 7%), Fe (1,5- 5,5%), K (1,9- 3%), Mg (0,8- 1,5%) y S (0,03- 2,08%). En este sondeo destaca que las mínimas concentraciones son algo más elevadas que en el caso del sondeo cercano a las estructuras portuarias (Sondeo 2). Respecto a los elementos traza, las concentraciones de As y Pb en la parte baja de la columna son inferiores a 11,5 mg/Kg, mientras que el Cu presenta un rango entre 8,3 y 15,1 mg/Kg. Hacia la mitad superior de la columna, volvemos a encontrar 2 picos. El inferior se encuentra a los 6 m, representado por As (< 50 mg/Kg), Cu (< 255 mg/Kg) y Pb (< 165 mg/Kg), cuyos valores son considerablemente más elevados que los que tenemos en el sondeo 2 a la misma altura. Por último, hacia techo, en torno a los 2 m de profundidad, destacan los valores de Pb (< 480 mg/Kg) y As (< 190 mg/Kg). En el caso del Cu, su máxima concentración (1893,2 mg/Kg) la encontramos medio metro por encima del pico definido por el As y el Pb, a 1,6 m de profundidad.

Respecto al sondeo localizado en la bocana de la ensenada, (Sondeo 4) podemos observar como en el tramo basal entre los 7,5 y 6 m de profundidad, las concentraciones de S y Ca son mínimas (entre 0,05 y 0, 16%). Del resto de los elementos principales destacan el Al (7,71%) y el Fe (3,66%) como los más presentes para este tramo. Hacia el techo de la columna, destaca el Ca como único elemento que disminuye su concentración hasta valores inferiores al 1%. En el caso de los elemento traza, observamos 3 picos comunes en las gráficas

de As, Cu y Pb a los 6 m (As- 27,3 mg/Kg; Cu- 39 mg/Kg; Pb- 74,1 mg/Kg), a los 4,2 m (As- 30,1 mg/Kg; Cu- 51,8 mg/Kg; Pb- 46,9 mg/Kg), y a los 1,4 m de profundidad (As- 43,8 mg/Kg; Cu- 284,4 mg/Kg; Pb- 98 mg/Kg).

**Análisis polínico y macrorrestos.** El estudio del polen (Ruiz-Zapata et al., 2020) solo ha sido realizado en el sondeo 2, del que se tomaron un total de 61 muestras. Se han identificado 45 taxones (Anexo IV), de los que 12 son arbóreos (*Pinus, Betula, Castanea, Corylus, Juglans, Quercus tipo caducifolio (-c), Quercus tipo perennifolio (-p), Olea, Alnus, Fraxinus, Ulmus, Cupressaceae*), 4 arbustivos (*Ericaceae, Calluna, Cistaceae y Rosaceae*) y 30 herbáceos (*Apiaceae, Artemisia, Asteraceae liguliflorae (L), Asteraceae tubuliflorae (T), Boraginaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Dipsacaceae, Ephedra, Fabaceae, Fumariaceae, Geraniaceae, Lamiaceae, Liliaceae, Malvaceae, Morus, Papaveraceae, Plantago, Poaceae, Polygonaceae, Rhamnaceae, Rubiaceae, Rumex, Sanguisorba, Saxifragaceae, Scrophulariaceae, Urtica, Violaceae, Vitis, Asphodelus*). Este conjunto de taxones es característico de unas condiciones mediterráneas, con una abundante disponibilidad de agua o una elevada tasa de humedad.

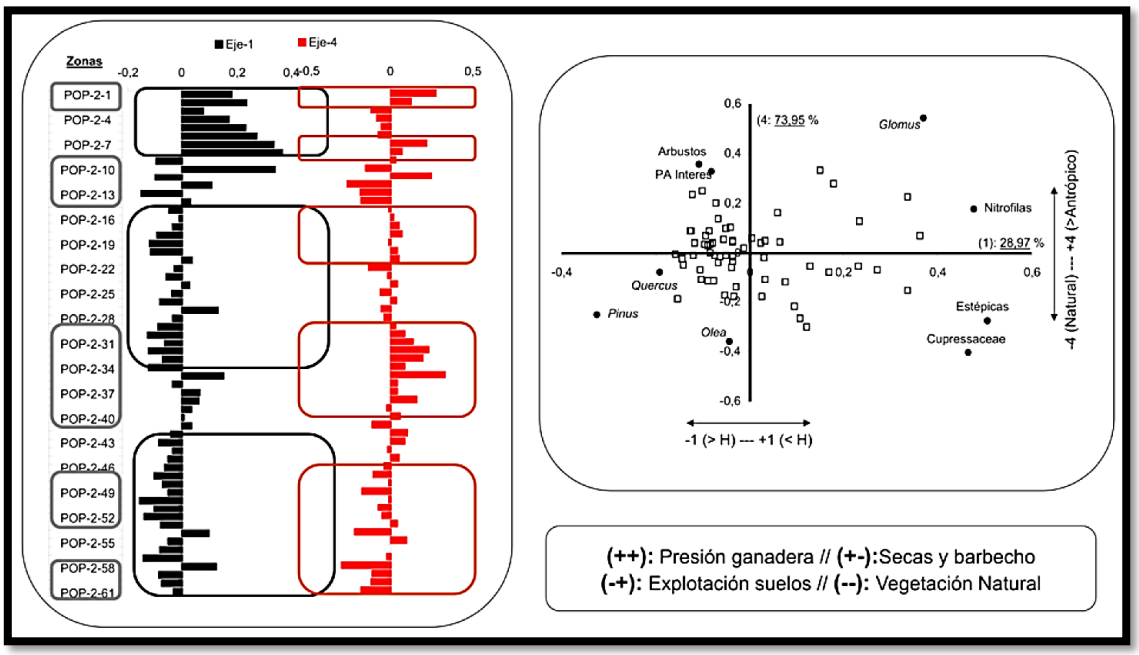



***Figura 60:*** *Análisis de componentes principales de las muestras y los grupos de vegetación establecidos en base al contenido polínico del sondeo 2 (Ruiz-Zapata et al., 2020).*

También ha sido posible la identificación de 4 elementos acuáticos (*Cyperaceae, Alisma, Ranunculaceae, Typha-M*) y Esporas (*Monoletas y Triletas*), que implica que debió existir cierto grado de humedad edáfica. Respecto a los palinomorfos no polínicos, se identificaron 20 tipos distintos, en función de la mayor (*T-315, T-332, T-355*) o menor (*T-3 B* y *T-16*) disponibilidad de agua, así como su relación con los procesos erosivos (*Concentriciste* o *Pseudoschizaea circula*) y de desforestación (*Glomus fasciculatum* o tipo *T-207*).

Además, se han identificado palinomorfos que implican actividad antrópica (*Lemna* y *Riccia* o tipo *T-165*), de naturaleza coprófila, (tipos: *T-55 A* o *Sordaria, T-113* o *Sporormiella, T-368* o *Podospora*) y carbonícola, (*T-55 C* o *Neurospora*, *T-7 A* o *Chaetomium*), y tipologías que indican las condiciones tróficas del medio (caso de los tipos: *T-143, T-140, Arcella, T-170, T-172* y *T-181*).

Se realizó un análisis estadístico de los componentes principales (ACP) de todas las muestras con algunos de los taxones (*Pinus, Olea, Cupressaceae y Glomus*) y agrupaciones (*Quercus c-p, Arbustos, Nitrófilas y Estépicas*). Se han identificado nueve componentes principales, de los cuáles los cuatro primeros comprenden el 73,95% de la variabilidad de los datos (Fig. 60). El componente 1 (Eje-1) parece responder a las variaciones de la tasa de humedad, de forma que sobre los valores negativos se agrupan los elementos arbóreos, mientras que, sobre los valores positivos, se ubican las plantas estépicas, las nitrófilas y Glomus. El componente 4 (Eje-4), refleja la mayor o menor antropización del medio, agrupando sobre los valores positivos a las plantas nitrófilas y a los árboles de posible interés económico, frente a los valores negativos que agrupan Pinus, Quercus, Olea, Cupressaceae y plantas estépicas. Bajo esta perspectiva, cada grupo de muestras, alojadas en un cuadrante materializa la causa principal de la vegetación dominante. Con el fin de visualizar dichos aspectos, se ha representado el peso de cada componente para cada una de las muestras (Ruiz-Zapata et al., 2020).

Respecto al análisis de macrorestos paleobotánicos (Sánchez Hernando, 2020), a partir de las excavaciones arqueológicas, se obtuvieron numerosos restos de corteza de pino en el entorno de uno de los hornos del complejo alfarero. Las muestras de carbones son las más abundantes, tratándose de material muy fragmentado que en la mayoría de los casos no han sido posible su identificación

taxonómica. En el entorno del alfar, se hallaron restos de *Quercus cf suber* (alcornoque), restos de carbón y semillas de *Olea europea* (olivo). El uso energético de la madera de *Quercus* está contrastado a través de macrorrestos en la zona desde hace 3.000 años (Sánchez Hernando, 2005). En el interior de uno de los hornos se encontraron dos muestras del género *Pinus* (pino), que tipológicamente corresponde al grupo de pinos termófilos (*pinea, pinaster y halepensis*), además de carbones de *Vitis* (vid) y semillas de *Cistus sp.* (jara) (Sánchez Hernando, 2020).

| Lugar y código de muestra | Código de laboratorio | Tipo de muestra | δ $^{13}$C ‰ O | Edad $^{14}$C (Años BP) | Años calibrados BP IntCal/Marine13 (2 σ) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Sondeo 2** | | | | | |
| PP2-10-C | CNA-4262 | MO | -29,4 | -198 ± 28 | 0 |
| PP2-10-S | CNA-4263 | CM | -3,6 | 7744 ± 37 | 8320-8126 |
| PP2-12-C | CNA-4264 | MO | -24,5 | 5831 ± 33 | 4785-4604 |
| PP2-12-S | CNA-4284 | CM | 1,3 | 6291 ± 33 | 6846-6652 |
| PP2-14-C | CNA-4265 | MO | -29,0 | 6323 ± 31 | 5365-5221 |
| PP2-16-C | CNA-4266 | MO | -28,8 | 7263 ± 33 | 6218-6060 |
| PP2-16/17-C | CNA-4267 | MO | -22,2 | 7504 ± 33 | 6440-6257 |
| PP2-17-S | CNA-4268 | CM | -4,6 | 7996 ± 36 | 8534-8376 |
| PP2-28-S | CNA-4270 | CM | -1,3 | 54711 ± 4793 | >50000 |
| **Sondeo 4** | | | | | |
| PP4-10-S | CNA-4271 | CM | 1,6 | 6081 ± 33 | 6608-6409 |
| PP4-11-C | CNA-4272 | MO | -22,6 | 6467 ± 32 | 5483-5368 |
| PP4-12-S | CNA-4273 | CM | 1,2 | 7104 ± 35 | 7654-7505 |
| PP4-13-S | CNA-4274 | CM | -1,3 | 5428 ± 33 | 5892-5711 |
| **Sondeo 5** | | | | | |
| PP5-4-C | CNA4275 | MO | -24,4 | 6385 ± 33 | 5468-5311 |
| PP5-12-S | CNA-4276 | CM | -0,9 | 7500 ± 33 | 8040-7866 |
| PP5-16-C | CNA-4277 | MO | -26,7 | 6407 ± 32 | 5469-5325 |
| PP5-18-C | CNA-4278 | MO | -26,2 | 6993 ± 33 | 5982-5785 |
| PP5-19-S | CNA-4279 | CM | -0,4 | 5690 ± 30 | 6187-5990 |
| PP5-20-C | CNA-4280 | MO | -28,0 | 7437 ± 33 | 6392-6236 |
| PP5-20-S | CNA-4281 | CM | -2,5 | 7664 ± 36 | 8212-8006 |
| PP5-50-S | CNA-4283 | CM | -1,2 | 4568 ± 1568 | >50000-45862 |

***Tabla. 14:*** *Edades convencionales y calibradas de las muestras seleccionadas en los sondeos del estero de La Fontanilla, Palos de la Frontera. Laboratorio CNA: Centro Nacional de Aceleradores, Sevilla. MO: Materia Orgánica, CM: Concha Marina. Calibrado realizado por el Dr. Antonio Monge Soares, del Centro de Ciências e Tecnologías Nucleares de la Universidad de Lisboa. Las edades calibradas en años B.P. son antes del presente (Before Present), siendo presente el año 1950 de nuestra Era (Rodríguez-Vidal et al., 2020 a).*

**Dataciones.** Por último, se han realizado 21 dataciones entre los 3 sondeos (Tabla. 14) correspondientes a muestras de carbón y valvas de conchas marinas. Estas muestras fueron tomadas en función de su naturaleza y calidad, así como en base al nivel estratigráfico en el que se encontraban. Debemos tener en cuenta que la contaminación natural del medio afecta a las conchas marinas que se encuentran en sedimentos permanentemente sumergidos. Además, algunas de las fechas obtenidas han sido rechazadas, ya que presentan incongruencias respecto a la secuencia cronológica (Rodríguez-Vidal et al., 2020 a).

## 5.3. Cambios ambientales y uso del territorio.

Las reconstrucciones ambientales de testigos de sondeos suelen estar basadas en la fuerte relación que existe entre los medios sedimentarios y las asociaciones microfaunísticas. Por ello, para este estudio se utilizan análisis sedimentológicos, micropaleontológicos y dataciones radiocarbónicas, entre otros, para establecer una evolución temporal del relleno sedimentario de la ensenada colombina (Fig. 61). Además, esta correlación estratigráfica de los sondeos puede ponerse en conexión con el entramado histórico-arqueológico que altera parte del relleno de la ensenada.

El estudio micropaleontológico de las asociaciones de foraminíferos y ostrácodos presentes en los testigos, han sido determinantes en la caracterización cronológica de las formaciones sedimentarias, así como las condiciones físicas, químicas y biológicas del medio en el que fueron depositados. El sondeo 2 representa el relleno fluvio-marino de influencia continental y semi-protegido por los cabezos que se localizan en la bocana del estero, mientras que los sondeos 5 y 4 representan una zona de mezcla entre los aportes de origen fluvial y la influencia marina ejercida por las mareas que entraban por el río Tinto. Este registro sedimentario se ha agrupado en seis facies, correspondientes con seis fases distintas del relleno de la ensenada (Rodríguez-Vidal., 2020 a).

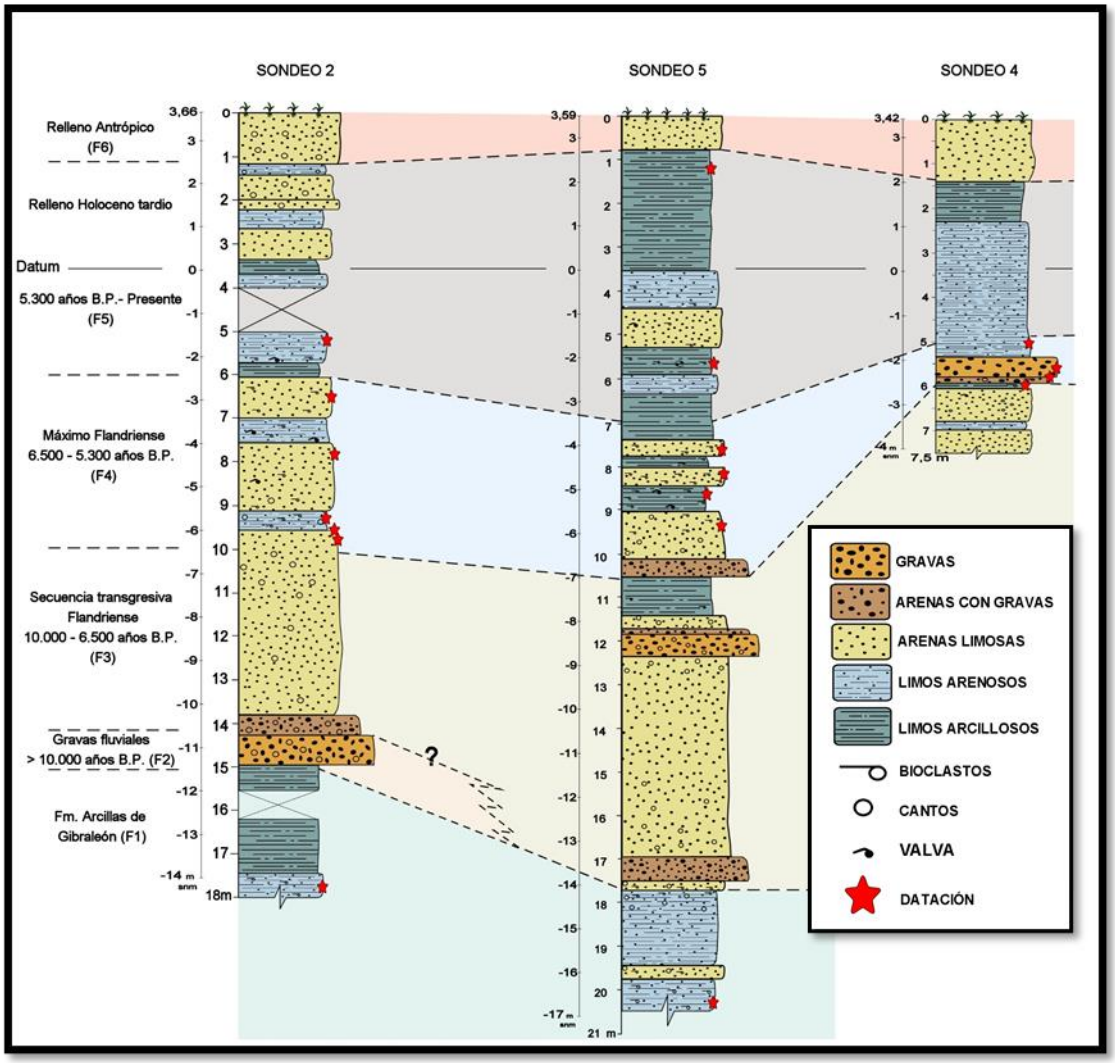



***Figura 61:*** *Correlación cronológica y estratigráfica de los tres sondeos estudiados en la ensenada de Palos de la Frontera y su interpretación en cuanto al relleno sedimentario (Modificado de Rodríguez-Vidal et al., 2020 a).*

La primera facies está presente en los sondeos 2 y 5, desde sus bases hasta los 15 y 18 m de profundidad respectivamente. Consisten en materiales limo-arenosos que pertenecen al techo de la *Fm. Arcillas de Gibraleón*.

Este sustrato mioceno cuenta con escasos fragmentos de bivalvos y un abundante registro microfaunístico (foraminíferos, espículas de equinodermos y ostrácodos). La asociación de foraminíferos bentónicos (Fig.62) es muy amplia en comparación con las especies plantónicas y ostrácodos presentes (Ruiz et al., 2020 a). De este registro se deduce que los sedimentos fueron depositados en un medio marino de plataforma externa, con un rango de profundidad entre los 100-200 m (Lutze y Coulbourn, 1984; González-Regalado et al., 1996; Van Hinsberger et al., 2005). Durante el último estadio frío, con el nivel del mar bajo

esta formación estuvo expuesta superficialmente y sometida a la erosión fluvial (Rodríguez-Vidal., 2020 a).

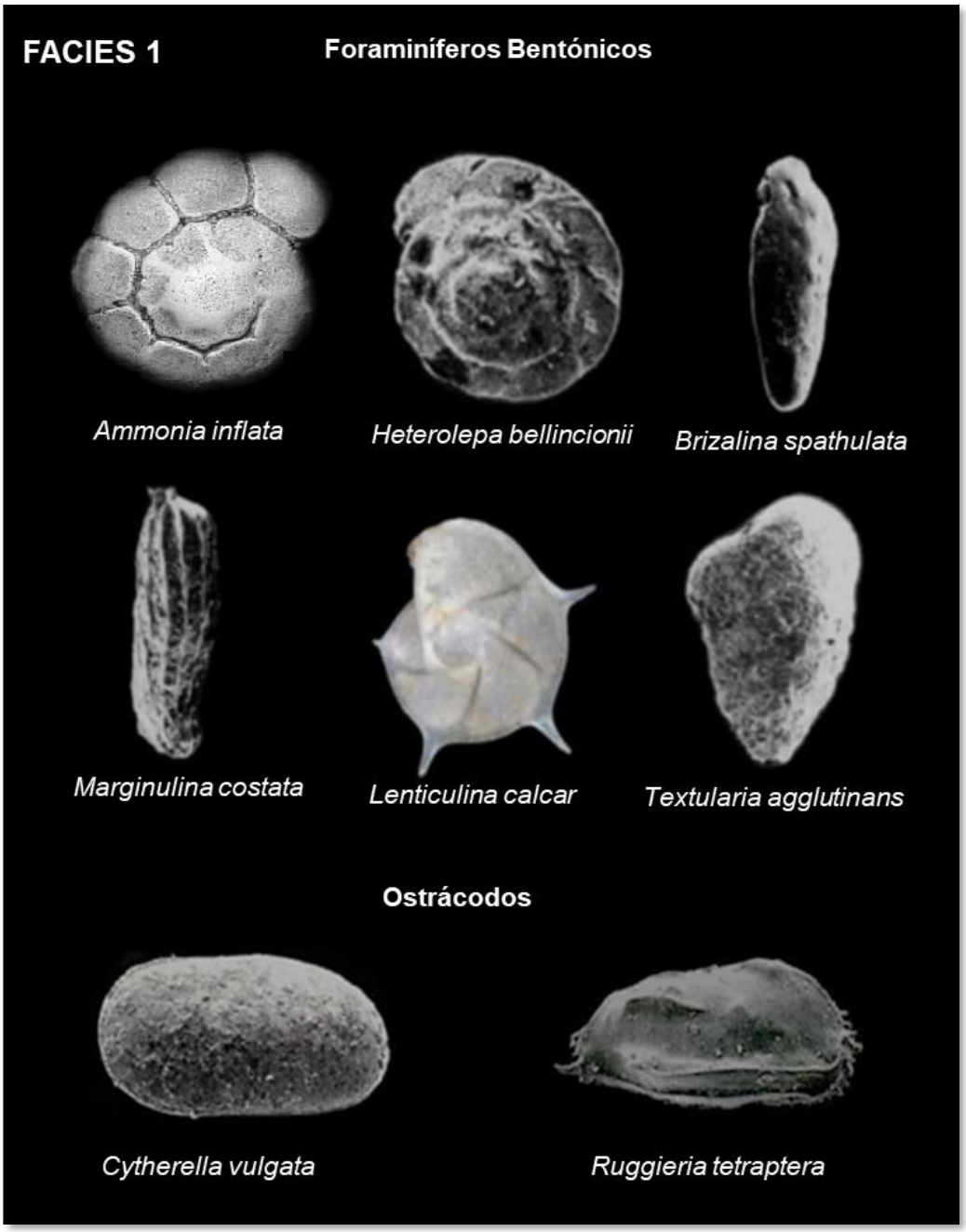



***Figura 62:*** *Fauna del sustrato mioceno (7,4-5,3 millones de años). Escala no respetada (Ruiz et al., 2020 a).*

La facies 2, la encontramos únicamente representada en el sondeo 2 por encima de la facies 1. Se trata de un nivel de gravas asociado a depósitos procedentes de la red fluvial encajada de finales del Pleistoceno (Cáceres, 1999; Dabrio et al., 1999 a), anterior al ascenso del nivel marino Flandriense (< 10.000 años). Estas gravas contienen foraminíferos reelaborados de la *Fm. Arcillas de*

*Gibraleón*, destacando *B. elongata*, *F. acuta* y *N. commune* (Fig. 63) (Ruiz et al., 2020 a).

La facies 3 está presente, al igual que la facies 1, en los sondeos 2 y 5 entre los 14-10 m y 18-10,5 m de profundidad respectivamente. En esta etapa predominan las arenas, que se depositaron en un medio continental inundado periódicamente por las mareas. No contiene microfauna y únicamente encontramos fragmentos de bivalvos (*Tellina nítida*) y ejemplares aislados de gasterópodos (*P. ulvae*) (Ruiz et al., 2020 a). Estos depósitos corresponden con el periodo transgresivo Flandriense (10.000-6.500 años B.P.) que progresivamente elevó el nivel marino e inundó los valles bajos de los ríos y pequeños arroyos como el de la Fontanilla.




***Figura 63:*** *Fauna marina incluida en la facies 2 de las gravas fluviales (25.000-10.000 años B.P.). Escala no respetada (Ruiz et al., 2020 a).*

La facies 4, que aparece representada en los tres sondeos; entre 10 y 6 m del sondeo 2, al tramo comprendido entre los 10,5-7,5 m del sondeo 5 y desde el muro a los 5 m de profundidad del sondeo 4. Consisten en arenas bioclásticas alternadas con niveles más finos que fueron depositados cuando el nivel marino alcanzó su máxima cota (6.500-5.300 años B.P.), aproximada al nivel mareal actual.

El estuario quedó configurado como un gran entrante marino con abundante macrofauna (Fig. 64) (Ruiz et al., 2020 a). La abundante presencia de *Bittium reticulatum* hace suponer que debieron de existir amplias praderas de fanerógamas sobre el fondo de los canales mareales (Borja, 1986; Luque y Templado, 2004). El conjunto microfaunístico, es característico de canales

estuarinos submareales en los estuarios actuales de la costa onubense (González-Regalado et al., 2001). Está compuesto por una amplia diversidad de especies de foraminíferos bentónicos, encabezadas por *A. tepida* (fig. 64) seguida de *A. beccarii, H. depressula y H. germánica* y un conjunto de ostrácodos, cuya especie más representativa es *L. elliptica* acompañada por escasos individuos de *L. castanea* y *C. fischeri*.

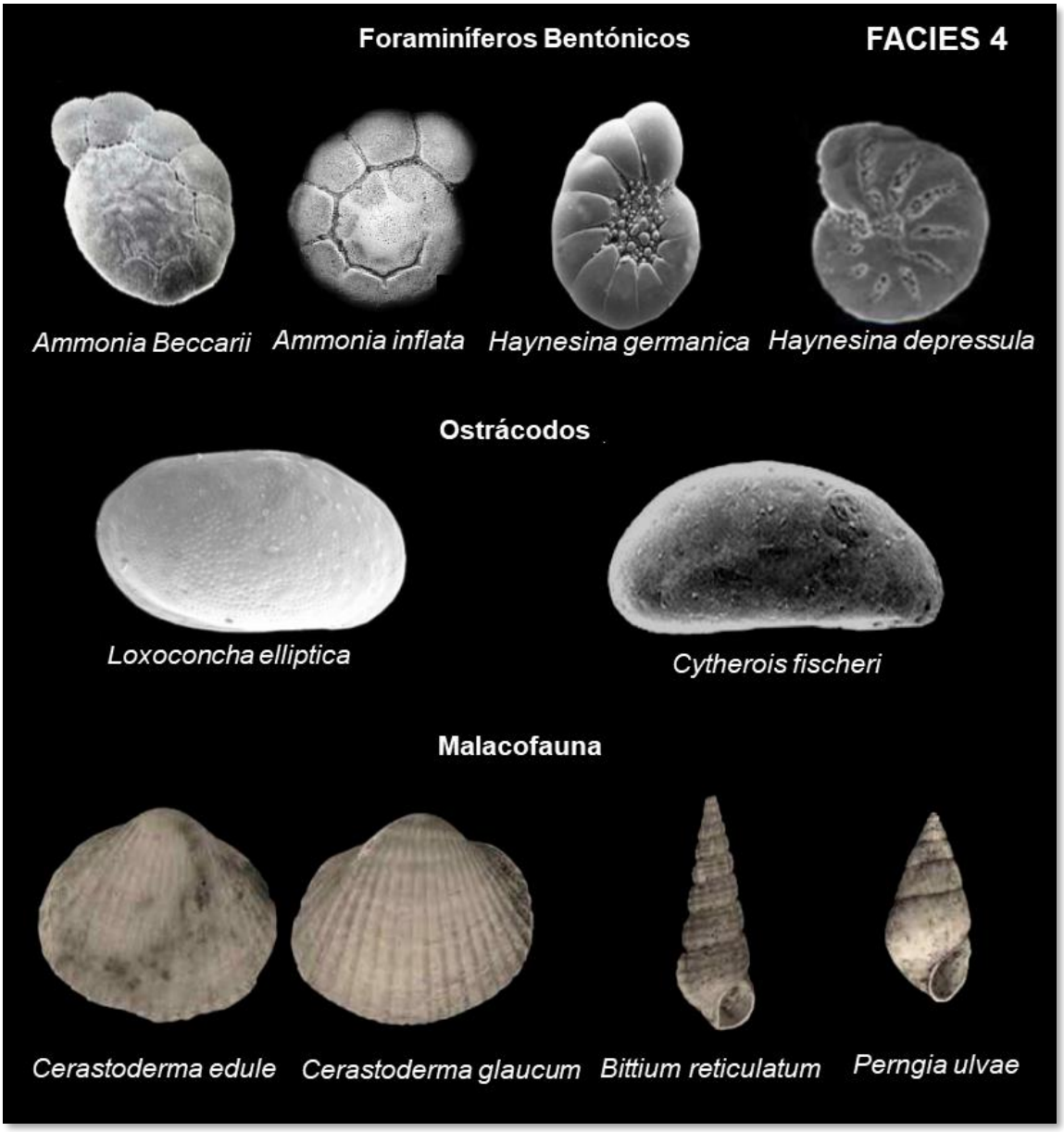



***Figura 64:*** *Macro y microfauna del máximo transgresivo flandriense (6.500-5.300 años B.P.). Escala no respetada (Ruiz et al., 2020 a).*

El aumento de las concentraciones geoquímicas registradas en torno a los10 m de profundidad del sondeo 2 podrían estar relacionadas con el flujo de aguas

significativamente contaminadas derivadas del lavado natural de la faja pirítica ibérica (Ruiz et al., 2020 b; Arroyo et al., 2021).

La Facies 5 al igual que en el caso anterior, también se encuentra representada en los 3 sondeos (entre 6-1 m de profundidad en el sondeo 2; entre 7,5 y algo menos de 1 m del sondeo 5 y entre 5 y algo menos de 1,5 m de profundidad en sondeo 4). En este tramo predominan los materiales limo-arcillosos con algunos niveles más arenosos en los dos sondeos más profundos. Estos sedimentos corresponden a la progresiva colmatación por marismas de la ensenada desde el máximo Flandriense (5.300 años B.P.- Actualidad).

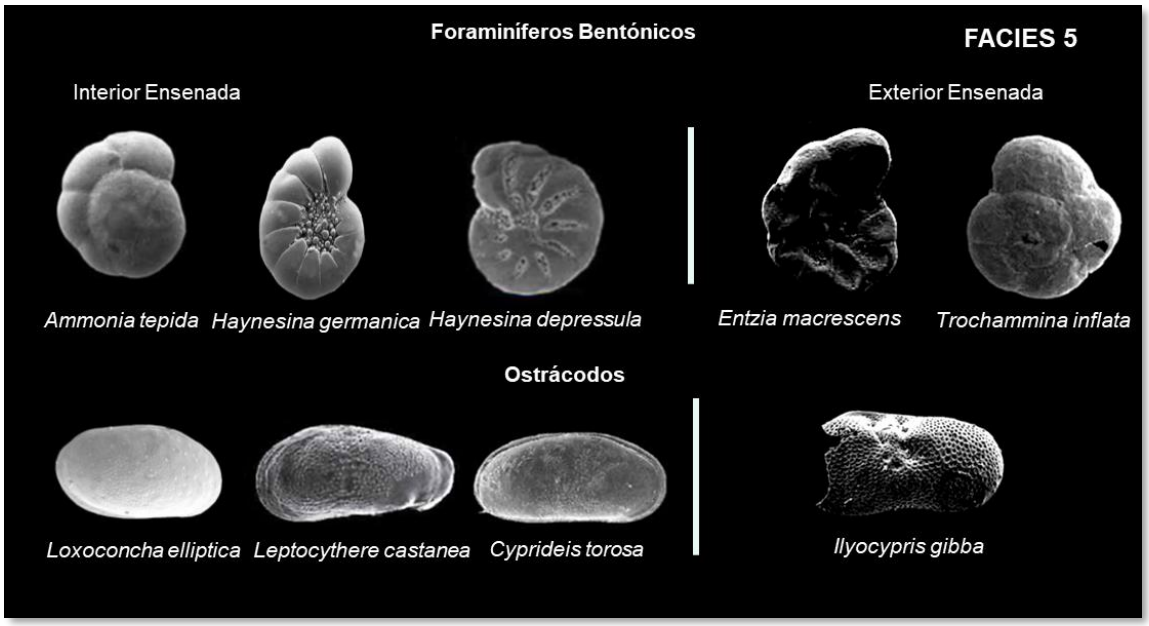



***Figura 65:*** *Fauna del relleno final holoceno (sector interno: 5.300 años B.P.-actualidad). Escala no respetada (Ruiz et al., 2020 a).*

Al interior de la ensenada (Sondeo 2) la macrofauna es escasa, destacando fragmentos de ostreidos y pectínidos. Respecto a la microfauna (Ruiz et al., 2020 a), podemos diferenciar dos fases; la primera entre 5.300 y 4.500 años B.P. representada por foraminíferos bentónicos (*A. tepida, H. germánica* y *H. depressula*) y ostrácodos (*C. torosa, L. castanea* y *L. elliptica*) (Fig. 65) típicos de lagunas costeras salobres (lagoons; Ruiz et al., 2006 a, b) constituyendo un área que restringe parcialmente la entrada de la marea hacia su interior. La segunda fase, se caracteriza por la desaparición de estas especies, coincidiendo con la abundancia de restos carbonosos y gasterópodos pulmonados. En el área externa donde se localiza el sondeo 4 la emersión progresiva da lugar en primera

instancia a una marisma baja dominada por *T. inflata*, que culmina con la formación de una marisma alta dominada por *E. macrescens* (Murray, 2006; Ordiales et al., 2017). En el caso del sondeo 5, los niveles limo-arcillosos están dominados por ostrácodos de agua dulce (Fig. 65: *C. vidua* e *I. gibba*) que suponen la existencia de una superficie encharcada o pequeña laguna de agua dulce dentro de la marisma emergida (García, 1996; Marchegiano et al., 2017).

En el registro geoquimico, en esta facies encontramos el pico de mayor concentración de cobre para el sondeo 2 (3,5 m de profundidad) que estaría asociado a la intensa actividad minera de la Faja pirítica Ibérica durante la época romana, alcanzando su máximo en torno al 1.900 años B.P. (Pérez Macías y Delgado, 2014; Arroyo et al., 2021).

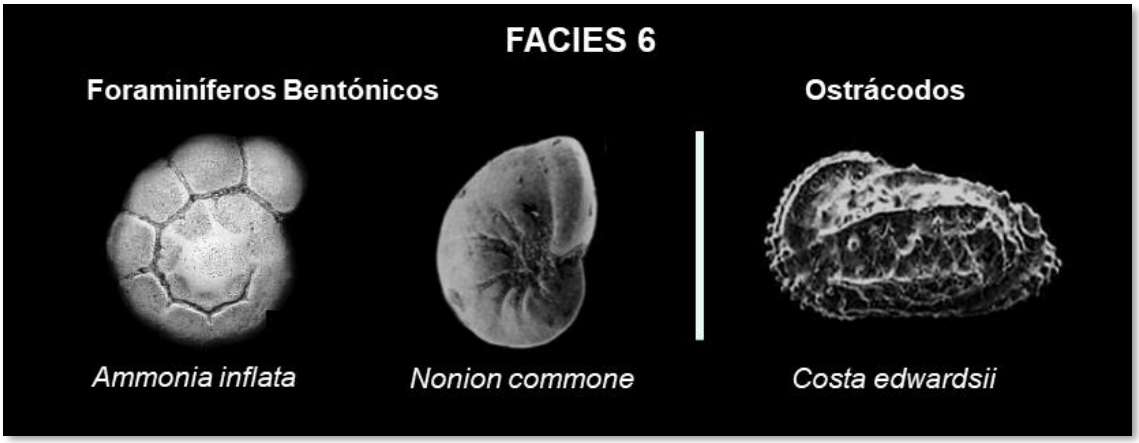



***Figura 66:*** *Fauna del relleno antrópico reciente (Ruiz et al., 2020 a).*

Por último, a techo de los tres sondeos aparece representada la facies 6 compuesta por arenas con algunos cantos dispersos, raíces y restos carbonosos, además de algún fragmento de material antrópico reciente. En la zona interna de la ensenada (Ruiz et al., 2020 a) los foraminíferos bentónicos que destacan son *N. commune, A. beccarii* y *A. inflata*. También se han encontrado ejemplares aislados de foraminíferos plantónicos (*G. trilobus*) y de ostrácodos *C. edwardsii* (Fig. 66). Este conjunto faunístico se asocia a la *Fm. Arenas de Huelva* que se localiza en las laderas de los cabezos que rodean la ensenada colombina. En el caso de los sondeos 5 y 4 no se ha encontrado fauna, implicando una procedencia continental de los materiales e interpretándola como la fase final del relleno antrópico reciente de la ensenada colombina.

**Uso del territorio**

Como se ha comentado al comienzo de este capítulo, durante el siglo XV el puerto de Palos de la Frontera era considerado el centro neurálgico de la villa, coincidiendo con el momento de máximo esplendor demográfico y económico. Pasó a ser un emporio comercial imprescindible en el desarrollo de ciertas rutas comerciales, como las relacionadas con las formas de azúcar procedentes de Canarias o el Algarve, la pesca de cazón en Guinea o la compra de esclavos en determinados puertos de la costa africana (Bermejo y Bermejo, 2019).Además del incremento en la demanda de cerámicas a partir del descubrimiento del nuevo mundo, el complejo industrial-artesanal estaría capacitado para abastecer de materiales de construcción suficiente para las edificaciones de las localidades cercanas.

Esta intensa actividad portuaria fue la que atrajo la llegada de naves extranjeras y la apertura hacia nuevas rutas comerciales internacionales, que más tarde pasaron a ser la consecuencia de su declive (Campos, 2019 b).

El estudio arqueológico de las estructuras localizadas en la ensenada del puerto, así como las evidencias de la colmatación del estero han permitido definir tres etapas de la reconstrucción histórica de este enclave.

La primera etapa comienza en el tránsito entre finales del siglo XIV y comienzos del siglo XV, donde el área portuaria no presenta actividad alguna (Bermejo y Bermejo, 2019). La villa debió estar despoblada casi en su totalidad, lo que supuso que a partir del siglo XV se implementara una expansión agrícola que vendría acompañada de un aumento poblacional de un 800% para el periodo previo al descubrimiento (Izquierdo Labrado, 1985, Campos, 2019).

La segunda etapa, entre la segunda mitad del siglo XV y comienzos del XVI tuvo lugar el momento de máxima actividad del puerto, así como un amplio desarrollo demográfico y económico. Estos hechos, quedan constatados por la expansión que se produjo en la infraestructura de la alota.

Tras el descubrimiento de América, se produjo una importante flujo migratorio que sumió a la villa en una crisis demográfica, perdiendo casi la mitad de su población (Campos, 2019). Hacia Sevilla y las Indias marcharon la mayor parte

de los más capaces y cualificados hombres de la villa (expertos armadores, mercaderes, capitanes, pilotos, maestres, etc.) y con ellos sus familias. El resto, la marinería local, o bien siguieron a los anteriores, o emigraron a los pueblos próximos con puertos más activos. Un círculo vicioso cuya consecuencia fue la ruina económica total, el aumento de la presión fiscal, la inflación, el despoblamiento y el empobrecimiento general de la villa. Los años siguientes confirmaron la decadencia del puerto de Palos y de las actividades marítimas vinculadas a él (Gonzálvez y García, 2014; 2020).

A partir de este momento, tuvo lugar la tercera y última etapa que abarcaría desde la mitad del siglo XVI hasta el XIX marcado por el abandono y la brecha poblacional, quedando patente en la ausencia de restos culturales en la zona del estero (Bermejo y Bermejo, 2019).

El monopolio del comercio con América ejercido por el puerto sevillano tras el establecimiento de la Casa de Contratación en 1503 y la fundación de la Alota de Huelva a principios del siglo XVI por el Duque de Medina Sidonia, aceleró el proceso de declive. La villa entró en un largo periodo de crisis económica y demográfica que se extendió hasta mediados del siglo XVIII, momento en el que comenzará una lenta pero paulatina recuperación; sin embargo, esta vez de espaldas al mar, sustentada en la producción vinícola. Para entonces, su antiguo y glorioso puerto histórico estaba ya cegado (Gonzálvez y García, 2014; 2020).

# CAPÍTULO 6:

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

## 6.1. Evolución morfosedimentaria de la barrera de La Cascajera.

A partir del registro sedimentario, paleontológico y cronológico, se ha podido reconstruir el desarrollo reciente y la evolución de la barrera de La Cascajera. El modelo propuesto por Morales et al., (2014) (Ver apartado 3.1.2.) parece confirmarse parcialmente por las formaciones arenosas de la isla de Saltes, interpretadas como llanuras de cheniers que sirvieron como un obstáculo sumergido para las olas de tormentas que tuvieron lugar hace más de 2.000 años. En el estudio de los afloramientos de La Cascajera no se han obtenido edades superiores a 100 años a.C., lo que implica que el desarrollo de esta barrera debió haberse iniciado en el transito del siglo II al I a.C.

La etapa inicial del desarrollo de la barrera de La Cascajera corresponde con la formación de una llanura mareal arenosa (Facies 1, Fig. 66). Esta llanura cubrió los sedimentos del fondo del estuario, que fueron interpretados como pequeñas formaciones deltaicas o bajíos arenosos en numerosos sondeos (Borrego et al., 1999 Borrego et al., 2000; Dabrio et al., 2000) y confirmados en investigaciones recientes (Rodríguez-Vidal et al., 2014 b).

El análisis mineralógico de la fracción fina (< 20 μm) de los sedimentos muestra la misma asociación mineral para todas las facies descritas. Sin embargo, la facies 1 cuenta con un alto contenido en illita, en oposición al contenido en esmectita y caolinita, lo que se traduce en una mayor influencia marina (Fernández Caliani et al., 1997). Esta influencia corresponde con el desarrollo inicial de la llanura mareal en la bocana del estuario. La asociación de foraminíferos y ostrácodos, así como la macrofauna indican que se encontraban bajo condiciones de aguas marinas y salobres, un entorno llano y de marea restringida, cuya tafonomía denota una distancia corta de transporte desde la zona de origen. Esta facies debió formarse a partir de un sistema de deltas de reflujo mareal (Morales et al., 2014). La llanura mareal arenosa redujo y disipó la energía del oleaje en la desembocadura del estuario, lo que facilitó el relleno continuo con sedimentos más finos y solo durante las mareas vivas primaverales.

En estos periodos primaverales el oleaje es capaz de transportar y acumular sedimentos en forma de barras arenosas que migran hacia el interior (Cáceres et al., 2018).

Mediante este mecanismo, sobre la llanura mareal arenosa, se registraron arenas gruesas con restos de conchas interpretadas como chenier (facies 2, Fig. 66), que iba creciendo sobre la facies 1 y migrando de forma continua hacia zonas más protegidas, al interior del estuario, como lo indica la laminación inclinada bien desarrollada en este depósito (Cáceres et al., 2018).

Conforme a Morales et al., (2014), el mecanismo de formación del chenier puede responder a un mayor aporte de arena en la parte frontal de la llanura mareal, como consecuencia de la migración del canal principal de reflujo mareal entre los deltas, formados por esta misma corriente. Estos autores expresan que se trata de un mecanismo cíclico durante las mareas altas y que tiene una influencia esencialmente marina, explicando por qué ocurre principalmente en la actualidad en la desembocadura del canal de Punta Umbría, que no tiene conexión con los ríos.

La barrera de cheniers creció a medida que migró hacia el NE hasta que alcanzó un tamaño adecuado para su estabilización. Como consecuencia del crecimiento y estabilización de la barrera de La Cascajera, se desarrolló una llanura mareal fangosa en la zona intermareal, protegida por el chenier (Facies 3, Fig. 66). Este depósito cuenta con una asociación micropaleontológica típica de medios de baja energía y áreas restringidas. Debido a su localización más al interior del estuario, presenta una mayor influencia fluvial, traducida en un mayor contenido en esmectita y caolinita, a diferencia de las facies iniciales de la barrera de mayor influencia marina (Cáceres et al., 2018).

Una vez que el chenier se estabilizó, se convirtió en un obstáculo para los episodios de tormentas. Con un estuario parcialmente abierto, la acción de tormentas o tempestades en el litoral dieron lugar a una sucesión de abanicos de desbordamiento que acumularon sobre el chenier arenas bioclásticas y gravas siliciclásticas (Facies 4, Fig. 66). Estos abanicos sobrepasaron la barrera previa, retrabajando los sedimentos de morfologías costeras (flechas, dunas, etc) cercanas a La Cascajera (Subfacies 4.3 y 4.2). La tafocenosis formada por

las valvas de *Glycymeris* a lo largo de La Cascajera es muy similar a las que encontramos en la actualidad en las playas cercanas, después de las tormentas de invierno; su removilización y resedimentación originó la subfacies 4.1. Por otro lado, la mineralogía también refleja una mayor influencia marina con el aumento del contenido de illita, mientras que el de esmectita y caolinita disminuye (Cáceres et al., 2018).

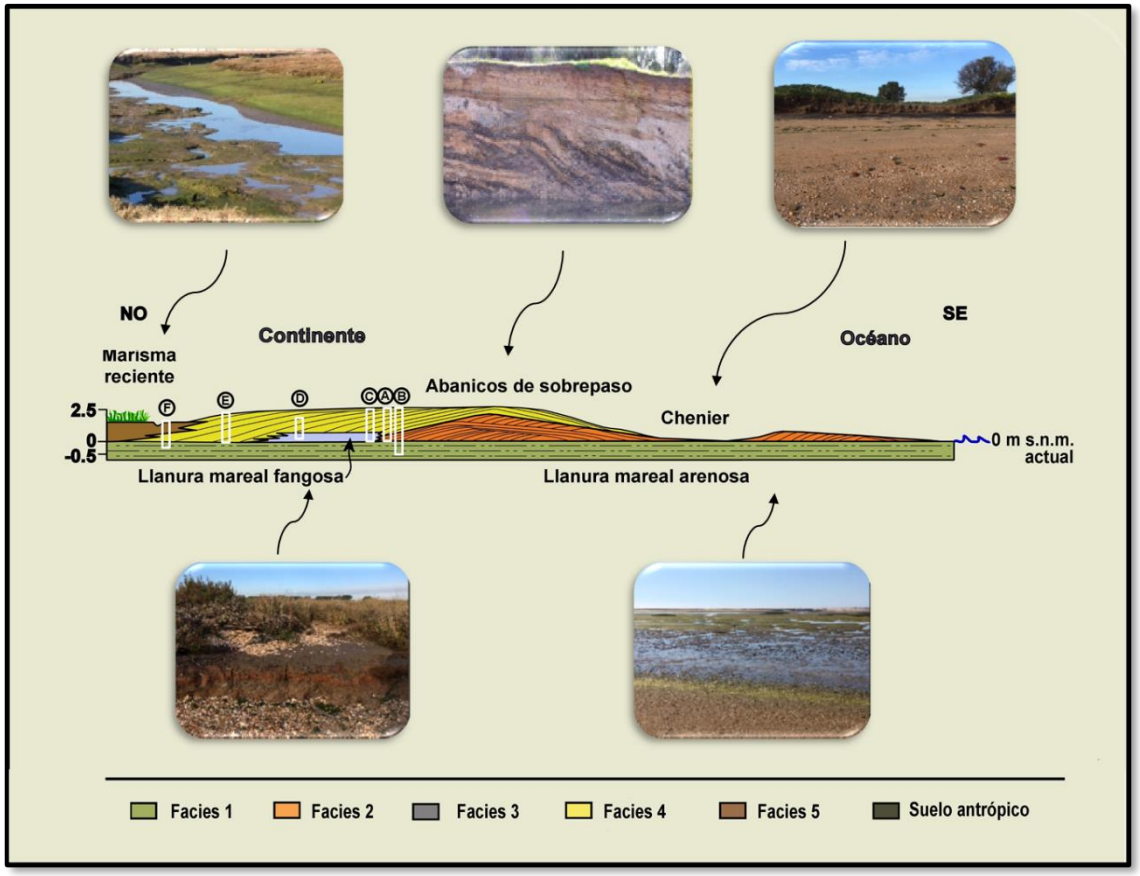



***Figura. 66:*** *Corte interpretativo de la barrera de La Cascajera con la interpretación de cada una de sus facies sedimentarias.*

Las dataciones radiocarbónicas obtenidas a partir de las conchas de *Glycymeris* muestran que la facies superior de la barrera de La Cascajera se desarrolló en un periodo corto de tiempo (Cáceres et al., 2018, Gómez et al., 2021). Su aparición en un entorno submareal debió establecerse a finales del siglo II a.C. Mientras que a finales del siglo I a.C. y a lo largo del siglo I d.C. la acumulación de tempestitas (facies 4) dio lugar a una rápida y efectiva agradación vertical de la barrera por encima del nivel mareal (Fig. 21), con una potencia de hasta 2 m en algunos puntos. Las fechas modeladas de $^{14}C$ (Tabla 8 y Fig. 24, capítulo 3) muestran que estos depósitos de tormentas constituyen un registro de entre 100

y 150 años aproximadamente. Este periodo de tormentas coincide con uno registrado en el Atlántico central y Norte (Sorrel et al., 2012).

Las flechas litorales de Punta Umbría y Punta Arenilla crecieron progresivamente desde las primeras fases de progradación descritas en el capítulo 3 de esta memoria. El desarrollo de estas barreras arenosas, adosadas a los márgenes del estuario, provocó un ambiente de protección favorable para la formación de la llanura mareal entre ellas y a partir de esta, la Isla de Saltés. La influencia marina se mantuvo en el estuario hasta al menos hace 3.000 años B.P., cuando la flecha de Punta Umbría alcanzó las proximidades de la actual isla de Saltés (Rodríguez-Vidal, 1987 a). A partir de ese momento, debido a la existencia del canal mareal de Punta Umbría, la flecha progradó hacia el SE, cuyo crecimiento debió ser coetáneo a la formación de las barreras arenosas de Saltés hacia el S.

En la actualidad, esta evolución de la bocana del estuario se encuentra muy alterada y modificada por la intensa actividad antrópica. El crecimiento urbano y la construcción de un espigón en el extremo de Punta umbría, la construcción de la carretera de acceso y del gran espigón Juan Carlos I en la isla de Saltés y la instauración del puerto exterior y el polígono industrial en Punta Arenilla, han condicionado notoriamente su evolución posterior.

## 6.2. Análisis geoarqueológico de la industria de pesquerías de *Onoba Aestuaria*

Las décadas de excavaciones arqueológicas en los solares de la ciudad, en relación con su urbanismo y evolución desde sus inicios hasta el periodo romano, revelaron que este asentamiento funcionó como un importante núcleo comercial en los circuitos mediterráneos y atlánticos (Bermejo et al.,2017 a).

Anterior a la ocupación de las cimas y las zonas intermedias de los cabezos de Huelva, la erosión por arroyada provocó la formación de profundos valles y laderas con fuertes pendientes (Fig. 41, Capítulo 4). Destacando el abanico situado entre los cabezos Mondaca, Cementerio viejo y San Pedro, que vertían

hacia la marisma del Molino de la vega y el abanico que se observa hoy día entre los cabezos de San Pedro, el Molino de viento y La Esperanza, que vierte sobre la marisma, cerca de la actual estación del ferrocarril Huelva-Sevilla.

Al combinar la topografía con el desarrollo urbanístico de la ciudad, se puede observar cómo estos ejes de drenaje principales han servido de base para la distribución de las calles y manzanas en la actualidad y probablemente a lo largo de toda su historia de ocupación (Bermejo et al., 2017 a).

Durante el periodo de ocupación de la ciudad, la erosión de los cabezos en conexión con el mar dibuja una línea mareal sinuosa que dio lugar a una alternancia de puntales elevados sobre el nivel marino, con esteros y áreas de marismas no consolidadas. Esta configuración puede observarse en los planos del siglo pasado y en un óleo sobre tabla de 1830 (Fig. 67) que representa a la Villa de Huelva desde la Ría, donde se aprecian los cabezos y uno de los puntales donde se ubica el arco de la estrella, así como dos entrantes de ambos lados del mismo, recreando el aspecto que tendría en puerto en la antigüedad (Campos, 2011).

La topografía resultante de una línea mareal tan atípica solo puede entenderse si se conoce la morfología de sus componentes principales. Esta morfología es la responsable de que en unas zonas aparezcan restos arqueológicos a bastantes metros de profundidad, en relación con la rasante actual, y que en otras zonas surjan a la misma profundidad niveles de fondo de esteros (Campos y Bermejo, 2017; Bermejo et al., 2017 a).

La acción antrópica sobre el territorio onubense ha sido la responsable de las principales variaciones del paisaje, así como de la práctica desaparición de los cabezos, y con ellos, numerosos restos arqueológicos pertenecientes a los yacimientos que se localizaban en sus cimas. Como el desmonte de los cabezos del Molino de viento y del Cementerio viejo, desaparecidos completamente, así como los rebajes realizados en el cabezo de San Pedro y La Esperanza, de los que solo ha quedado una parte preservada. Actualmente, la continuación en este tipo de acciones, como la reciente desaparición del cabezo del Pino, están

generando una nueva topografía de la ciudad que poca relación tiene con la que nuestros predecesores vivieron (Campos y Bermejo, 2017).



***Figura. 67:*** *Óleo sobre tabla anónimo de la villa de Huelva (1830) (Campos, 2011).*

El inicio del asentamiento de *Onoba*, tuvo lugar en el transito del II al I milenio; en una amplia ría que proporcionaba las condiciones necesarias para el desarrollo de un enclave portuario. En este periodo, el poblamiento de Huelva se localizaba principalmente en las laderas y las cimas de los cabezos. Entre los siglos X-VIII a.C. las investigaciones arqueológicas evidencian la importante posición que ocupó *Onoba* como puerto durante el Bronce Final Atlántico, en la transición a la I Edad de Hierro. La aparición y excavación de la necrópolis orientalizante de la Joya y el Cabezo de la Esperanza (Garrido-Roiz, 1968, Garrido y Orta, 1966; Schubart y Garrido, 1967) junto con el horizonte del Bronce Final documentado en la ocupación del Cabezo de San Pedro (Blázquez et al., 1979; Gómez-Toscano y Campos, 2008), definen a este puerto como un núcleo comercial y cultural de primer orden en el arco atlántico del SO peninsular (Bermejo et al., 2017 a).

Durante el periodo orientalizante y turdetano, la ciudad mantuvo su extensión desde los siglos VIII-VII hasta el III a.C. Mientras que la población se trasladó de la parte alta de los cabezos a las zonas bajas, en las proximidades del puerto (Campos, 2001; Gómez-Toscano y Campos, 2001; Bermejo et al., 2017 a). La

explotación mineral de la faja pirítica, encontraba en la ría de Huelva una salida natural para el gran desarrollo comercial de la ciudad en este periodo.

A finales del siglo VI a.C. el cese de la explotación y el comercio de plata local provocó la crisis del horizonte Tartésico. De este modo, se pasó a explotar otros recursos, como las salsamentas de pescado, muy apreciadas en el mundo antiguo y elaboradas en factorías costeras durante la segunda mitad del I milenio a.C. No obstante, el puerto continuó activo, aunque el dominio comercial que hasta este momento había sido protagonizado por el puerto de *Onoba*, pasa al círculo de la bahía gaditana. Durante los siglos V-III a.C. la economía de la ciudad de Huelva y su puerto estaba basada en la explotación de recursos agropecuarios y en la pesca y sus derivados. Este periodo, más austero que el anterior y que coincide con la crisis minero-metalúrgica, representa la conformación del periodo turdetano (Bermejo et al., 2017 a).

La aparición de las primeras evidencias romanas tuvieron lugar en torno al siglo II a.C. El cambio hacia esta nueva potencia dominante se produjo pacíficamente, observándose en la continuidad en las actividades de la ciudad y en su urbanismo, pasando a un recinto urbano republicano, heredero de la ciudad turdetana (Delgado, 2016).

Corroborada la intensa relación del asentamiento de *Onoba* con el mar, las investigaciones se han centrado en el estudio de las estructuras que formaban su estratégico puerto, al que se dirigían las producciones de los tres sectores en los que se basaba la economía del área onubense, la minería, la agricultura y las salazones (Campos y Bermejo, 2017).

El análisis urbanístico portuario de *Onoba,* muestra una clara diferenciación por áreas, en función de las actividades que se desarrollaron a lo largo de los distintos frentes, puntales y ensenadas. Dividido en dos sectores claramente diferenciados, encontramos un área dedicada a las actividades pesquero-conserveras, al refugio de una ensenada natural, y otra destinada a la actividades de control económico, servicios y claramente comercial, que se desarrolló más al sur (Bermejo et al., 2017 a).

En la primera de estas áreas existe un conjunto haliéutico que, por su tamaño, indica la existencia de pequeños propietarios dedicados a la elaboración de

salsamentas (Bermejo et al., 2017 a). También se documentó una cimentación que ha sido asociada a un faro en el sector productivo y que debió ser un referente en el conjunto del puerto. Esta área se complementa con un conjunto de almacenes y un edificio absidiado anexo al faro, así como un sistema hidráulico para el abastecimiento de la industria pesquero-conservera. La segunda de las áreas está representada por un conjunto de instalaciones dedicadas al comercio y la administración, en las que se desarrollaban actividades comerciales y artesanales, talleres de vidrio, venta y almacenaje de productos, en las cuales se incluyen espacios habitacionales adjuntos (Bermejo et al., 2017 a).

En las cercanías de estos dos sectores principales del puerto, también se encontraron restos de un potente edificio de sillares de carácter público, en el que se desarrollaban actividades de administración y control económico a modo de procúratela del puerto onubense (Bermejo et al., 2017 a).

Desde un punto de vista cronológico, para momentos republicanos y la época Augustea, *Onoba* estaba considerada como un puerto de referencia, con un importante trasiego de mercancías. Para la dinastía Julio-Claudia, la bonanza del puerto propició la diferenciación de los ambientes comerciales y productivos. Los momentos finales del siglo I d.C. e inicios del II d.C. coinciden con la construcción de grandes almacenes, el edificio de administración pública que controlaba el puerto (procúratela) y el edificio absidiado anexo al faro (Delgado, 2016; Bermejo et al., 2017 a).

Esta importante actividad edilicia estaba acompañada de abundante material cerámico, entre los que destacan las importaciones itálicas, africanas, etc. que evidencian una intensa actividad comercial relacionada con el cese de la producción metalúrgica. Entre los siglos II y III d.C. el puerto sufre una retracción económica, en la que se abandonan algunas de las instalaciones portuarias y se convierten en zonas de vertedero (Delgado, 2016; Bermejo et al., 2017 a).

Finalmente, en época altoimperial la actividad portuaria se reduce considerablemente, debido posiblemente a la colmatación de las zonas meridionales, que alejaban la línea mareal e inutilizaba la infraestructura del faro (Delgado, 2016; Bermejo et al., 2017 a).

## 6.3. Evolución paleogeográfica de la ensenada de Palos.

Atendiendo a la interpretación de las facies sedimentarias y a los resultados de las dataciones radiométricas; en los sondeos de la ensenada de Palos, ha quedado preservado un registro excepcional que corresponde prácticamente con todo el relleno de edad holocena. Cabe destacar que en la secuencia intermedia de esta reconstrucción paleoambiental (Fig. 61, Capítulo 5), correspondiente con la facies 4, ha quedado preservado el registro final del ascenso eustático del máximo flandriense (6.500-5.300 años B.P.). Para este periodo, el primitivo arroyo de la Fontanilla fue invadido por el constante aumento del nivel marino (Fig. 68), convirtiéndolo en un pequeño estuario marginal del río Tinto, cuyo canal mareal poseía unos espesores de 8 m de profundidad al interior y 9 m en la bocana. La interpretación paleoambiental, la fauna y las dataciones han puesto en evidencia que hace 6.500 años B.P. el nivel marino aún no había llegado a la cota actual, sino que para esta área se alcanzó hace 5.300 años B.P., durante el Neolítico final. Este registro se ha convertido en la primera evidencia fehaciente de cómo se ha alcanzado el máximo flandriense en las costas del golfo de Cádiz (Rodríguez-Vidal et al., 2019; 2020 a).

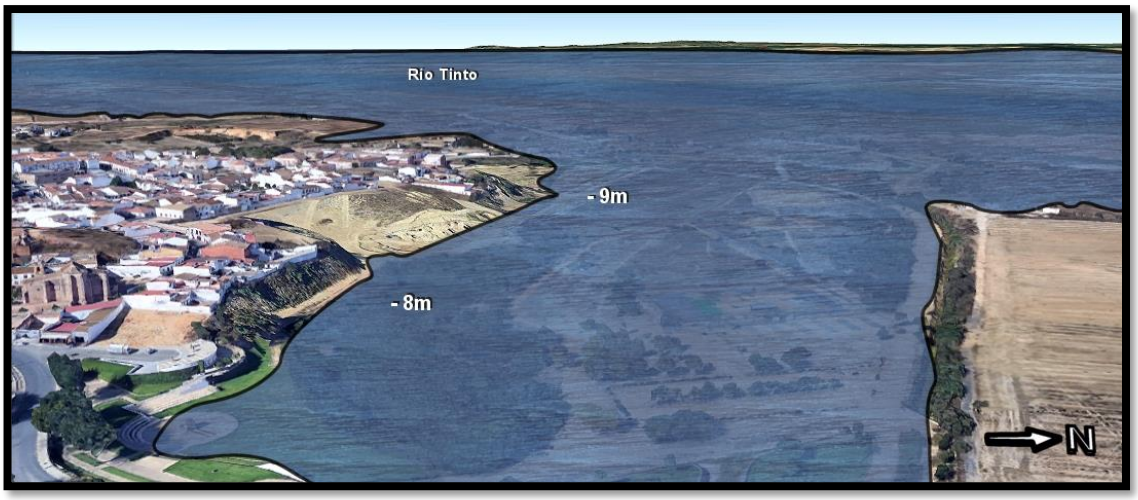



***Figura. 68:*** *Reconstrucción paleogeográfica de la ensenada de Palos en el máximo Flandriense, hace unos 5.300 años B.P. (Según Rodríguez-Vidal et al., 2019). (Imagen basal de Google Earth).*

Recordando los objetivos que impulsaron el estudio de la Ensenada de Palos, y aún con toda la información obtenida de los distintos análisis de los sondeos de

la ensenada de Palos, carecemos de datos cronológicos suficientes comopara delimitar el tramo correspondiente a la época colombina, aunque podemos aproximarnos a su interpretación paleoecológica y ambiental (Rodríguez-Vidal et al., 2020 b).

A partir de la conjugación de los datos obtenidos de las dataciones y la evolución paleoambiental, descritas en el capítulo 5 de esta memoria, se ha podido estimar las tasas de sedimentación para los tres sondeos correspondientes a la secuencia del máximo flandriense (Facies 4, Fig. 69). Esta tasa se calcula teniendo en cuenta la edad de las muestras y la distancia en centímetros o milímetros entre ellas en la columna estratigráfica. Además, en función de las tasas de sedimentación se han trazado líneas isocronas fijas (Rodríguez-Vidal et al., 2020 b). Los cálculos realizados muestran que las tasas de sedimentación son más elevadas en las zonas externas de la paleoensenada (sondeo 5: 3,3 mm/año) que en las zonas internas (sondeo 2: 1,6 mm/año), aproximadamente entre 6.300 y 6.100 años B.P. Posteriormente, esta relación se invierte, de forma que la tasa de sedimentación disminuye progresivamente en las zonas externas (sondeo 4: 1 mm/año y sondeo 5: 1,4 mm/año) y aumenta en las zonas internas (sondeo 2: 2 mm/año), entre 5.400 y 4.700 años B.P.

Estos datos están en consonancia con Lario et al. (2002), que describe como la sedimentación marina para la costa del golfo de Cádiz comienza durante la etapa de la transgresión flandirense (10.000-6.500 años B.P.), con tasas de sedimentación superiores a 3 mm/año y para el periodo posterior a 6.500 años B.P. las tasas disminuyen a entre 1,5-2 mm/año.

Con estas elevadas tasas de sedimentación se demuestra la tendencia a la colmatación del interior del estero (sondeo 2), además de tener en cuenta que, durante los últimos 2.000 años, el aporte sedimentario por arroyada y el procedente del desmantelamiento de las laderas adyacentes provocado por la antropización fue muy significativo (Rodríguez-Vidal et al., 2020 b). Por todo ello se deduce que, durante la época colombina, el área portuaria debió sufrir las consecuencias del continuo relleno del canal navegable.

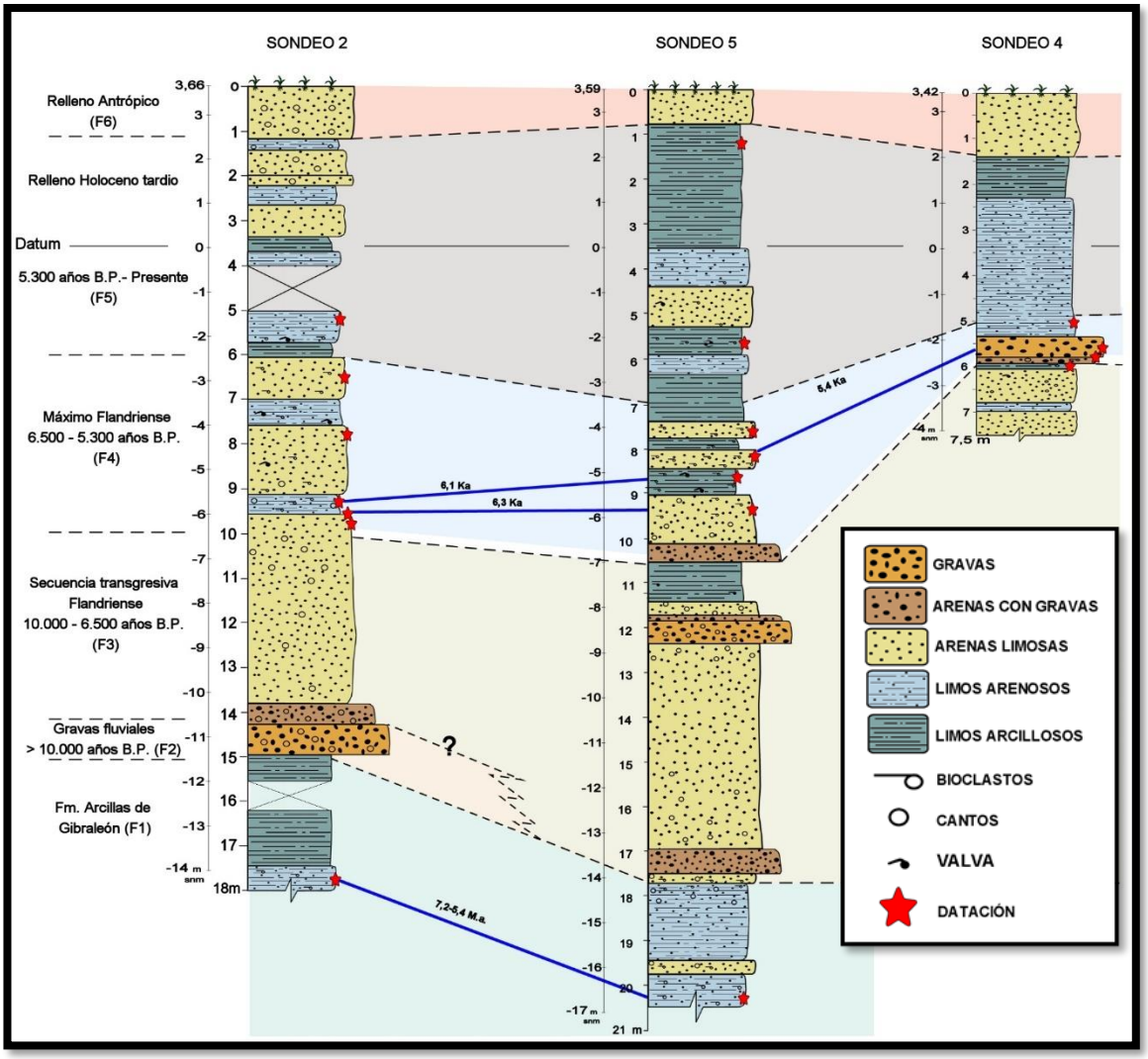



***Figura. 69:*** *Diagrama de correlación de los sondeos de la ensenada de Palos con la representación de las facies y las principales isócronas.*

Los problemas de colmatación quedan registrados en las ordenanzas de la villa (27 de Enero de 1488); las cuales estipulaban cómo debía desarrollarse el tráfico marítimo, el trasiego de mercancías, así como el pago de impuestos y el control y vigilancia de mercancías por parte del arrendador. Las ordenanzas también nos aportan información sobre el calado del canal, basándonos en las dimensiones de los distintos tipos de navíos que atracaban en el puerto… *barcos e chinchorros e apaños "… benieren a vender el pescado que así pescaren e trajeren a la dicha alota…"* (Laredo Quesada, 1978). A partir de esta información podemos deducir que, a finales del siglo XV el canal no debió ser muy profundo, pudiendo restringirse su tráfico a los periodos de pleamar.

La época colombina se encuentra inmersa en la facies 5, que se corresponde con el relleno del Holoceno tardío. La asociación micropaleontológica asociada

a este relleno es característica de canales someros y bordes de canal, próximos a las desembocaduras de los estuarios actuales del SO de España. Basándonos en estos datos, para la época colombina la ensenada estaría formada por una extensa marisma y un canal navegable en marea media-alta con unas profundidades de 3,5 m al interior y 4 m en la bocana (Fig. 70).

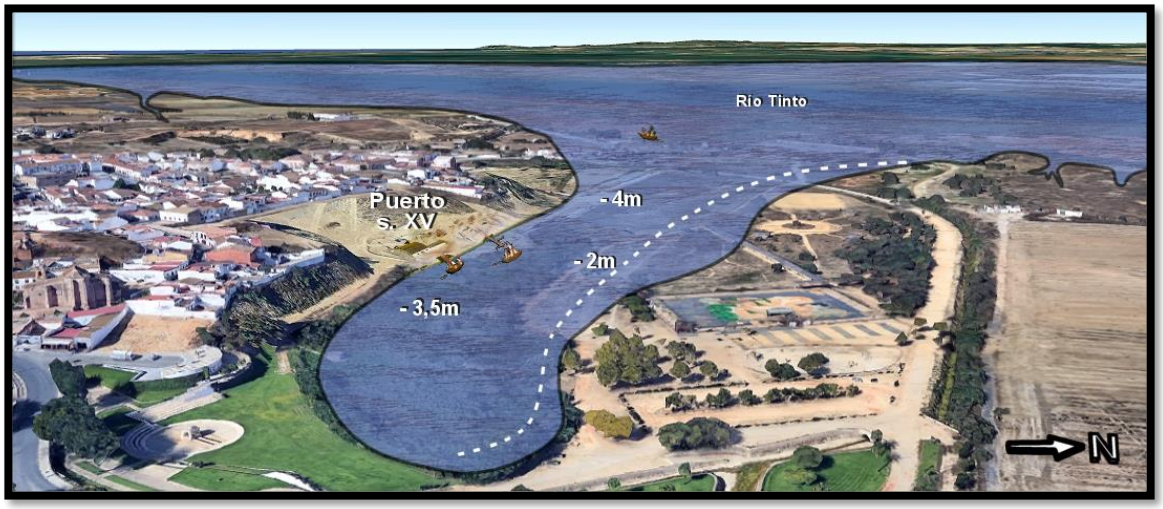



***Figura. 70:*** *Reconstrucción paleogeográfica de la ensenada de Palos durante los siglos XIV y XV, durante la época colombina (Según Rodríguez-Vidal et al., 2019). Los Metros indican los calados en marea alta media. (Imagen basal de Google Earth).*

El buen funcionamiento de las infraestructuras portuarias estaba íntimamente relacionado con el mantenimiento del calado del canal mareal. Prueba de ello que en la Ordenanza del 13 de Enero de 1488 se hace mención a la urgencia en la reparación de un molino mareal cercano, que con su mal estado contribuía a la progresiva colmatación del estero, "…*Por quanto los dichos señores son informados que por estar el molino de moler pan desipado e no moler non solamente se pierde la renta que solia rentar a los señores de la dicha villa mas se daña el estero derramandose para que navío ninguno en el pueda entrar, que mandan los dichos señores a sus mayordomos para que reparen el dicho molino, de manera que muela y se remedie lo susodicho*…" (Ladero Quesada, 1978).

Los resultados del estudio arqueológico revelan la existencia y el amplio desarrollo de las instalaciones portuarias, durante el siglo XV, que acogieron las naves colombinas. El análisis geológico muestra que el medio mareal estaba sometido a altas tasas de sedimentación, con un canal de escaso calado y poco navegable. Estos datos nos lleva a plantear la posibilidad de que en la ensenada se llevaran a cabo trabajos relacionados con el mantenimiento de las laderas y

el dragado del fondo de la ensenada. De manera que se tuviera un control en la estabilización de unos calados mínimos del canal mareal en marea alta-media, que proporcionaran las condiciones necesarias para el atraque de navíos de carga. De forma que fuera posible la entrada de embarcaciones de tipo carabela, las cuales poseían un escaso calado (1,5-1,9 m) (Nieto Olarte, 2013; Rodríguez-Vidal et al., 2020 b).

El estudio palinológico reveló que el clima era de carácter mediterráneo relativamente seco. El registro constata la intervención del hombre en el medio a través de la desforestación, actuando principalmente sobre el pinar y encinar, así como tomando espacios abiertos para su explotación ganadera y el cultivo del olivo.

A partir de estos dos factores, se ha establecido una evolución del paisaje dividida en 3 fases. La primera, entre el siglo XIV y comienzos del XV, la ensenada no mostraba signos de actividades agrícola-forestales. Entre la segunda mitad del siglo XV y comienzos del XVI, se desarrolló una intensa actividad portuaria que empieza a transformar la ensenada y, por último, durante la segunda mitad del siglo XVI y el XIX se caracteriza por el vacío poblacional, que coincide con la recesión socioeconómica del municipio; momento en el que la erosión de las laderas contribuye a la total colmatación de la ensenada (Campos, 2019 b).

## 6.4. Paleogeografía del Estuario de Huelva y poblamiento humano.

El estuario de los ríos Tinto-Odiel constituye un espacio privilegiado por su riqueza natural, su clima y su situación estratégica. Ha sido un área intensamente ocupada por el ser humano desde tiempos prehistóricos. Como se ha visto en el capítulo 3, el medio natural ha sufrido profundos cambios, los cuales afectaron directamente a los asentamientos humanos. Este planteamiento geoarqueológico nos ofrece un nuevo modelo de interrelación entre la dinámica

de los procesos naturales costeros y la colonización humana de estos nuevos entornos litorales (Rodríguez-Vidal et al., 2014 b).

El rápido ascenso marino postglaciar provocó que los estuarios fluviales del SO de España fueran invadidos por las aguas oceánicas, adoptando la línea de costa un trazado irregular con bahías y cabos. Aunque aún no existen evidencias directas en la costa Atlántica de formaciones litorales emergidas durante el máximo transgresivo (6.500 años B.P.), los datos disponibles (Borrego et al., 1999; Dabrio et al., 2000) muestran que la fase inicial del relleno de los estuarios (6.500-4.000 años B.P.) se produjo como relleno fluvio-marino de fondo.

Al mismo tiempo, se produjo el desarrollo de playas areno-limosas en ambos márgenes de la bocana (Cáceres et al., 2018). Durante este periodo, correspondiente a parte del Neolítico y el Calcolítico temprano, los asentamientos humanos no estaban directamente relacionados con el medio marino y se ubicaron en cerros cercanos (Fig. 71) ya que los recursos alimenticios dependían principalmente de la agricultura. Una prueba de ello la encontramos en las etapas más antiguas del asentamiento de Papa Uvas, donde se evidencia la explotación de recursos agrícolas, pero también se aprovechan recursos marinos (peces, cetáceos, moluscos) dado el entorno favorable (Martín de la Cruz, 1998).

En esta primera etapa del desarrollo morfosedimentario del estuario, se enmarca la evidencia de que el máximo transgresivo tuvo lugar hace 5.300 años B.P., como lo demuestra el registro de la ensenada marginal del río Tinto en su margen izquierda.

Desde el año 4.000 al 2.600 B.P., el paisaje estuarino experimentó un cambio dramático (Fig. 71). El aumento del aporte sedimentario generado por la intensa erosión marina de los promontorios cercanos y por el importante aporte fluvial debido al aumento de la minería (Leblanc et al., 2000) y la desforestación (Domínguez-Delmas et al., 2015), inició la fase principal de relleno y remodelación del estuario (Cáceres et al., 2018). Estas modificaciones también se han registrado en otros estuarios de la costa ibérica del SO Atlántico para este periodo (Schneider et al., 2016). Los principales cambios tuvieron lugar por el crecimiento de las flechas litorales cercanas a la desembocadura del Tinto-Odiel

(Punta Umbría y Punta Arenilla en Rodríguez-Ramírez et al., 2000), y la emersión de marismas al interior. El principal asentamiento del entorno fue el de la Ciudad de *Onoba* (Huelva) que dominó una amplia bahía durante el Calcolítico y la Edad de Bronce (Fig. 71). Estas culturas ponen en evidencia una relación intrínseca con el mar, en términos de navegación marina, comercio y uso de los recursos marinos (Gómez-Toscano y Campos, 2001).

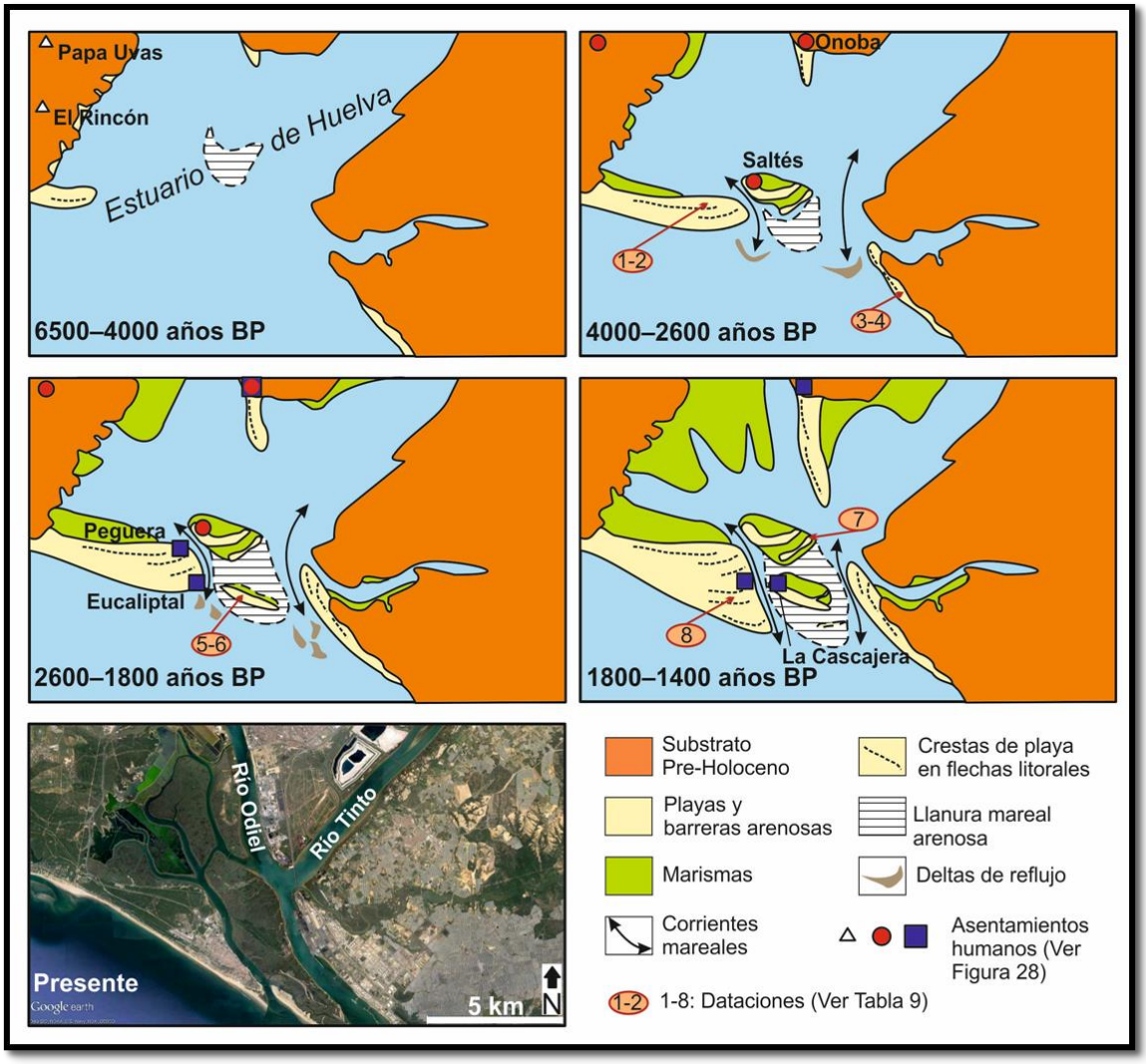



***Figura. 71:*** *Modelo de interpretación propuesto para la evolución paleogeográfica del Holoceno medio-tardío del estuario de Huelva y edad para el desarrollo de los asentamientos humanos posterior a 6.500 años B.P. Los triángulos representan los asentamientos del período Prehistórico; Los cuadrados azules representan asentamientos de la época romana; y círculos rojos a la ubicación de asentamientos del período protohistórico. (Cáceres et al., 2018).*

A partir del 2600 años B.P., las condiciones ambientales favorecieron el desarrollo de la primera llanura de chenier en la actual Isla de Saltés (Fig. 71). Las primeras barreras arenosas (El Almendral y El Acebuchal) estarían ya

consolidadas, siguiendo los mismos procesos geológicos descritos para La Cascajera; emergiendo alrededor de 3000 años B.P. (Dabrio et al., 2000). Esta época coincide con uno de los periodos de tormentas registrados al N y centro de Europa (Periodo III), descritos por Sorrel et al. (2012). Esta primera isla interior fue colonizada durante el periodo Protohistórico (2600-2500 años B.P.) como un puesto avanzado de Huelva. También se desarrolló el nuevo asentamiento portuario fluvio-marino de Aljaraque, mientras que *Onoba* y Papa Uvas continuaban ocupadas (Cáceres et al., 2018).

Durante la época romana, entre los siglos II a VI a.C., en el suroeste peninsular la economía estaba relacionada principalmente con tres sectores de producción: la agricultura, la minería y la industria pesquera. La progresiva colmatación del estuario dio lugar a una reducción dramática de las zonas inundadas permanentes.

Nuevos cheniers se formaron en la llanura mareal arenosa hacia el interior del estuario por la agradación de capas de tempestitas, hasta la emersión completa de la barrera de La Cascajera en los siglos I-II d.C. (Fig. 71). Simultáneamente, las grandes flechas de arena crecieron hacia el mar, migrando la desembocadura del estuario hacia el S y creando amplias extensiones de marismas (Cáceres et al., 2018).

Desde el punto de vista antrópico, en el siglo I d.C. y la primera mitad del siglo II d.C. la minería y la metalurgia el cobre y la plata tomaron un papel principal en la economía romana. *Onoba* se convirtió en un centro receptor y distribuidor de la producción minera, adquiriendo de esta manera el mayor rango jurídico (colonia) y por consiguiente los privilegios que Roma concedía a las ciudades. Por su parte, y en relación con la industria pesquera, los asentamientos en la costa onubense son inicialmente escasos, aunque a partir del siglo I d.C. se multiplicaron en las costas del golfo de Cádiz (Ponsich, 1988).

No fue hasta el siglo II d.C. cuando esta industria alcanzó su mayor desarrollo en el entorno de Huelva, debido a los primeros signos de crisis en la minería (Pérez Macías, 1988). Así, en *Onoba* se desarrollaron las labores pesquero-conserveras en su barrio industrial (Del Amo, 1976) localizado en la periferia,

cuya actividad permaneció en funcionamiento hasta el siglo V d.C., a medida que la minería pasó a ser una actividad muy reducida.

En la margen derecha del estuario, sobre la consolidada flecha de Punta Umbría, se instaló una industria pesquero-conservera en la zona del La Peguera y El Eucaliptal, con una ocupación que va desde mediados del siglo II d.C. hasta inicios del VII d.C. (Campos y Vidal, 2004). Estos asentamientos fueron abandonados progresivamente a medida que la flecha crecía hacia el SE y se rellenaba el estuario. Primero se abandona La Peguera (Siglos I al II d.C.) ya que se encuentran al norte, e inmediatamente después de El Eucaliptal (Siglos II al VI d.C.) (Fig. 28, Capítulo 3).

Frente a estos asentamientos de Punta Umbría se encuentra la Isla de Saltés y, como se vio anteriormente, la barrera de La Cascajera se encontraba ya consolidada en el siglo II d.C. Sin embargo, no se han encontrado indicios de una ocupación antrópica hasta finales del siglo IV d.C., cuando se instala una cetaria (Campos et al., 2014), que permanece activa hasta fines del siglo V d.C. Por tanto, este asentamiento debió convivir durante un tiempo en época tardoantigua con El Eucaliptal, y dada la proximidad entre ellos se podría pensar en una misma unidad de explotación. Esto concuerda además con el momento de despegue de la industria pesquera y del procesamiento de los alimentos en la antigüedad tardía en las costas del estrecho de Gibraltar y el golfo de Cádiz (Campos et al., 2015).

Por consiguiente, y con todo lo expuesto, se podría afirmar que durante un periodo de tiempo importante ha existido una relación directa entre la ocupación del espacio estuarino por el ser humano y su evolución natural de colmatación. Esto ha ocurrido desde poco después del máximo flandriense hasta el final de la época romana. Al concluir este periodo, en torno a la finalización del siglo V d.C., se estableció la configuración actual del estuario (Fig. 71) y los asentamientos humanos posteriores no parecen estar relacionados con un patrón evolutivo morfodinámico.

## 6.5. Conclusiones

A modo de síntesis, esta Tesis Doctoral aborda el estudio del registro geoambiental holoceno (últimos 6.500 años) del estuario de Huelva, al suroeste de la Península Ibérica, a través del análisis de tres áreas (La Cascajera, en Isla de Saltés; la ensenada de Palos de la Frontera, y la antigua ciudad de Onoba); y de manera simultánea, su correlación con el emplazamiento y la evolución de los asentamientos humanos ribereños durante los distintos periodos históricos.

El estudio constituye un nuevo enfoque respecto a los trabajos clásicos, ya que trata de forma conjunta tanto la perspectiva geológica como la arqueológica, combinando una gran variedad de técnicas analíticas como granulometrías, geoquímica, dataciones radiométricas, análisis polínico y de micro y macrofauna, recopilación historiográfica, caracterización y fechado de restos arqueológicos, entre otros. Todo ello ha permitido mejorar considerablemente la comprensión de la interacción entre el patrón de asentamiento humano y su entorno.

A modo de conclusiones se exponen aquellos aspectos más relevantes de esta memoria:

Como resultado del ascenso postgalciar holoceno del nivel marino, la confluencia de los ríos Tinto y Odiel evolucionó hacia un amplio estuario que fue colmatándose progresivamente por el aporte sedimentario fluvio-marino. El crecimiento de flechas litorales en su bocana (Punta Umbría y Punta Arenilla) provocó el cierre parcial de la desembocadura.

El análisis multidisciplinar de los sedimentos fini-holocenos de La Cascajera presenta una secuencia regresiva desde una llanura mareal arenosa basal hasta una marisma actual. Esta secuencia incluye tres facies intermedias (llanura mareal fangosa, chenier y abanicos de sobrepaso). El modelado y calibrado de las dataciones de radiocarbono han proporcionado un rango temporal de agradación y emersión de la barrera entre finales del siglo I a.C. y comienzos del siglo II d.C. Las características texturales y paleontológicas de la facies de alta energía (tempestitas) indican una erosión de los fondos infralitorales adyacentes y los canales mareales, así como de los cheniers sobre los que se depositan.

Una vez que se produce la emersión y estabilización de las barreras arenosas, estas áreas constituyen espacios apropiados para el asentamiento humano. Así, en la barrera arenosa de La Cascajera, se han encontrado evidencias de un asentamiento romano industrial relacionado con el procesamiento de recursos marinos (Cetarea), emplazado 250 años tras la estabilización natural del cordón, activo desde finales del siglo IV d.C. hasta finales del siglo V d.C. Esta relación entre el registro geológico y los asentamientos humanos perdura durante más de 3.000 años, favoreciendo el desarrollo de nuevos puertos y fábricas de salazones (p.e. El Almendral, La Peguera, El Eucaliptal, La Cascajera) sobre los distintos cuerpos estuarinos (flechas, cheniers, abanicos de sobrepaso, marismas) que fueron emergiendo gradualmente.

El puerto más relevante del estuario se encuentra asociado a la ciudad prerromana de Onoba. El estudio geoarqueológico revela cómo la dinámica de los sistemas torrenciales de los cabezos y la evolución de sus acantilados condicionaron el relieve, el entramado urbano y la delimitación de la línea de costa en el paleoestuario de los ríos Tinto y Odiel, o antigua Palus Erebea. El límite meridional de la ciudad ha quedado definido por la existencia de un conjunto de infraestructuras portuarias (embarcaderos, almacenes y faro), un barrio con estructuras doméstico-artesanales, y por instalaciones de una industria pesquero-conservera, cuya actividad sirvió de motor económico de la ciudad y fue la responsable de su devenir histórico.

Las investigaciones arqueológicas y geológicas llevadas a cabo durante las campañas (2013-2019) en la ensenada de Palos de la Frontera, han contribuido a la localización inequívoca del conjunto de infraestructuras que conformaban el puerto, así como a la reconstrucción histórica desde sus inicios, pasando por el periodo de mayor desarrollo durante el siglo XV y, hasta su abandono y total colmatación. La especialización de las instalaciones y los materiales encontrados lo sitúan dentro de circuitos comerciales internacionales, siendo frecuente un intenso intercambio de manufacturas, entre las que destacan el material constructivo y la cerámica. Además, su registro Holoceno tardío apoya la idoneidad de albergar naves en el canal navegable de la ensenada, hoy totalmente colmatada, que hubo de estar sometida a constantes labores de mantenimiento del calado durante la época medieval. Los resultados de las

investigaciones geomorfológicas y paleontológicas de los sedimentos más profundos de los sondeos han permitido la reconstrucción paleoambiental desde el Neógeno hasta la actualidad. Cabe destacar la presencia del nivel que documenta el máximo Flandriense en torno a 5.300 años B.P. Este registro marino contiene la primera evidencia fehaciente para las costas del Golfo de Cádiz.

Por último, y como conclusión general, la evolución y colmatación paulatina del estuario ha ido proporcionando áreas emergidas que posibilitaban la instalación de asentamientos humanos; principalmente aquellos relacionados con el transporte y explotación de recursos de origen marino.

Este modelo evolutivo brinda una perspectiva más completa sobre la evolución del estuario de los ríos Tinto y Odiel, y su relación con el devenir de los asentamientos humanos en los distintos periodos históricos; constituyendo un referente en el estudio e interpretación de otros estuarios holocenos.

# Conclusions

As a summary, this Doctoral Thesis studies the Holocene geoenvironmental record (last 6.500 years) of the Huelva estuary, southwest of the Iberian Peninsula, through the analysis of three areas (La Cascajera, on Saltés Island; Palos de la Frontera, and the ancient city of *Onoba*); and simultaneously, its correlation with the location and evolution of the riverside human settlements during the different historical periods.

The study constitutes a new approach with respect to the classical bibliography, since it jointly analyses both the geological and archaeological perspectives, combining a great variety of analytical techniques such as granulometry, geochemistry, radiometric dating, pollen, micro and macrofauna analysis, historiographic compilation, characterization and dating of archaeological remains, among others. All of this has considerably improved the understanding of the interaction between the human settlement pattern and its environment.

The most relevant aspects of this report are presented as conclusions:

As a result of the post-glacial Holocene rise of the sea level, the confluence of the Tinto and Odiel rivers evolved into a wide estuary that was progressively filled by the fluvio-marine sedimentary input. The growth of coastal spits in its mouth (Punta Umbría and Punta Arenilla) caused the partial closure of the river mouth. The multidisciplinary analysis of the Fini-Holocene sediments of La Cascajera presents a regressive sequence from a basal sandy tidal plain to a current marshland. This sequence includes three intermediate facies (muddy tidal plain, chenier, and washover fans). The modelling and calibration of the radiocarbon dates have provided a time range of aggradation and emersion of the barrier between the end of the 1$^{st}$ Century BC. and early 2$^{nd}$ Century AD. The textural and paleontological characteristics of the high-energy facies (tempestites) indicate an erosion of the adjacent infralittoral beds and tidal channels, as well as the cheniers on which they are deposited. Once the emersion and stabilization of the sandy barriers take place, these areas constitute suitable spaces for human settlement. Thus, in the sandy barrier of La Cascajera, has been found evidence

of an industrial Roman settlement related to the processing of marine resources (*Cetarea*), located 250 years after the natural stabilization of the barrier, active since the end of the 4th Century AD. until the end of the 5th century AD. This relationship between the geological record and human settlements continues for more than 3.000 years, favoring the development of new ports and fish salting factories (f.e. El Almendral, La Peguera, El Eucaliptal, La Cascajera) on the different estuarine bodies (spits, cheniers, washover fans, marshes) that gradually emerged.

The most important port of the estuary is associated with the pre-Roman city of *Onoba*. The geoarchaeological study reveals how the dynamics of the torrential systems of the “Cabezos" (hills) and the evolution of its cliffs conditioned the relief, urban distribution and the delimitation of the coastline in the palaeoestuary of the Tinto and Odiel rivers, or ancient *Palus Erebea*. The southern limit of the city has been defined by the existence of a set of harbour infrastructures (piers, warehouses and lighthouse), a neighborhood with domestic-artisan buildings, and by facilities of a fishing-canning industry, whose activity acted as an economic engine of the city and was responsible for its historical development.

The archaeological and geological investigations carried out during the campaigns (2013-2019) in the cove of Palos de la Frontera, have contributed to the unequivocal location of the set of infrastructures that made up the harbour, as well as to the historical reconstruction since its inception, going through the period of greatest development during the fifteenth century and, until its abandonment and total colmatation. The specialization of the facilities and the materials found, place it within international commercial circuits, being frequent an intense exchange of manufactures, highlighting the construction material and ceramics. In addition, its late Holocene record supports the suitability of housing ships in the navigable channel of the cove, now completely filled, which had to be subjected to constant depth maintenance work during medieval times. The results of geomorphological and paleontological investigations of the deepest sediments of the boreholes have allowed paleoenvironmental reconstruction from the Neogene to the present day. It is remarkable the presence of a level that documents the Flandrian Maximum around 5.300 years BP. This marine record contains the first reliable evidence for the coasts of the Gulf of Cádiz.

Finally, and as a general conclusion, the evolution and gradual clogging of the estuary has been providing emerged areas that allow the installation of human settlements; mainly those related to the transportation and exploitation of marine resources.

This evolutionary model provides a more complete perspective on the evolution of the estuary of the Tinto and Odiel rivers, and its relationship with the evolution of human settlements in different historical periods; constituting a reference in the study and interpretation of other Holocene estuaries.

# CAPÍTULO 7:

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

# A

Abad, M. (2002). Arquitectura estratigráfica y Paleontológica del Complejo Basal Transgresivo. *Seminario de Investigación,* Universidad de Huelva, 225pp.

Abad, M. (2007). *La transgresión Tortoniense en el Margen Pasivo de la Cuenca del Guadalquivir, Respuesta Estratigráfica e Implicaciones Paleontológicas*. Tesis Doctoral, Universidad de Huelva, 510pp.

Aharon, P. (1984). Implications of the coral reff records from New Guinea concentring the astronomical theory of ice ages. *Milankovitch and Climate* (Berger, A.L.; Ombrie, J.; Hays, J.; Kukla, G.; Saltman, B. (Eds).) 379-389 pp.

Albarracín, S., Alcántara-Carrió, J., Barranco, A., Sánchez García, M., Fontán Bouzas, Á,. Rey Salgado, J. (2013). Seismic evidence for the preservation of several stacked Pleistocene coastal barrier/lagoon systems on the Gulf of Valencia continental shelf (western Mediterranean). *Geo- Marine Letters,* vol. 33; 217–223pp.

Albelda, J., Obermaier, H. (1931). El casco griego de Huelva. *Boletín de la Real Academia de la Historia 98*, *cuaderno II* (abril-junio. 1931). 642-648pp.

Allen, J.R.L. (2000). Morphodynamics of Holocene salt marshes: a review sketch from the Atlantic and Southern North Sea coasts of Europe. *Quaternary Science Reviews* Vol. 19; 1155-1231pp.

Almagro Basch, M. (1940). El hallazgo de la ría de Huelva y el final de la Edad del Bronce en el Occidente de Europa. Ampvrias. *Revista de Arqueología, Prehistoria y Etnografía*, Vol. II, 85-143pp.

Almagro Basch, M. (1957). Las fíbulas de codo de la ría de Huelva. Su origen y cronología. *Cuadernos de trabajo de la Escuela Española de Historia y Arqueología en Roma*, Vol. 9; 7-46pp.

Alonso, A. y Pagés, J.L. (2010). Evolución del nivel del mar durante el Holoceno en el Noroeste de la Península Ibérica. *Revista de la Sociedad Geológica de España,* Vol. 23(2-3);157-167pp.

Alonso, C.; Gracia, F.J., Del Río, L.; Anfuso, G., Benavente, J.; Martínez, J.A. (2004). Registro morfosedimentario de eventos históricos de alta energía en el litoral Atlántico del Estrecho de Gibraltar (Trafalgar-Tarifa). *Contribuciones recientes sobre Geomorfología*. SEG-CSIC (Madrid), Benito, G, Díez, A. (eds.), 263-272 pp.

Alonso, C., Gracia, F.J., Benavente, J. (2009). Evolución histórica de la línea de costa en el sector meridional de la Bahía de Cádiz. *Revista Atlántica-Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social*, Vol.11; 13-37pp.

Arroyo, M. (2019). *Análisis micro-paleontológico de testigos de sondeos en la ensenada colombina de Palos de la Frontera (Huelva)*. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Huelva. 106pp.

Arroyo, M., Ruiz, F., Campos, J.M., Bermejo, J., González-Regalado, M.L., Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L.M., Olías, M., Abad, M., Izquierdo, T., Gómez, P., Toscano, A., Romero, V., Gómez, G. (2021). Where did Christopher Columbus start? The

estuarine scenario of a historical date. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 250; 107-162 pp.

Augustinus, P. (1989). Cheniers and chenier plains: a general introduction. *Marine Geology*, Vol. 90; 219–229pp.

# B

Baceta, J.I. y Pendón, J.G. (1999). Estratigrafía y arquitectura de facies de la Formación Niebla, Neógeno superior, sector occidental de la Cuenca del Guadalquivir. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, Vol. 12, 419-438pp.

Bailey, G., Carrión, J.S., Fa, D., Finlayson, C., Finlayson, G., Rodríguez-Vidal, J. (2008). The coastal shelf of the Mediterranean and beyond: corridor and refugium for human populations in the Pleistocene. *Quaternary Science Reviews*, Vol. 27; 2095-2099pp.

Barahona, E. (1974). *Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: evaluación de algunos ensayos de materias primas*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, España.

Bard, E.; Hamelin, B.; Fairbanks, R.G. (1990). U-Th ages obtained by mass spectrometry in corals from Barbados: sea level during the past 130,000 years. *Nature*, Vol. 346; 456-458 pp.

Bazzana, A. y Bedia, J. (2005). Excavaciones en la Isla de Saltés (Huelva) 1988–2001. *Consejería de Cultura, Junta de Andalucía*, 717 pp.

Bedia, M.J. (1989). Informe de prospección superficial en la ladera norte del Cabezo de la Esperanza. *Delegación Provincial de Cultura*.

Bedia, M.J.; Martín Rodríguez, E. y Prados Pérez, E. (2004). Reshef: el dios que vino del mar. Mus-A: *Revista de los museos de Andalucía*. Vol. 4; 179-185pp.

Belén Deamos, M.; Fernández- Miranda, M.; Garrido Roiz, J.P. (1978). Los orígenes de Huelva. Excavaciones en los Cabezos de San Pedro y La Esperanza. *Huelva Arqueológica*. Vol. III; Madrid.

Bendala, M. (1989). La génesis de la estructura urbana en la España Antigua. *CUPAUAM*, Vol. 16; Madrid. 127-147pp.

Benjamin, J., Rovere,A., Fontana, A., Furlani, S., Vacchi, M., Inglis, R.H., Galili, E., Antonioli, F., Sivan, D., Miko, S., Mourtzas, N., Felja, I., Meredith-Williams, M., Goodman-Tchernov,B., Kolaiti, E., Anzidei, M., Gehrels, R. (2017). Late Quaternary sea-level changes and early human societies in the central and eastern Mediterranean Basin: An interdisciplinary review. *Quaternary International*, Vol. 449; 29-57pp.

Bermejo, A., Bermejo J. (2019). Las instalaciones del puerto de época colombina de Palos de la Frontera (Huelva): la alota y el campo de hornos. *Actas de la Jornadas de historia sobre el descubrimiento de América*, UNIA y Ayuntamiento de Palos de la Frontera. Vol. IV; 513-541pp.

Bermejo, A., Bermejo J. (2020). La alota de la Villa de Palos de la Frontera, un edificio singular en el puerto de época colombina.

*La recuperación geoarqueológica del puerto histórico de Palos de la Frontera (ss. XIV-XVI): medio natural e instalaciones*. Campos Carrasco, J.M. (ed.). Universidad de Huelva. 133-149pp. ISBN (pdf) 978-84-18280-02-3.

Bermejo, J., Campos, J.M. (2020). Maritime signalling in Antiquity: the Lanterna of the harbour of Onoba Aestuaria, a new lighthouse along the Atlantic (Huelva, Spain). *Journal of Maritime Archaeology*. Vol. 15; 475–498pp. https://doi.org/ 10.1007/s11457-020-09276-8

Bermejo, J., Campos, J.M., García Rincón, J.M., Vera, J.C. (2016). Arqueología en el paraje natural de Marismas del Odiel (Huelva) y su entorno, desde la prehistoria hasta época tardoantigua. *El Patrimonio Histórico y Cultural en el paraje natural Marismas del Odiel: Un enfoque diacrónico y transdisciplinar* (Ed. Campos, J.M.). Universidad de Huelva, Puerto de Huelva. 107–129pp.

Bermejo, J., Campos, J.M., Rodríguez-Vidal, J. (2017 a). Las estructuras portuarias de Onoba Aestuaria: Un puerto pesquero y de control imperial. *Los puertos atlánticos béticos y lusitanos y su relación comercial con el Mediterráneo.* Juan M. Campos Carrasco, Javier Bermejo Meléndez. (Coord). Huelva: Universidad de Huelva. ISBN: 978-88-913-1522-9.

Bermejo, J., Campos, J.M., Vidal, N Toscano, C., Fernández, L., Marfil, F., Bermejo, A., Baena, E., Lobo, E. (2017 b). *Ruta portuaria del arco atlántico del suroeste hispano*. (DEATLANTIR (HAR2014-58326p)). Servicio Publicaciones de la Universidad de Huelva; 61pp.

Bermejo, J., Gómez, P., González-Regalado, M.L., Ruiz, F., Campos, J.M., Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L.M., Clemente, M.J., Toscano, A., Abad, M., Izquierdo, T., Prudencio, M.I., Dias, M.I., Marques, R., Tosquella, J., Carretero, M.I., Monge, G. (2019). A new roman fish-salting workshop in the Saltés Island (Tinto-Odiel Estuary, SW Spain): La Cascajera and its archaeological and geological context. *Cuaternario y Geomorfología,* Vol. 33 (3-4); 13-26pp. DOI: 10.17735/cyg.v33i3-4.69080.

Bernal, D. (1997). *Economía y comercio de la bética mediterránea y del Círculo del Estrecho en la Antigüedad Tardía (ss. III - VII d.C.) a través del registro anfórico*. Tesis Doctoral, Madrid,238pp.

Bernal, D. (2008). El final de la industria pesquero-conservera en Hispania (ss. V-VII d.C.). Entre obispos, Bizancio y la evidencia arqueológica. Ressources et activites maritimes des peuples de l'Antiquite, Actes du colloque international de Boulogne-sur-Mer (J. Napoli, ed.), *Les Cahiers du Littoral* Vol. 2-6; 31-57 pp.

Bernal, D. y García, E. (2014). Talleres haliéuticos en la Hispania romana. Artífices idóneos: artesanos, talleres y manufacturas en Hispania. *Anejos de Archivo Español de Arqueología*, Vol. LXXI; 295-318 pp.

Bernal, D., Expósito, J.A., Díaz, J.J., Bustamante, M., Lara, M., Vargas, J.M., Jiménez-Camino, R., Calvo, M., Luaces, M., Pascual, M.A., Blanco, E., Hoyo, L., Retamosa, J.A., Durante, A., Muñoz, N., Bellido, A. (2015). Evidencias arqueológicas de desplomes parame-

ntales traumáticos en las Termas Marítimas de Baelo Claudia. Reflexiones arqueosismológicas. *Cuaternario y Geomorfología,* Vol.29 (1-2); 119-136pp.

Bischoff, J. y Fitzpatrick, J. (1991). U-series dating of impure carbonates: an isochron technique using total-sample dissolution. *Geochimica et Cosmochimica Acta,* Vol. 55; 543-554pp.

Blázquez Martínez, J.M.; Luzón Nogué, J.M.; Clauss, K.; Gómez Toscano, F. (1970). Las cerámicas del Cabezo de San Pedro. *Huelva Arqueológica*. Vol. I; Madrid.

Blázquez Martínez, J.M.; Luzón Nogué, J.M. y Ruíz Mata, D. (1971). La factoría púnica de Aljaraque en la provincia de Huelva. *Noticiario Arqueológico Hispano XIII-XIV*; 304-331pp.

Blázquez, J.M., Ruiz, D., Remesal, J., Ramírez, J.L. y Clauss, K. (1979). Excavaciones en el cabezo de San Pedro (Huelva). Campaña de 1977. *Excavaciones Arqueológicas en España*. Madrid.

Bloom, A.L.; Broeckner, W.S.; Chappell, J.; Mathews, R.K.; Mesolella, K.L. (1974). Quaternary sea levels fluctuations on a tectonic coast; new 230Th/234U dates from the Huon peninsula, New Guinea. *Quaternary Research*, Vol. 4; 185-205 pp.

Bonifay, M. (1987). Observations sur les amphores à Marseille d'après les fouilles de la Bourse (1980-1984). *Révue d'Archéologie Narbonnaise*, Vol. 19; 269-305 pp.

Bonifay, M. (2004). Études sur la céramique romaine tardive d'Afrique. *B.A.R, International series*, Oxford. Vol. 1301; 525 pp.

Bonifay, M. (2005). Observations préliminaires sur les céramiques des collections du Musée. *Aix-en-Provence*, 175-180 pp.

Bonsor, G. (1928). Tartessos. Excavaciones del Cerro del Trigo (despoblado romano en el coto de Doñana, Almonte). *Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades*, Vol. 97; 238 pp.

Boomer,I. y Horton, B.P. (2006). Holocene relative sea-level movements along the North Norfolk Coast, UK. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol.230; 32– 51pp.

Borja, A. (1986). Biología y ecología de tres especies de moluscos gasterópodos intermareales: Rissoa parva, Barleeia unifasciata y Bittium reticulatum. I: Estructura y dinámica de poblaciones. *Cahiers de Biologie Marine*, Vol. 27; 491-507 pp.

Borja, F. (1992). El cabezo del Castillo de Palos (Huelva): Modelado histórico y evolución del asentamiento. *Huelva en su Historia*, Vol. 4; 51-62pp.

Borja, F., Campos, J. M., Pozo, F., Gómez, A. y Rodrigo, J.M. (1992). Geo-arqueología en el estero de la Fontanilla: el Puerto Histórico de Palos de la Frontera (Huelva). *Anuario Arqueológico de Andalucía* 1990, Vol. III; 214-227pp.

Borja, F.; Campos, J.M.; Pozo, F. (1993). Morfogénesis reciente del paleo-acantilado holoceno y estero de Palos de la Frontera (Huelva), Interpretación

Geoarqueológica. *Estudios sobre Cuaternario. Medios Sedimentarios. Cambios Ambientales. Hábitat Humano*. Universidad de Valencia.

Borja, F., Zazo, C., Dabrio, C.J., Díaz del Olmo, F., Goy, J.L., Lario, J. (1999). Holocene aeolian phases and human settlements along the Atlantic coast of southern Spain. *The Holocene*, Vol.9; 337–339pp.

Borrego, J. (1992). *Sedimentología del Estuario del Río Odiel. Huelva. SO España*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, 308pp.

Borreogo, J., Morales, J.A., Pendon, J.G. (1993). Holocene filling of an estuarine lagoon along the mesotidal Coast of Huelva: The Piedras river mouyh, Southwestern Spain. *Journal of Coastal Research*, Vol. 8; 321-343pp.

Borrego, J., Gil, N. y Morales, J.A. (1998). Ambientes y dinámica sedimentaria de una llanura de Cheniers en la desembocadura del estuario de los ríos Tinto y Odiel (SO España). *I Simposio Interdisciplinar sobre Procesos Estuarinos*. Faro. 53-53pp.

Borrego, J., González-Regalado, M.L., Pendón, J.G., Morales, J.A. (1999). The Holocene transgression into the estuarine central basin of the Odiel River mouth (Cadiz gulf, SW, Spain): lithology and faunal assemblages. *Quaternary Science Reviews*, Vol.18; 769-788pp.

Borrego, J., Morales, J.A., Gil, N. (2000). Facies deposicionales y evolución reciente de una llanura de cheniers en la desembocadura de la Ría de Huelva (S. O. España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, Vol. 13 (3–4); 405–416pp.

Boski, T., Moura, D., Veiga-Pires, C., Camacho, S., Duarte, D., Scott, D.B., Fernandes, S.G. (2002). Postglacial sea-level rise and sedimentary response in the Guadiana Estuary, Portugal/Spain border. *Sedimentary Geology*, Vol. 150; 103-121pp.

Boski, T., Camacho, S., Moura, D., Fletcher, W., Wilamowski, A., Veiga-Pires, C., Correia, V., Loureiro, C., Santana, P. (2008). Chronology of the sedimentary processes during the postglacial sea level rise in two estuaries of the Algarve coast, Southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 77; 230-244pp.

Bronk Ramsey, C. (2001). Development of the radiocarbon calibration program OxCal. *Radiocarbon*, Vol. 43 (2A); 355–363pp.

Bronk Ramsey, C. (2008). Deposition models for chronological records. *Quaternary Science Review*, Vol. 27 (1–2); 42–60pp.

Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, Vol. 51 (1); 337–360pp.

Bronk Ramsey, C. (2013). Radiocarbon Calibration and Timescales. Austria: N. pp., *Web*.

Bronk Ramsey, C., Allen, M.J. (1995). Analysis of the radiocarbon dates and their archaeological significance. *Stonehenge in Its Landscape: Twentieth Century Excavations. English Heritage,*

*London*, (Eds.: Cleal, R.M.J., Walker, K.E., Montague, R.) 526–535pp.

Buck, C.E., Kenworthy, J.B., Litton, C.D., Smith, A.F.M. (1991). Combining archaeological and radiocarbon information - a Bayesian-approach to calibration. *Antiquity*, Vol. 65 (249); 808–821pp.

Buck, C.E., Litton, C.D., Smith, A.F.M. (1992). Calibration of radiocarbon results pertaining to related archaeological events. *Journal of Archaeological Science,* Vol. 19 (5); 497–512pp.

Butzer, K.W. y Cuerda, J. (1962). Coastal stratigraphy of southern Mallorca and its implications for the Pleistocene chronology of the Mediterranean Sea. *Journal of Geology*, Vol. 70; 398-416 pp.

Buck, C.E., Kenworthy, J.B., Litton, C.D., Smith, A.F.M. (1991). Combining archaeological and radiocarbon information - a Bayesian-approach to calibration. *Antiquity,* Vol. 65 (249); 808–821pp.

Buck, C.E., Litton, C.D., Smith, A.F.M. (1992). Calibration of radiocarbon results pertaining to related archaeological events. *Journal of Archaeological Science,* Vol. 19 (5); 497–512pp.

# C

Cabrera Bonet, P. (1986). Los griegos en Huelva. Los materiales griegos. *Homenaje a Luis Siret*. Sevilla. 575-583pp.

Cabrera Bonet, P. (1987). Nuevos fragmentos de cerámica griega arcaica en Huelva. *Ceràmiques grecques i helenístiques a la Península Ibèrique*. Barcelona. 43-57pp.

Cáceres, L.M., Rodríguez-Vidal, J., Rodríguez-Ramírez, A., Guerrero, V. (1997). Evolución geomorfológica reciente de la laguna de Las Madres y su entorno (Huelva). *Cuaternario Ibérico* AEQUA (Edit), Huelva. 143-146pp. ISBN: 84-923053-0-4.

Cáceres, L.M. (1999). *Geomorfología del sector occidental de la Depresión del Guadalquivir (Huelva).* Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva. 250 pp.

Cáceres Puro, L.M. y Rodríguez-Vidal, J. (2008). Terrazas fluviales medias y bajas del río Tinto (noroeste de Villarrasa). *Geología de Huelva. Lugares de Interés Geológico*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva, Huelva. 142-143 pp

Cáceres, L.M., Rodríguez Vidal, J., Ruiz, F., Rodríguez Ramírez, A y Abad, M. (2006). El registro geológico Holoceno como instrumento para establecer periodos de recurrencia de tsunamis: el caso de la costa de Huelva. *V Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica*, Sevilla 1–4pp.

Cáceres, L.M., Muñíz, F., Rodríguez-Vidal, J., Vargas, J.M., Donaire, T. (2014). Marine bioerosion in rocks of the prehistoric tholos of La Pastora (Valencina de la Concepción, Seville, Spain): archaeological and palaeo-

environmental implications. *Journal of Archaeological Science*, Vol.41; 435-446pp.

Cáceres, L.M., Gómez, P., González-Regalado, M.L., Clemente, M.J., Rodríguez-Vidal, J., Toscano, A., Monge, G., Abad, M., Izquierdo, T., Monge Soares, A.M., Ruiz, F., Campos, J.M., Bermejo, J., Martínez-Aguirre, A., López, G.I. (2018). Modelling the mid-late Holocene evolution of the Huelva Estuary and its human colonization, South-Western Spain. *Marine Geology*, Vol. 406; 12–26pp.

Camacho, M.A., García, E. Alonso, F.M. (2008). Ingeniería Geológica. *Geología de Huelva: lugares de interés geológico*. 52-55pp. ISBN 978-84-92679-19-5.

Camacho, S., Boski, T., Moura, D., Scott, D., Connor, S., Pereira, L. (2017). Paleoenvironmental evolution of the Guadiana Estuary, Portugal, during the Holocene: A modern foraminifera analogy approach. *The Holocene,* Vol. 27 (2); 197-235pp.

Campos Carrasco, J.M. (2001-2002). La ciudad romana de Onuba (Huelva): una revisión arqueológica. *AnMurcia*, Vol.16-17; 329-340pp.

Campos Carrasco, J.M. (2002). Génesis y evolución del fenómeno urbano en el territorio onubense. *SPAL*, Vol.11; 161-168pp.

Campos Carrasco, J.M. (2010). Los suburbios de Onoba Aesturia. Las áreas suburbanas en la ciudad histórica. Topografía, usos, función. *Monografía de arqueología cordobesa*, (Ed. Vaquerizo Gil, D.). Córdoba. Vol. 8; 267-288pp.

Campos Carrasco, J.M. (2011). *Onoba Aestuaria. Una ciudad portuarioa en los confines de la Baetica*. Premio Díaz Hierro de Investigación en su XIV Edicion (2009*)* Ayuntamiento de Huelva. Concejalía de Cultura (Edit). ISBN 978-84-88267-35-1.

Campos Carrasco, J.M. (2012). Análisis arqueológico Del puerto histórico de Palos de la Frontera. *Descubridores de América Colón, los marinos y los puertos*. González Cruz (coord.). Madrid, 75-98pp.

Campos Carrasco, J.M. (2015). El Puerto Histórico de Palos: análisis de los estudios arqueológicos, presente, pasado y futuro. *Actas de las Jornadas sobre el Descubrimiento de América*. E. García (coord.); Vol. III; 283-332pp.

Campos, J.M. (2016). *El Patrimonio histórico y cultural en el paraje natural Marismas del Odiel. Un enfoque diacrónico y transdisciplinar*. Servicio de Publicaciones Universidad de Huelva, 600pp. ISBN: 978-84-16872-01-5.

Campos Carrasco, J.M. (2019 a). Panorama actual de la arqueología urbana en Huelva, Bienes, paisajes e itinerarios. *Revista PH Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico,* Vol. 96; 46-57pp.

Campos Carrasco, J.M. (2019 b). El descubrimiento arqueológico del Puerto Colombino de Palos de la Frontera. *Actas de la Jornadas de historia sobre el descubrimiento de América*, UNIA y Ayuntamiento de Palos de la Frontera. Vol. IV; 443-462pp.

Campos Carrasco, J.M. (2020). El proyecto de investigación 2013-2019. *La recuperación geoarqueológica del puerto histórico de Palos de la Frontera (ss. XIV-XVI): medio natural e instalaciones*. Campos Carrasco, J.M. (ed.). Universidad de Huelva. 121-132pp. ISBN (pdf) 978-84-18280-02-3.

Campos, J.M., Bermejo, J. (2017). Los suburbios de Onoba Aestuaria: el área portuaria. Oppidum-Civitas-Urbs, *Geschichte und Kultur der Iberischen Welt*. Hamburgo.739-766pp. ISBN 978-3-643-33750-4 (PDF)

Campos, J.M. y Borja, F. (1991). *Geoarqueología en el Estero de La Fontanilla: el puerto histórico de Palos de la Frontera.* Memoria de investigación. Delegación Provincial de Cultura de Huelva. Inédito.

Campos Carrasco, J.M. y Gómez Toscano, F. (1995). El territorio onubense durante el Bronce Final. *Tartessos 25 años después. 1968- 1993*. Jerez de la Frontera. 137-158pp.

Campos, J.M. y Gómez-Toscano, F. (2001). *La Tierra Llana de Huelva: arqueología y evolución del paisaje. Arqueología Monografías,* Consejería de Cultura Junta de Andalucía (Ed)., Sevilla, Vol.13; 264pp.

Campos Carrasco, J.M. y Vidal Teruel, N.O. (2003). Las ciudades hispano-romanas del territorio onubense. Estado de la cuestión. *Revista d'Arqueologia de Ponent*, Vol. 13; 41-81pp.

Campos, J.M.; Vidal, N.O. (2004). Las salazones del litoral onubense: la cetaria de El Eucaliptal. *Huelva en su Historia*, Vol. 11; 51-82 pp.

Campos, J.M., Vidal, N.O. (2020). Las investigaciones arqueológicas de 1990. *La recuperación geoarqueológica del puerto histórico de Palos de la Frontera (ss. XIV-XVI): medio natural e instalaciones*. Campos Carrasco, J.M. (ed.). Universidad de Huelva. 105-118pp. ISBN (pdf) 978-84-18280-02-3.

Campos, J. M., Castiñeira, J., Teba, J. Á. y Escudero, J. (1990). *El cabezo del castillo de Palos de la Frontera. Huelva.* Memoria Científica*.* Delegación Provincial de Cultura de Huelva. Inédito.

Campos, J.M., Castiñeira, J., García, J.M., Borja, F. (1990). Arqueología y evolución del paisaje: un proyecto geoarqueológico en la Tierra Llana de Huelva. *Cuadernos del Suroeste*, Vol. 2; 43-70pp.

Campos, J.M.; Castiñeira, J.; Borja, F.; Teba, J.A. y Bernáldez, E. (1992). Análisis arqueológico del Cabezo del Castillo de Palos de la Frontera (Huelva). *Anuario Arqueológico de Andalucía* 1990. Vol. III; 203-213pp.

Campos, J. M.; Borja, F. y Pozo, F. (1996). Geoarqueología, geofísica y reconstrucción paleogeográfica en el estero de la Fontanilla y puerto colombino de Palos de la Frontera (Huelva). *IV Jornadas sobre teledetección y geofísica aplicadas a la arqueología*. Huelva.

Campos, J.M.; Alzaga, M.; Benabat, Y.; Bora, F.; Bermúdez, T.; Cuenca, J.M.; Gómez, F.; Guerrero, O.; Vidal, N.O. (1997). Factoría de salazones de El Eucaliptal (Punta Umbría, Huelva). *Anuario*

*Arqueológico de Andalucía* 1993, vol. III, 313-323pp.

Campos, J.M., Pérez, J.A., Vidal, N. (1999 a). *Las cetariae del litoral onubense en época romana*. Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva, 222 pp.

Campos, J.M., Pérez, J.A. y Vidal, N. (1999 b). El Eucaliptal, una necropolis romana de Pescadores (Punta Umbría, Huelva). *Huelva en su Historia,* Vol. 7; 195-231 pp.

Campos, J.M., Pérez Macías, J.A., Vidal, N. y Gómez, A. (2002). Las industrias de salazones del litoral onubense: los casos de "El Eucaliptal" (Punta Umbría) y "El Cerro del Trigo" (Doñana, Almonte). *Huelva en su historia,* Vol. 9; 77-96pp.

Campos, J.C., Rodríguez-Vidal, J., Bermejo, J., González-Regalado, M.L., Abad, M., Cáceres, L.M., Ruiz, F., Toscano, A., Clemente, M.J., Gómez, P., Fernández Sutilo, L., Toscano Pérez, C., Robles Esparcía, S. (2014). Nuevos estudios arqueológicos y geomorfológicos en el Paraje Natural de Marismas del Odiel: La barrera arenosa de La Cascajera. *1ª Jornadas Internacionales Marismas del Odiel: Reserva de la Biosfera*, Huelva.

Campos, J.M., Bermejo, J., Rodríguez-Vidal, J. (2015). La ocupación del litoral onubense en época romana y su relación con eventos de alta energía. *Cuaternario y Geomorfología,* Vol. 29, 75-93pp.

Castilla, E., Haro, J. de y López, M.A. (2004). El solar nº 25-27 de la calle Vázquez López en la zona arqueológica de Huelva. La necrópolis sur de Onuba. *Anuario Arqueológico de Andalucía*, 2001. Vol. III; 503-511pp.

Cearreta, A. y Murray, J.W. (2000). AMS 14C dating of Holocene estuarine deposits: consequences of high-energy and reworked foraminifera. *The Holocene*, Vol. 10; 155–159pp.

Chappell, J. (1974). Geology of coral terraces, Huon peninsula, New Guinea: a study of quaternary tectonic movements and sea level changes. *Geological Society of American Bulletin*, Vol. 85; 553-570 pp.

Civis, J., Sierro, F.J., González Delgado, J.A., Flores, J.A., Andrés, I., De Porta, J., Valle, M.F. (1987). El Neógeno marino de la provincia de Huelva: Antecedentes y definiciones de las unidades litoestratigráficas. *Paleontología del Neógeno de Huelva (W del Guadalquivir),* (J. Civis, Ed.). Ediciones Universidad de Salamanca, 9-27pp.

Clemente, L., Menanateau, L. y Rodríguez-Vidal, J. (1985). Los depósitos holocenos en el estuario de los ríos Tinto y Odiel (Huelva, España). *Acta I Reunión del Cuaternario Ibérico*, I. Lisboa, 339-353pp.

Cooper, J.A.G. y Green, A.N. (2016). Geomorphology and preservation potential of coastal and submerged aeolianite: examples from KwaZulu Natal, South Africa. *Geomorphology*, Vol. 271; 1–12pp.

Cooper, J.A.G., Green, A.N., Meireles, R.P., Klein, A.H.F., Souza, J., Toldo, E.E. (2016). Sandy barrier overstepping and preservation linked to rapid sea level rise and geological setting. *Marine Geology*, Vol. 382; 80–91pp.

Cortés, M., Morales, J., Simón, M.D., Lozano, M.C., Vera, J.L., Finlayson, C., Rodríguez-Vidal, J., Delgado, A., Jiménez, F., Martínez-Ruíz, F., Martínez-Aguirre, F., Pascual, A.J., Bergada, M.M., Gibaja, J.F., Riquelme, J.A., López-Sáez, J.A., Rodrigo, M., Sakai, S., Sugusaki, S., Finlayson, G., Fa, D., Bicho, N.F. (2011). Earliest known use of marine resources by Neanderthals. *PLoS ONE*, Vol. 6 (9); N pp.

Costa, P.J.M., Leroy, S.A.G., Dinis, J.L., Dawson, A.G., Kortekaas, S. (2012). Recent high-energy marine events in the sediments of Lagoa de Obidos and Martinhal (Portugal): recognition, age and likely causes. *Natural Hazards Earth System Sciences*, Vol.12; 1367-1380pp.

Costa, P.J.M., Costas, S., González-Villanueva, R., Oliveira, M.A., Roelvink, D., Andrade, C., Freitas,M.C., Cunha, P.P., Martins, A., Buylaert, J.P., Murray, A. (2016). How did the AD 1755 tsunami impact on sand barriers across the southern coast of Portugal?. *Geomorphology*, Vol. 268; 296-311pp.

Costas, S., Ferreira, O., Plomaritis, T.A., Leorri, E. (2016). Coastal barrier stratigraphy for Holocene high-resolution sea-level reconstruction. *Nature Scientific Reports*, 1-12pp.

# D

Dabrio, C.J., Boersma, J.R., Fernandez, J., Martín, J.M., Polo, M.D. (1980). Dinámica costera en el Golfo de Cádiz: sus implicaciones en el desarrollo socioeconómico de la región. *Actas I Reunión Grupo Esp. Geol. Ambiental y Ord. Territorio*, Santander, 19pp.

Dabrio, C.J., González-Delgado, J.A., Civis, J., Sierro, F.J. (1988). Influencia de las tempestades en la generación de niveles e interniveles fosilíferos en las Arenas de Huelva (Plioceno). *IV. Jornadas Paleontología*, Vol. 1; 34-36pp.

Dabrio, C.J., Zazo, C., Goy, J.L. (1993). Litoral y riesgos geológicos. *V Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ord. Territ*., Murcia.

Dabrio, C.J., Goy, J.L., Lario, J., Zazo, C., Borja, F., González, A. (1995). The Guadalete Estuary during the Holocene times (Bay of Cádiz, Spain). *MBSS* (INQUA) Newsletter 17; 19-22pp.

Dabrio, C.J., Zazo, C., Lario, J., Goy, J.L., Sierro, F.J., Borja, F., González, J.A., Flores, J.A. (1999 a). Sequence stratigraphy of Holocene incised-valley fills and coastal evolution in the Gulf of Cádiz (southern Spain). *Geologie en Mijnbouw*, Vol.77; 263–281pp.

Dabrio, C.J., Goy, J.L. y Zazo, C. (1999 b). The record of the tsunami produced by the 1755 Lisbon earthquake in Valdelagrana spit (Gulf of Cadiz, southern Spain). *Geogaceta,* Vol. 23; 31–34pp.

Dabrio, C.J., Zazo, C., Goy, J.L., Sierro, F.J., Borja, F., Lario, J., González, J.A., Flores, J.A. (2000). Depositional history of estuarine infill during the last postglacial transgression (Gulf of Cadiz, Southern Spain). *Marine Geology*, Vol. 162; 381–404pp.

De Britto, B. (1609). Segunda parte da Monarchia Lusytana. *Pedro Crasbeek*, Lisbon.

De Falco, G., Antonioli, F., Fontolan, G., Lo Presti, V., Simeone, S., Tonielli, R. (2015). Early cementation and accommodation space dictate the evolution of an overstepping barrier system during the Holocene. *Marine Geology*, Vol. 369; 52–66pp.

Del Amo y de la Hera, M. (1976). Restos materiales de la población romana de Onuba. *Huelva Arqueológica*, Vol. 2; 11-196pp.

Del Amo y de la Hera, M., Belén Deamos, M. (1981). Estudio de un corte estratigráfico en el cabezo de San Pedro. *Huelva Arqueológica*, Vol. V; 57-148pp.

Delgado Aguilar, S. (2016). *Onoba Aestuaria*. Tesis doctoral. Universidad de Huelva.

Delgado, J., Boski, T., Nieto, J.M., Pereira, L., Moura, D., Gomes, A., Sousa, C., García-Tenorio, R. (2012). Sea level rise and anthropogenic activities recorded in the late Pleistocene/Holocene sedimentary infill of the Guadiana Estuary (SW Iberia). *Quaternary Science Reviews*, Vol. 33; 121-141pp.

Delibes, G., Fernández. J. (2007). ¿Para los hombres o para los dioses? Certezas y sospechas sobre la intención de los depósitos del Bronce Final Atlántico. *El hallazgo leonés de Valdevimbre y los depósitos del Bronce Final Atlántico en la Península Ibérica*. Celis Sánchez, J.; Delibes de Castro, G.; Fernández Manzano, J.; Grau Lobo, L. (eds.). León. 10- 35 pp.

Díaz, E. (1923). Objetos de bronce en la ría de Huelva. *Actas y Memorias de la Sociedad Española de Antropología, Etnografía y Prehistoria*, Vol. 2 (1); 37-40pp.

Domínguez-Delmas, M., Alejano-Monge, R., Van Daalen, S., Rodríguez-Trobajo, E., García-Gonzalez, I., Susperregi, J., Wazny, T., Jansma, E. (2015). Tree-rings, forest history and cultural heritage: current state and future prospects of dendroarchaeology in the Iberian Peninsula. *Journal Archaeol*, Vol. 57; 180–196pp.

Dougherty, A. J., Dickson, M. E. (2012). Sea level and storm control on the evolution of a chenier plain, Firth of Thames, New Zealand. *Marine Geology*, Vol. 307–310; 58–72pp.

# E

Echevarría Sánchez, A. (2009). *Sistemas agrícolas del I milenio a.C. en el yacimiento de La Orden-Seminario (Huelva): viticultura protohistórica a partir del análisis arqueológico de las huellas de cultivo.* Trabajo Fin de Máster. Universidad de Huelva. Inédito.

Elsner, O. (1992). Solution to the enigmas of dyeing Tyrian purple and the biblical tekhelet. *Dyes in History and Archaeology*, Vol. 10; 11–16pp.

Escacena, J.L., Rodríguez de Zuloaga, M., Ladrón de Guevara, I. (1996). *Guadalquivir salobre. Elaboración prehistórica de sal marina en las antiguas*

*bocas del río.* Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Sevilla. 313pp.

# F

Fernández Caliani, J.C., Ruiz, F., Galán, E. (1997). Clay mineral and heavy metal distribution in the lower estuary of Huelva and adjacent Atlantic shelf, SW Spain. *Science of The Total Environment*, Vol. 198 (2); 181–200pp. https://doi.org/10-.1016/S0048-9697(97)05450-8.

Fernández Jurado, J. (1987 a). Excavación de urgencia del solar nº 13-15 de la calle La Fuente (Huelva), 1985. *Archivo Arqueológico de Andalucía*, Sevilla. Vol. III, 185-186pp.

Fernández Jurado, J. (1987 b). Excavación de urgencia en la Plaza Quintero Báez (Huelva), 1985. *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Sevilla. Vol. III; 180-182pp.

Fernández, J. y García, J.M. (1990). Sondeo estratigráfico en el solar nº 3 de la calle La Fuente (Huelva). *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Sevilla. Vol. III; 120-121pp.

Fernández, J., Rufete, p. y García, C. (1991 a). Excavación en el solar 10 de la calle Fernando el Católico de Huelva. *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Sevilla. Vol. III; 246-249pp.

Fernández, J., Rufete, p. y García, C. (1991 b). Excavación en el solar 9-11 de la calle Tres de Agosto de Huelva. *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Sevilla. Vol. III; 250-254pp.

Fernández, J., Rufete, p., García, C. (1991 c). Análisis y definición de la cultura tartésica según tejada la Vieja y Huelva. *Anuario Arqueológico de Andalucía,* Sevilla. Vol. II; 237-247pp.

Fernández, J., Rufete, p. y García, C. (1992). Nuevas evidencias de Onuba. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Autónoma de Madrid*. Vol. 19; 289-317pp.

Fernández, J., Rufete, p. y García, C. (1993). Análisis y definición de la cultura tartésica según tejada la Vieja (Escacena) y Huelva. *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Cádiz. Vol. II; 267-272pp.

Fernández, J., Rufete, p. y García, C. (1995). Excavaciones arqueológicas en el Convento de las RR.MM. Agustinas (C/Palos, 12) en Huelva. *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Cádiz. Vol. III, 365-366pp.

Fernández Jurado, J., García Sanz, C., Rufete Tomico, P. (1997*). De Tartessos a Onuba. 15 años de arqueología en Huelva.* Huelva. Diputación Provincial de Huelva. N pp.

Fernández López, S. (2000). *Temas de Tafonomía*. Servicio de Publicaciones España: Universidad Complutense de Madrid. 167pp.

Fernández Rodríguez, J.M. (2014). Los depósitos de la Ría de Huelva: en busca del barco perdido. *Onoba*. Revista de Arqueología y Antigüedad, Vol. 2; 3-26pp. http://dx.doi.org/10.33776/onoba.v0i2.2406.

Fernández Sutilo, L. (2016). *Espacios y usos funerarios en Onoba y su área de influencia entre los ss. II a.C.– VII d.C.* Tesis Doctoral. Universidad de Huelva.

Fernández-Sutilo, L., Marfil, F. (2020). El alfar de Palos de la Frontera: Un complejo industrial coprotagonista del paisaje cotidiano del puerto durante los siglos XV y XVI. *La recuperación geoarqueológica del puerto histórico de Palos de la Frontera (ss. XIV-XVI): medio natural e instalaciones*. Campos Carrasco, J.M. (ed.). Universidad de Huelva. 151-189pp. ISBN (pdf) 978-84-18280-02-3.

Fernández Vial, I. y Fernández Morente, G. (2004). *Los marinos descubridores onubenses*. Diputación Provincial. Huelva.

Ferrer Albeda, E. (2010). Sustratos fenicios y adstratos púnicos. Los bástulos entre el Guadiana y el Guadalquivir. *Huelva Arqueológica*, Vol.20; 281- 298pp.

Ferrer Albeda, E. (2004). La necrópolis fenicio-púnica de Gadir. Reflexiones a partir de un discurso identitario no esencialista. *Las necrópolis de Cádiz. Apuntes de arqueología gaditana en homenaje a A.J.F. Sibón Olano*. Niveau de Villedary Mariñas, A.M. y Gómez Fernández, V. (coords.). Cádiz. 69- 91pp.

Ferrer, E.; García, F.J.; González, D.; Muñoz, E. y Moro, F.J. (1997). Dos notas sobre el depósito de la Ría de Huelva. *Spal*, Vol. 6; 67-85pp.

Figueroa, M.E. y Clemente, L. (1979). Dinámica geomorfológica del estuario de los ríos Tinto y Odiel (Huelva). Aplicación a la ordenación del territorio. *IV Reunión Nacional para el Estudio del Cuaternario*, Bañolas.

# G

García-Artola, A., Stéphan, P., Cearreta, A., Kopp, R.E., Khan, N.S., Horton, B.P. (2018). Holocene sea-level database from the Atlantic coast of Europe. *Quaternary Science Reviews*, Vol. 196; 177-192pp.

García, A. (1996). Carophyta y Ostracoda asociados a cuatro localidades holocenas de Argentina: evidencias paleoambientales. *Ameghiniana*, Vol. 33; 409-420 pp.

García, A. y Guerrero, O. (2009). *Memoria preliminar y final de la Intervención Arqueológica preventiva en la Plaza de la Soledad, 1. Huelva*. Delegación Provincial de la Consejería de Cultura. Huelva.

García Rincón, J.M. y Rodríguez-Vidal, J. (1990). El sondeo estratigráfico de La Glorieta (Punta Umbría, Huelva). *Huelva Arqueológica*, Vol. 12; 380–399pp.

García, C. y Rufete, P. (1999). Excavación en el Cabezo de San Sebastián (Huelva). *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Vol. III; Sevilla. 209-211pp.

García, C., Fernández, J., Rufete, P. (2001). Excavación arqueológica realizada en el solar nº 19-21 de la calle La Fuente de Huelva. *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Sevilla. 224-228pp.

Gracia, F.J.; Rodríguez-Vidal, J.; Cáceres, L.M.; Belluomini, G.; Benavente, J.; Alonso, C. (2008). Diapiric uplift of an MIS 3 marine deposit in SW Spain: Implications for Late Pleistocene sea level reconstruction and palaeogeography of the Strait of Gibraltar. *Quaternary Science Reviews*, Vol. 27; 2219-2231 pp.

Garrido Roiz, J.P. (1968). Excavaciones en Huelva. El Cabezo de la Esperanza. *Excavaciones arqueológicas en España,* Vol. 63; Madrid.

Garrido Roiz, J.P. (1970). Excavaciones en la necrópolis de "La Joya", Huelva. 1ª y 2ª Campañas. *Excavaciones Arqueológicas en España*, Vol. 71; Madrid.

Garrido Roiz, J.P., Orta García, E.M. (1966). Nuevo hallazgo de una tumba de incineración en los cabezos de Huelva. Ampurias. *Revista de Arqueología, Prehistoria y Etnografía*, Vol. XXVIII; 209-215pp.

Garrido Roiz, J.P., Orta García, E.M. (1978). Excavaciones en la necrópolis de "La Joya", Huelva. 3ª, 4ª y 5ª Campañas. *Excavaciones Arqueológicas en España,* Vol.96; Madrid.

Garrido, J.P., Orta M.E. (1982). Las cerámicas griegas de Huelva. Un informe preliminar. Parola del passato. *Rivisti di Studi Antichi*, Nápoles. Vol. XXXVII; 407-416pp.

Garrido Roiz, J.P., Orta García, E.M. (1989*). La necrópolis y el hábitat orientalizante de Huelva. Itinerarios de Monumentos.* Consejería de Cultura, Delegación Provincial de Huelva. 5-93pp.

Garrido Roiz, J. P. y Orta García, E. M. (1994). *El hábitat antiguo de Huelva (Períodos orientalizante y arcaico). La primera excavación arqueológica en la calle del Puerto*. Madrid. ISBN: 84-8181-048-7.

Gofas, S., Moreno, D., Salas, C. (2011). *Moluscos marinos de Andalucía. Vol. I and Vol. II*; Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico, Universidad de Málaga.

Goff, J.A., Austin, J.A., Gulick, S., Nordfjord, S., Christensen, B., Sommerfield, C., Olson, H., Alexander, C. (2005). Recent and modern marine erosion on the New Jersey outer shelf. *Marine Geology,* Vol. 216; 275-296pp.

Gómez Álvarez, G. (2013). *Guía de las conchas marinas de Huelva*. Diputación de Huelva.

Gómez Álvarez, G. (2017). *Guía de los moluscos marinos de Huelva y del Golfo de Cádiz*. Diputación Provincial de Huelva: Servicio de Publicaciones. 214pp.

Gómez, P., Rodríguez-Vidal, J., González-Regalado, M.L., Clemente, M.J., Cáceres, L.M., Toscano, A., Abad M., Izquierdo T., Ruiz, F. (2017). Caracterización Sedimentaria de Facies tempestíticas en barreras arenosas del Estuario de Huelva (SO España). *IX REQUI Iberian Quaternary Meeting. "Changes in environmental systems and their time scales*." University of Algarve, Faro 19-23 October, 2017.

Gómez, P.; Toscano, A.; Rodríguez-Vidal, J.; Cáceres, L.M.; González-Regalado, M.L.; Abad, M.; Izquierdo, T.; Ruiz, F.; Monge, G.; Campos, J.M.; Bermejo, J.; Martínez-Aguirre, A. (2021). Comparativa de dataciones radiométricas en muestras de conchas marinas tardi-holocenas: El ejemplo de las tempestitas del estuario de Huelva. Cuaternario y Geomorfología (En Prensa).

Gómez-Toscano, F. (1997). *El final de la Edad del Bronce entre el Guadiana y el Guadalquivir. El territorio y su ocupación.* Tesis Doctoral. Universidad de Huelva.

Gómez-Toscano, F., Campos Carrasco, J.M. (2000). Arqueología urbana en Huelva. Las ultimas evidencias. *Anales de arqueología cordobesa,* Vol. 11; 155-176pp.

Gómez Toscano, F. y Campos Carrasco, J.M. (2001). *Arqueología en la ciudad de Huelva (1966–2000).* Universidad de Huelva, 273 pp. ISBN: 84-95699-08-7.

Gómez-Toscano, F. y Campos Carrasco, J.M. (2008). El Bronce Final prefenicio en Huelva según el registro arqueológico del Cabezo de San Pedro. Una revisión cuarenta años después. *Complutum*, Vol. 19; 121-138pp.

Gómez-Toscano, F., López, M.A., Beltrán, J.M., Gómez, A. y Campos, J.M. (2003). Intervención arqueológica en el solar plaza Ivonne Cazenave, 1 (Huelva). *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Sevilla. Vol. III;1. 654-665pp.

Gómez-Toscano, F.; Beltrán Pinzón, J.M. y Rastrojo Lunar, J. (2007). La conformación del sitio arqueológico de Huelva. Procesos naturales y actividad humana. *Spal,* Vol. 16; 155-172pp.

Gómez Toscano, F., Beltrán Pinzón, J.M., González Batanero, D., Vera Rodríguez, J.C. (2014). El Bronce Final en Huelva. Una visión preliminar del poblamiento en su ruedo agrícola a partir del registro arqueológico de La Orden-Seminario. *Complutum*, Vol.25; 139-158pp.

Gómez Toscano, F., Arruda, A.M., Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L.M., Ruiz, F. (2015). Eventos marinos de alta energía y cambios traumáticos en los asentamientos costeros del Suroeste de la Península Ibérica. *Cuaternario y Geomorfología*, Vol.29 (1-2); 57-74pp.

González Gómez, A. (1976). *Las Ordenanzas Municipales de Palos de la Frontera (1484-1521). Historia. Instituciones. Documentos*. Universidad de Sevilla.

González Gómez, A. (2010). La villa medieval de Palos a través de sus ordenanzas municipales. *Actas de las Jornadas de Historia del Descubrimiento de América* (E. García, Coord.), Ayuntamiento de Palos de la Frontera; Vol. I. 189-211pp.

González, B.; Linares Catela, J.A.; Vera Rodríguez, J.C.; González Batanero, D. (2008). Los depósitos de ídolos cilíndricos del III Milenio a.n.e. en el yacimiento de La Orden- Seminario de Huelva. *Madrider Mitteilungen*, Vol. 49; 1-28pp.

González, B., Guerrero, O. y Echevarría, A. (2006). Intervención arqueológica de urgencia en la Plaza de San Pedro nº 4-5 de Huelva. *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Sevilla. Vol. III;1. 543-549pp.

González-Regalado, M.L. (1986). *Las asociaciones de foraminíferos bentónicos de las arenas fosiliferas del plioceno de Huelva.* Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla, 314p.

González-Regalado, M.L., Ruiz Muñoz, F. y Borrego, J. (1996). Evolución de la distribución de los foraminíferos

bentónicos en un medio contaminado: el estuario del río Odiel (Huelva, SO de España). *Revista Española de Paleontología*, Vol. 11 (1); 10 pp.

González-Regalado, M.L., Ruiz, F., Baceta, J.I., Pendón, J.G., Abad, M., Hernández Molina, F.J., Somoza, L., Díaz del Río, V. (2000). Foraminíferos bentónicos actuales de la plataforma continental del norte del Golfo de Cádiz. *Geogaceta, Vol. 29; 61-64pp.*

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*, Vol. 34; 39-51 pp.

González-Regalado, M.L.; Gómez. P.; Ruiz, F.; Cáceres, L.M.; Clemente, M.J.; Rodríguez-Vidal, J.; Toscano, A.; Monge, G.; Izquierdo, T.; Monge Soares, A.M.; Campos, J.M.; Bermejo, J.; Martínez-Aguirre, A.; López, G.I. (2018). Holocene palaeoenvironmental evolution of Saltés Island (Tinto and Odiel estuary, SW Spain) during the Roman period (1st century BC - 5th century AD). *Journal of Iberian Geology*, Vol. 45; 129-145pp. https://doi.org/10.1007/s41513-018-0089-8.

González-Regalado, M.L.; Gómez. P.; Ruiz, F.; Cáceres, L.M.; Clemente, M.J.; Rodríguez-Vidal, J.; Toscano, A.; Monge, G.; Abad, M.; Izquierdo, T.; Campos, J.M.; Bermejo, J.; Martínez-Aguirre, A.; Prudencio, M.I.; Días, M.I.; Marques, R.; Muñoz, J.M. (2019). Facies analysis, foraminiferal record and chronostratigraphy of Holocene sequences from Saltés Island (Tinto-Odiel estuary, SW Spain): The origin of high-energy deposits. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 218; 95-105pp.

Goy, J.L., Zazo, C., Dabrio, J.C., Lario, J., Borja, F., Sierro, F.J., Flores, J.A. (1996). Global and regional factors controlling changes of coastlines in Southern Iberia (Spain) during the Holocene. *Quaternary Science Reviews*, Vol. 15; 773–780pp.

Gonzálvez, J.L., García, E. (2014). Orto y ocaso de Palos. *Puerto Histórico y Castillo de Palos de la Frontera (Huelva): Protagonistas de la Gesta Colombina*. Campos, J.M. (Ed.) Universidad de Huelva. 53-99 pp. ISBN: 978-84-16061-18-1.

Gonzálvez, J.L., García, E. (2020). Palos entre los siglos XIV-XVIII: La villa y su puerto. *La recuperación geoarqueológica del puerto histórico de Palos de la Frontera (ss. XIV-XVI): medio natural e instalaciones*. Campos Carrasco, J.M. (ed.). Universidad de Huelva. 13-33pp. ISBN (pdf) 978-84-18280-02-3.

Guerrero, O., González, D. y Goyanes, S. (2004). Intervención arqueológica de urgencia en solar sito en c/ Arquitecto Pérez Carasa, 1 esquina c/ Vázquez López, 4 (Huelva). *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Sevilla. Vol. III; 519-526pp.

Gulbrandsen, R.A. (1960). Petrology of the Meade Peak phosphate shale member of the Phosphoria Formation at coal Canyon, Wyoming. *Geological Survey Bulletin, 1111-C,D*; 71–146pp.

## H

Haro, J. de, Castilla, E., y López, M.A. (2005). El depósito de ánforas romanas del solar nº 8 de la calle José Nogales de la ciudad de Huelva. *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Sevilla. Vol. III; 500- 512pp.

Haro, J. de, Castilla, E., y López, M.A. (2006). Intervención arqueológica en plaza Ivonne Cazenave nº 1 (Huelva). 4ª y 5ª fase de actuación. *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Sevilla. Vol III; 577-587pp.

Hayes, J.W. (1976). *Late roman pottery*. British School at Rome, 468 pp.

Hernández-Molina, F.J., Somoza, L., Rey, J., Pomar, L. (1994). Late Pleistocene–Holocene sediments on the Spanish continental shelves: a model for very high-resolution sequence stratigraphy. *Marine Geology*, Vol. 120; 129–174pp.

Hudock, J.W., Flaig, P.P., Wood, L.J. (2014). Washover fans: a modern geomorphologic analysis and proposed classification scheme to improve reservoir models. *Journal of Sedimentary Research* Vol. 84 (10); 854–865pp. http://dx.doi.org/10.2110/jsr.2014.64

## I

IGME. (1974). "Memoria del Mapa Técnico de la Península Ibérica y Baleares".

Ikeya, M. (1993). New Applications of Electron Spin Resonance: Dating, Dosimetry and Microscopy. *World Scientific Publishing Company*.

Izquierdo Labrado, J. (1985). *Palos de la Frontera en el Antiguo Régimen (1380-1830). Palos de la Frontera (ed.)*

Izquierdo Labrado, J. (2012). *Palos y la comunidad franciscana de La Rábida en la época del descubrimiento de América. Descubridores de América. Colón, los marinos y los puertos*. (D. González Cruz, Coodr.), 47-74pp.

## J

Junta de Andalucía (1993). *Atlas de los recursos marinos del golfo de Cádiz. Litoral de Huelva.* Junta de Andalucía, España.

## K

Kaufman, A. (1993). An evaluation of several methods for determining 230 Th/U ages of impure carbonates. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol.57; 2303-2317pp.

Keay, S. (1984). Late roman amphorae in the western Meditarranean. A typology and economic study: the catalan evidence. *BAR International Series*, Vol. 196; 160-168pp.

## L

Ladero Quesada, M.A. (1978). Palos en vísperas del Descubrimiento. *Revista de Indias*, Jul-Dic. Madrid.

Ladero Quesada, M.A. (1992). *Niebla, de reino a condado: noticias sobre el Algarbe*

*andaluz en la Baja Edad Media.* Diputación de Huelva.

Lagóstena, L. (2001). *La producción de salsas y conservas de pescado en la Hispania Romana (II a.C.-VI d.C.).* Universidad de Barcelona, 502 pp.

Lario, J. (1996). *Último y presente interglaciar en el área de conexión Atlántico-Mediterráneo (Sur de España). Variaciones del nivel del mar, paleoclima y paleoambientes.* Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid. 269 pp.

Lario, J., Zazo, C., Dabrio, C.J., Somoza, L., Goy, J.L., Bardají, T., Silva, P.G. (1995). Record of Recent Holocene Sediment Input on Spit Bars and Deltas of south Spain. *Journal of Coastal Research*, Special Issue: Holocene Cycles: Climate, Sea level, and Sedimentation. Vol. 17; 241-245pp.

Lario, J., Zazo, C., Plater, AJ., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Borja, F., Sierro, F.J. y Luque, L. (2001). *Particle size and magnetic properties of Holocene estuarine deposits from the Doñana National Park (SW Iberia): evidence of gradual and abrupt coastal sedimentation*. Memoria científica. Delegación Provincial de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. Huelva.

Lario, J., Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Borja, F., Silva, P.G., Sierro, F., González, A., Solerg, V., Yll, E. (2002). Changes in sedimentation trends in SW Iberia Holocene estiarues (Spain). *Quaternary International*, Vol. 93–94; 171–176pp.

Lario, J., Luque, L., Zazo, C., Goy, J.L., Spencer, C., Cabero, A., Bardají, T., Borja, F., Dabrio, C.J., Civis, J., González-Delgado, A.A., Borja, C., Alonso-Azcárate, J. (2010). Tsunami Vs. Storm surge deposits. A review of the sedimentological and geomorphological records of extreme wave events (EWE) during the Holocene in the Gulf of Cadiz, Spain. *Zeitschrift ür Geomorphologie*, Vol. 54(3); 301-316pp.

Lario, J., Bardají, T., Silva, P.G., Zazo, C., Goy, J.L. (2016. Improving the coastal record of tsunamis in the ESI-07 scale: Tsunami Environmental Effects Scale (TEE-16 scale). *Geological Acta*, Vol. 14 (2); 179-193pp.

Leblanc, M., Morales, J.A., Borrego, J., Elbaz-Poulichet, F. (2000). 4,500-year-old mining pollution in southwestern Spain: long-term implications for modern mining pollution. *Economic. Geology*. Vol. 95(3); 655–662pp. https://doi.org/10.2113/gsecongeo.95.3.655.

Light, J. (2017). *Marine shell artefacts: Cautionary tales of natural wear and tear as compared to resourceful anthropogenic modification processes. Molluscs in archaeology: Methods, approaches and applications*. (Ed.: M. J. Allen), Oxford: Oxbow Books. 342–361pp.

Limón Díaz, J. (2007). *Intervención arqueológica de urgencia en la plaza de las Monjas de Huelva. Memoria preliminar*. Delegación Provincia de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. Huelva.

Linares-Catela, J.A. (2020). Monumentalidad funeraria del Bronce en el sur de la

Península Ibérica: la necrópolis de La Orden-Seminario (Huelva). *Spal*, Vol. 29-1; 13 39pp. DOI: http://dx.doi.org/10.12795/spal.2020.i29.01

Lobo, F.J., García, M., Lujan, M., Mendes, M.I., Reguera, M.I., Van Rooij, D. (2017). Morphology of the last subaerial unconformity on a shelf: insights into transgressive ravinement and incised valley occurrence in the Gulf of Cádiz. *Geo-Marine Letters*, Vol. 38 (1); 33-45pp.

López Amador, J.J. Ruiz Gil, J.A. (2010). Arqueología y etnografía de los recursos marinos en El Puerto de Santa María (Cádiz). *Revista de Historia de El Puerto*, Vol.44; 9-57pp.

López, M.A. y Haro, J. de (2010). *Intervención arqueológica preventiva en la plaza de las Monjas nº 4 (Huelva).* Memoria científica. Delegación Provincial de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. Huelva.

Lozano, C. y González, D. (2004). Excavación arqueológica de urgencia en la c/Cardenal Cisneros nº 11 de Huelva. *Anuario Arqueológico de Andalucía,* Sevilla. Tomo III. Vol. I. 527-530pp.

Luque A.A., Templado J. (Coords.) (2004). *Praderas y bosques marinos de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente*. Junta de Andalucía, Sevilla, 336 pp.

Luque, L., Lario, J., Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J. y Silva, P.G. (2001). Tsunami deposits as palaeosismic indicators: examples from the Spanish coast. *Acta geológica hispánica,* Vol. 36; 197–211pp.

Luque, L., Lario, J., Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J. y Borja, F. (2002). Sedimentary record of historical tsunamis in the Bay of Cádiz (Spain). *Journal of Quaternary Science,* Vol. 17 (5-6); 623–631pp.

Luque, L., Zazo, C., Lario, J., Goy, J.L., Civis, J., González-Hernández, F.M., Silva, P.G., Dabrio, C.J. (2004). El efecto del tsunami de 1755 en el litoral de Conil de la Frontera (Cádiz). Zona Arqueológica 4. *Miscelánea en Homenaje a Emiliano Aguirre*, V. I; 72–82pp.

Lutze, G.F., Coulbourn, W.T. (1984). Recent benthic foraminifera from the continental margin of northwest Africa: community structure and distribution. *Marine Micropaleontology*, Vol. 8; 361-401 pp.

Luzón, Nogué, J.M. (1962). Tartessos y la Ría de Huelva. *Zephyruz*, Vol. 13; 97-104pp.

Luzón Nogué, J.M. (1975). Antigüedades romanas en la provincia de Huelva. *Huelva: Prehistoria y Antigüedad.* Madrid: 270-320pp.

# M

Marchegiano, M. Gliozzi, E., Ceschin, S., Mazzini, I., Adatte, T. Mazza, R., Glizzi, S. y Ariztegui, D. (2017). Distribution of living ostracod assemblages in a shallow endorheic lake: The example of Lake Trasimeno (Umbria, Central Italy). *Journal of Limnology*, Vol. 76; 469-487pp.

Martín de la Cruz, J.C. (1998). El poblamiento Pre y Protohistórico de

Aljaraque. Huelva. *Homenaje a José María Blázquez*. Mangas Manjarrés, J., Alvar Ezquerra, J., (Coord.), Vol. 1; 217–242pp.

Martins, J.M.M., Soares, A.M.M. (2013). Marine radiocarbon reservoir effect in Southern Atlantic Iberian coast. *Radiocarbon*, Vol. 55 (2–3); 1123–1134pp.

Marzzano, A. (2013). *Harvesting the sea. The explotation of marine resources in the Roman Mediterranean.* Oxford Studies on the Roman Economy. Oxford University Press. ISBN: 0199675627

Mayoral, E. y Pendón, J.G., (1987). Icnofacies y sedimentación en zonas costeras, Plioceno superior?, litoral de Huelva. *Acta Geológica Hispánica*, Vol. 21-22; 504-514pp.

Mayoral, E.J. y Abad, M. (2008). Geología de la Cuenca del Guadalquivir. *Geología de Huelva. Lugares de interés geológico*. Huelva. 20-27pp.

McHugh, C.M., Hartin, C.A., Mountain, G.S., Gould, H.M. (2010). The role of glacio-eustasy in sequence formation: mid-Atlantic continental margin, USA. *Marine Geology*, Vol. 277; 31–47pp.

Mederos Martin, A. (2006). Fenicios en Huelva, el siglo X a.C. Durante el reinado de Hîrãm de Tiro. *Spal*, Vol. 15; 167-188pp. http://dx.doi.org/10.12795/spal.2006.i15.08

Mederos Martin, A. (2008). Estratigrafía para Tartessos: Doñana, Mesas de Asta, Carteia, Carmona y Huelva. *Spal*, vol. 17; 97-136pp. http://dx.doi.org/10.12795/spal.2008.i17.06

Mèlieres, F. (1974). *Recherche sur la dynamique sédimentaire du Golfe de Cadix (Espagne).* Tesis Doctoral. Universidad de Paris, Vol. VI; 325pp.

Menanteau, L. (1979). *Les Marismas du Guadalquivir. Exemple de transformation d'un paysage alluvial au cours du Quaternaire récent.* These 3e cycle, Univ. Paris-Sorbonne, 154pp.

Menéndez, J. y Florschütz, F. (1964). Resultados del análisis paleobotánico de una capa de turba en las cercanías de Huelva (Andalucía). *Estudios Geológicos*, Vol. 20; 183-186pp.

Mesolella, K.J.; Matthews, R.K.; Broecker, W.S.; Thurber, D.L. (1969). The astronomical theory of climatic changes: Barbados data. *Journal of Geology*, Vol.77; 250-274 pp.

Morales, J.A. (1996). *Sedimentología del Estuario del Río Guadiana (SO España-Portugal).* Tesis Doctoral. Universidad de Huelva, 300pp.

Morales, J.A., Borrego, J., San Miguel, E.G., López-González, N., Carro, B. (2008). Sedimentary record of recent tsunamis in the Huelva Estuary (southwestern Spain). *Quaternary Science Review*, Vol. 27; 734–746pp.

Morales, J.A., Borrego, J., Davis, R.A. Jr. (2014). A new mechanism for chenier development and a facies model of the Saltés Island chenier plain (SW Spain). *Geomorphology*, Vol. 204; 265–276pp.

Morhange, C., Marriner, N. and Carayon, N., (2014). The Geoarchaeology of Ancient Mediterranean Har-bours. *La Géoarchéologie Française au XXIe siècle*. Carcaud, N. and Arnaud-Fassetta, G. (eds.), CNRS Edition, Paris, 245–254pp.

Moura, D., Veiga-Pires, C., Albardeiro, L., Boski, T., Rodrigues, A.L., Tareco, H. (2007). Holocene sea level fluctuations and coastal evolution in the central Algarve (southern Portugal). *Marine Geology*, Vol. 237; 127–142pp.

Murray, J.W. (2006). *Ecology and aplications of benthic foraminífera*. Cambridge University Press, US, New York. 426 pp.

# N

Nieto Olarte, M. (2013). *Las maquinas del Imperio y el reino de Dios. Reflexiones sobre ciencia, tecnología y religión en el mundo atlántico del s. XVI*. Uniandes, Bogotá. 290pp.

Niveau, A.M. (2004). La cerámica púnico-gaditana del s. III a.C. El uso de la vajilla en el ámbito funerario y ritual de la Necrópolis. *Actas del II Congreso Internacional del Mundo Púnico, Cartagena 2000. Estudios Orientales*, Vol. (5-6); 267-297pp.

Niveau, A.M., Blanco, F.J. (2007). Continuidad púnica en la Gades republicana. La producción vascular del horno de la calle Troilo. *Spal,* Vol.16; 195-224pp.

Nocete, F., Queipo, G., Saez, R.; Nieto, J.M., Inácio, N., Bayona, M.R., Peramo, A., Vargas, J.M., Cruz-Auñón, R., Gil-Ibarguchi, J.I., Santos, F.J. (2008). The smelting quarter of Valencina de la Concepción (Seville, Spain): the specialised copper industry in a political centre of Guadalquivir Valley during the Third millennium BC (2750-2500 BC). *Journal of Archaeological Science*, Vol. 35; 717-732pp.

# O

Ojeda, j. (1988). Peculiaridades morfodinámicas de la fachada ibérica del Golfo de Cádiz: Geomorfología litoral. *Revista de Estudios Andaluces*, Vol. 10; 53-68 pp.

O'Kelly, J. (2017). *Alfares onubenses, producción y comercio cerámico en el occidente de la Baetica*. Tesis Doctoral. Universidad de Huelva, 1064 pp.

Olías, M. y Nieto, J.M. (2015). Background conditions and mining pollution throughout history in the Río Tinto (SW Spain). *Environment,* Vol. 2; 295–316pp.

Olmos Romera, R. (1982). La cerámica griega en el sur de la Península Ibérica. La aportación de Huelva. Parola del passato. *Rivisti di Studi Antichi,* Vol. XXXVII; 393-406pp.

Olmos, R., Cabrera, P. (1980). Nuevo fragmento de Clitias en Huelva. *Archivo Español de Arqueología*. Vol. 53; 5-14pp.

Olmos, R., Garrido, J.P. (1982). Cerámica griega de Huelva. Un informe preliminar. *Homenaje a Sáenz de Buruaga*. Badajoz. 243-264pp.

Ordiales, A., Martínez-García, B., Mendicoa, J. (2017). Distribución y ecología de las asociaciones de foraminíferos bentónicos recientes del estuario de Oriñón (E de Cantabria, N de la península Ibérica). *Geogaceta*, Vol. 61; 131-134 pp.

Orta García, E.M., Garrido Roiz, J.P. (1963). La tumba orientalizante de la Joya, Huelva. *Trabajos de Prehistoria*. Vol. XI; 1-36pp.

Otvos, E.G. (2000). Beach ridges-definitions and significance. *Geomorphology*, Vol. 32; 83–108pp.

# P

Peltier, W.R. (2002). On eustatic sea level History: Last Glacial Maximum to Holocene. *Quaternary Science Reviews*, Vol. 21; 377–396pp.

Pendón, J.G. y Rodríguez-Vidal, J. (1986). Características sedimentológicas del Alto Nivel Aluvial Cuaternario en el litoral de Huelva. XI Cong. Nac. Sedimentología. *Acta Geológica Hispanica*, Vol. 21-22; 107-111 pp.

Pendón, J.G., Morales, J.A., Borrego, J., Jiménez, I., López, M. (1998). Evolution of estuarine facies in a tidal channel environment, SW Spain: evidence for a change from tide- to wave-domination. *Marine Geology*, Vol.147; 43-62pp.

Pendón, J.G., González-Regalado, M.L., Ruiz, F., Abad, M., Tosquella, J. (2001). Pulsos transgresivos Neógenos en el Sector Central del Margen Pasivo de la Cuenca del Guadalquivir. *Geotemas*, Vol.3 (2); 13-16pp.

Pendón, J.G., Ruiz, F., Abad, M., González-Regalado, M.L., Baceta, J.I., Tosquella, J. (2004). Transgressive Sequence on Foreland Margins: a Case Study of the Neogene Central Guadalquivir Basin, Southern Spain. *Rivista Italiana di Paleontogia e Stratigrafia*, Vol. 110 (2); 503-515pp.

Pérez Macías, J. A. (1988). *Las minas de Huelva en la Antigüedad*. Dip. de Huelva.

Pérez Macías, J.A., Delgado, A. (2014). La minería romana en el suroeste ibérico. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología, Granada,* Vol. 24; 239–265 pp.

Pérez Quintero, J.C. (1989). *Introducción a los moluscos onubenses. I: Faunística*. Agencia de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.

Pirazzoli, P.A. (2005). A review of possible eustatic, isostatic and tectonic contributions in eight late-Holocene relative sea-level histories from the Mediterranean area. *Quaternary Science Reviews,* Vol. 24; 1989–2001pp.

Ponsich, M. (1988). *Aceite de oliva y salazones de pescado. Factores geoeconómicos de Bética y Tingitana*. Ed. Univ. Complutense, Madrid, 258pp.

Ponsich, M., Tarradell, M. (1965). *Garum et industries antiques de salaison dans la Méditerranée Occidentale*. Ed. Universidad de Bourdeaux y Casa Velázquez, París, 130pp.

Pozo, F., Campos, J.M. y Borja, F. (1996). *Puerto histórico y castillo de Palos de la Frontera*. Universidad de Huelva.

# R

Rastrojo, F.J., Medina, N., Castilla, E., Haro, J. de y López, M.A. (2004). Intervención arqueológica de urgencia en el solar nº 2 de la Plaza de las Monjas (Huelva). *Anuario Arqueológico de Andalucía,* Vol. III; 542-544pp.

Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatte, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., van der Plicht, J. (2013). IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, Vol. 5; 1869–1887pp.

Roberts, N. (1989). *The Holcoene: An Environmental History*. Blackwell, 227pp.

Rodríguez-Ramírez, A. (1998). *Geomorfología del Parque Nacional de Doñana y su entorno*. Colección técnica, Organismo Autónomo Parques Nacionales. 145pp.

Rodríguez-Ramírez, A. (2008). Geomorfología del Parque Nacional de Doñana. *Geología de Huelva, Lugares de interés geológico*. Universidad de Huelva, 2008. 258 pp.

Rodríguez-Ramírez, A., Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L.M., Clemente, L., Belluomini, G., Manfra, L., Improta, S., De Andrés, J.R. (1996 a). Recent evolution of the Doñana National Park (SW Spain). *Quaternary Science Review*, Vol. 15; 803-809pp.

Rodríguez-Ramírez, A., Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L.M., Clemente, L., Belluomini, G., Manfra, L., Improta, S., De Andrés, J.R. (1996 b). Evolución costera de la desembocadura del Guadalquivir en los últimos 6000 años (SW de España). *Geogaceta*, Vol. 20 (5); 75-77pp.

Rodríguez-Ramírez, A., Rodríguez-Vidal, J., García, F.J., Cáceres, L.M., Guerrero, V., Cantano, M. (1996 c). Post-flandrian eustatic curve in Cadiz gulf (SW Spain). State of the art. *MBSS (INQUA) Newsletter,* Vol. 18; 7-12pp.

Rodríguez-Ramírez, A., Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L.M., Clemente, L., Cantano, M., Belluomini, G., Manfra, L., Improta, S. (1997 a). Evolución de la costa Atlántica onubense (SO España) desde el máximo flandriense a la actualidad. *Boletín geológico y minero*, Vol. 108 (4-5); 137-147pp.

Rodríguez-Ramírez, A., Cáceres, L.M., Rodríguez-Vidal, J., Flores, E., Cantano, M., Guerrero, V. (1997 b). Cambios morfológicos y tasas recientes de erosión-depósito en la costa atlántica oriental de Huelva (España). *Geogaceta*, Vol. 21; 187-189pp.

Rodríguez-Ramírez, A., Cáceres, L.M., Rodríguez-Vidal, J. (2000). Dinámica y evolución de flechas litorales: El litoral

onubense (SO, España). *Geomorfología litoral. Procesos Activos.* De Andrés, J.R., Gracia, F.J. (Eds.), Instituto Tecnológico y Geominero de España, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid.101–113pp.

Rodríguez-Ramírez, A., Ruiz, F., Cáceres, L.M., Rodríguez-Vidal, J., Pino, R., Muñoz, j.M. (2003). Analysis of the recent storm record in the southwestern Spanish coast. Implications for littoral management. *The Science of the Total Environment*, Vol. 303; 189-201pp.

Rodríguez-Vidal, J. (1987 a). Modelo de evolución geomorfológica de la flecha litoral de Punta Umbría, Huelva, España. *Cuaternario y Geomorfología*, Vol. 1; 247-256pp.

Rodríguez-Vidal, J. (1987 b). Recent geomorphological evolution in the Ayamonte - Mazagón sector of the South Atlantic Coast (Huelva, Spain). *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, Vol. 10; 259-264pp.

Rodríguez-Vidal, J., Vera, J.C. (2016). Geo-arqueología en el estuario del Huelva: Evolución holocena y poblamiento. IX Congreso Geológico de España, *Geo-Guías 10*, Huelva.

Rodríguez-Vidal, J.; Cáceres, L.M., Rodríguez Ramírez, A. (1992). Geomorphological evidences of the Holocene sea level rise in the Gulf of Cádiz (SW Spain). *MBSS (INQUA) Newsletter,* Vol. 14; 82-86pp.

Rodríguez-Vidal, J.; Cáceres, L.M., Rodríguez Ramírez, A.; Clemente, L. (1993 a). Coastal dunes and post-flandrian shoreline changes. Gulf of Cádiz (SW Spain). *MBSS (INQUA) Newsletter,* Vol., 15, 12-15pp.

Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L.M. y Rodríguez-Ramírez, A. (1993 b). Modelo evolutivo de la red fluvial cuaternaria en el suroeste de la Península Ibérica. *3ª Reuniào do Quaternàrio Ibérico*. Coimbra (Potugal).

Rodríguez-Vidal, J., Rodríguez-Ramírez, A., Cáceres, L.M., Clemente, L., Guerrero, V., Cantano, M., Belluomini, G., Improta, S. (1997). Evolución holocena de las formaciones litorales de la costa de Huelva. *IV Reunion del Cuaternario Ibérico*, 77-83pp.

Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L.M., Abad, M., Ruíz, F., Martínez-Aguirre, A. (2007). Morphosedimentary evidence of the Last Interglacial Maximum on the coast of Governor's Beach, Gibraltar. *Geogaceta*, Vol. 42; 107-110pp.

Rodríguez-Vidal, J., Ruiz, F., Cáceres, L.M., Abad, M., González-Regalado, M.L., Pozo, M., Carretero, M.I., Monge, A.M., Gómez, F. (2011). Geomarkers of the 218–209 BC Atlantic tsunami in the Roman Lacus Ligustinus (SW Spain): a palaeogeographical approach. *Quat-ernary International,* Vol. 242; 201–212pp.

Rodríguez-Vidal, J., Bardají, T., Zazo, C., Goy, J.L., Borja, F., Dabrio, C.J., Lario, J., Cáceres, L.M., Ruíz, F., Abad, M. (2014 a). *Coastal Dunes and Marshes in Doñana National Park. Landscapes and landforms of Spain*. Springer (Ed). 229-238pp.

Rodríguez-Vidal, J., Abad, M., Cáceres, L.M., González-regalado, M.L., Clemente, M.J.,

Ruiz, F., Izquierdo, T., Toscano, A., Gómez, P., Campos, J., Bermejo, J., Martínez Aguirre, A. (2014 b). Relleno morfosedimentario y poblamiento humano del estuario de los ríos Tinto y Odiel (Huelva) durante la segunda mitad del Holoceno. (Schanbel, S., Gómez Gutiérrez, A. Eds), *Avances de la Geomorfología en España 2012–2014*. Soc. Española de Geomorfología y Univ. de Extremadura, Cáceres, 604–607pp.

Rodríguez-Vidal, J., Campos, J.M., Cáceres, L.M. (2015). Eventos marinos y asentamientos costeros en el suroeste de Iberia. *Cuaternario y Geomorfología,* Vol.29 (1-2); 5-18pp.

Rodríguez-Vidal, J., Campos, J.M., Bermejo, J., Gómez, P., Cáceres, L.M. (2017). Geoarqueología de Onoba Aestuaria y la delimitación de su paleo-línea de costa en el tránsito de la protohistoria a la época romana. *IX Reunião do Quaternário Ibérico*, Faro (2017).

Rodríguez-Vidal, J., Gómez, P., Cáceres, L.M, Arroyo, M. (2019). El registro holoceno de la ensenada de Palos de la Frontera y la evolución del paisaje de su puerto histórico: estado de la cuestión. *Actas de la Jornadas de historia sobre el descubrimiento de América*, UNIA y Ayuntamiento de Palos de la Frontera (Ed). Vol. IV; 489-511 pp.

Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L.M., Arroyo, M., González-Regalado, M.L., Gómez, P., Ruiz, F. (2020 a). La construcción geológica de la bahía colombina. *La recuperación geoarqueológica del puerto histórico de Palos de la Frontera (ss. XIV-XVI): medio natural e instalaciones*. Campos, J.M. (ed.). Univ. de Huelva. 191-203pp. ISBN (pdf) 978-84-18280-02-3

Rodríguez-Vidal, J., Arroyo, M., Ruiz, F., González-Regalado, M.L., Cáceres, L.M., Gómez, P., Campos, J.M., Bermejo, J. (2020 b). La ensenada de Palos en época colombina según el registro geológico. *La recuperación geoarqueológica del puerto histórico de Palos de la Frontera (ss. XIV-XVI): medio natural e instalaciones*. Campos Carrasco, J.M. (ed.). Universidad de Huelva. 253-263pp. ISBN (pdf) 978-84-18280-02-3

Röth, J.; Mathes-Schmidt, M.; García Jiménez, I.; Rojas Pichardo, F.J.; Grützner, C.; Silva, P.G.; Reicherter, K. (2015). The Baelo Claudia tsunami hypothesis -results from a multi-method sediment analysis of late-Roman deposits (Gibraltar Strait, Southern Spain). *6th INQUA International Workshop on Active Tectonics Paleoseismology and Archaeosismology.* Pescina, Italy.

Rufete, P. (2001). Excavación arqueológica en el solar nº 4 de la calle Palos de Huelva. *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Vol. III; 333-335pp.

Rufete, P. (2002). El final de Tartessos y el periodo Turdetano en Huelva. *Huelva arqueológica*. Diputación provincial de Huelva., Vol. 17;.205 pp.

Rufete, P., García, C. (1997). Excavaciones arqueológicas realizadas en Huelva. *Anuario Arqueológico de Andalucía*, Vol. II; 74-78pp.

Rufete, P., Fernández, J., García, C. (2001). Excavación arqueológica en el solar nº 2 de la calle Pablo Rada de Huelva. *Anuario*

*Arqueológico de Andalucía,* Sevilla. 229-234pp.

Ruiz Mata, D. (1991). La Ría de Huelva: un foco clave de la Protohistoria peninsular. *Clásicos de Arqueología onubense* Vol. 3; 55-70 pp.

Ruiz Mata, D., Ruiz Gil, J.A., López Amador, J.J. (2006). La pesca en época prerromana en la bahía de Cádiz (Apéndice sobre las factorías de salazones en el Puerto de Santa María). En: *Historia de la pesca en el ámbito del Estrecho. I Conferencia Internacional, Puerto de Santa María.* IFAPA Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa y Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, vol. I; 273-337pp.

Ruiz Muñoz, F. (1995). *Los ostrácodos del litoral de la Provincia de Huelva (SW España).* Public.Univ. de Huelva, 275p.

Ruiz, F., González-Regalado, M.L., Muñoz, J.M. (1997). Multivariate analysis applied to total and living fauna: seasonal ecology of recent benthic ostracoda off the North Cadiz Gulf Coast (SW Spain). *Marine Micropaleontology,* Vol. 31; 183–203pp.

Ruiz, F., González-Regalado, M. L., Borrego, J., Abad, M.,Pendón, J. G. (2004 b) . Ostracoda and Foraminifera as short-term tracers of environmental changes in very polluted areas: The Odiel Estuary (SW Spain). *Environmental Pollution*, Vol. 129; 49–61pp.

Ruiz, F., Rodríguez Ramírez, A., Cáceres, L., Rodríguez Vidal, J., Carretero, M.I., Clemente, L., Muñoz, J.M., Yáñez, C., Abad, M. (2004 a). Late Holocene evolution of the southwestern Doñana Nacional Park (Guadalquivir estuary, SW Spain): a multivariate approach. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* Vol. 204; 47–64pp.

Ruiz, F., Rodríguez-Ramírez, A., Cáceres, L.M., Rodríguez-Vidal, J., Carretero, M.I., Abad, M., Olías, M., Pozo, M: (2005). Evidence of high-energy events in the geological record: Mid-holocene evolution of the southwestern Doñana National Park (SW Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 229; 212–229pp.

Ruiz, F., Abad, M., Galán, E., González, I., Aguilá, I., Olías, M., Gómez Ariza, J.L., Cantano, M. (2006 a). The present environmental scenario of El Melah Lagoon (NE Tunisia) and its evolution to a future sabkha. *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 44; 289-302 pp.

Ruiz, F., Abad, M., Olías, M., Galán, E., González, I., Aguilá, E., Hamoumi, N., Pulido, I., Cantano, M. (2006 b). The present environmental scenario of the Nador Lagoon (Morocco). *Environmental Research*, Vol. 102; 215-229 pp.

Ruiz, F., Borrego, J., López-González, N., Abad, M., González-Regalado, M.L., Carro, B., Pendón, J.G., Rodríguez Vidal, J., Cáceres, L.M., Prudencio, M.I., Días, M.I. (2007). The geological record of a mid-Holocene marine storm in southwestern Spain. *Geobios,* Vol. 40; 689–699pp.

Ruiz, F., Abad, M., Rodríguez Vidal, J., Cáceres, L., Carretero, M.I., Pozo, M. (2008). The Holocene record of tsunamis in the Southwestern Iberian Margin: date

and consequences of the next tsunami. *6ª Assembleia Luso Espanhola de Geodesia e Geofisica*. *Tomar* Portugal, Febrero 2008. Abstract: 2 pp.

Ruiz, F., González-Regalado, M.L., Abad, M., Borrego, J., Carro, B., Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L.M., Pozo, M., Carretero, M.I., Gómez, F., Toscano, A. (2012). El registro geológico de tsunamis holocenos en el estuario del río Tinto (SO de España). *Geotema*s, Vol. 13; 641-644pp.

Ruiz, F., Rodríguez-Vidal, J., Abad, M., Cáceres, L.M., Carretero, M.I., Pozo, M., Rodríguez- Llanes, J.M., Gómez-Toscano, F., Izquierdo, T., Font, E., Toscano, A. (2013). Sedimentological and geomorphological imprints of Holocene tsunamis in southwestern Spain: An approach to establish the recurrence period. *Geomorphology*, Vol. 203; 97–104pp

Ruiz, F., González-Regalado, M.L., Arroyo, M., Hervás, F., Gómez, P., Toscano, A., Abad, M., Izquierdo, T., Gómez, G. (2020 a). La fauna de la bahía colombina: una historia de millones de años. *La recuperación geoarqueológica del puerto histórico de Palos de la Frontera (ss. XIV-XVI): medio natural e instalaciones*. Campos Carrasco, J.M. (ed.). Universidad de Huelva. 205-216 pp. ISBN (pdf) 978-84-18280-02-3

Ruiz, F., Rodríguez Vidal, J., Cáceres, L.M., Olías, M., González-Regalado, M.L., Campos, J.M., Bermejo, J., Abad, M., Izquierdo, T., Carretero, M.I., Pozo, M., Monge, G., Tosquella, J., Prudencio, M.I., Dias, M.I., Marques, R., Gómez, P., Toscano, A., Romero, V., (2020 b). Silver and copper as pollution tracers in Neogene to Holocene estuarine sediments from southwestern Spain. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 150; 10 pp.

Ruiz-Gálvez, M.L. (1995). El hallazgo de los bronces de la ría de Huelva en su contexto paleogeográfico. Ritos de paso y puntos de paso. La Ría de Huelva en el mundo del Bronce Final europeo. *Complutum*. Ruiz-Gálvez Priego, M.L. (ed.), Madrid.

Ruiz-Zapata, M.B., Gil-García, M.J., Ruiz, F., Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L.M., González-Regalado, M.L., Gómez, P., Campos, J.M., Bermejo, J. (2020). La evolución del paisaje de la bahía colombina. *La recuperación geoarqueológica del puerto histórico de Palos de la Frontera (ss. XIV-XVI): medio natural e instalaciones*. Campos Carrasco, J.M. (ed.). Universidad de Huelva. 237-245 pp. ISBN (pdf) 978-84-18280-02-3

# S

Sáez Romeo, A.M. (2008). El sistema alfarero-salazonero de Gadir/Gades. *SAGVNTVM*, Vol. 40; 141-160 pp.

Sáez Romeo, A.M. (2010 a). Tradizione fenicia versus romanizzazione. Le anfore di Gadir/Gades in época ellenistica e il suo centri produttori. *Rei Cretariae Romanae Favtorvm Acta*, Vol.41; 509-522pp.

Sáez Romeo, A.M. (2010 b). La producción alfarera y la economía salazonera de Gadir: balance y novedades. *Mainake*, Vol. XXXII; 885-932 pp.

Sáez, A.M.; Díaz, J.J. (2012). Entre tierra y mar, entre lo púnico y lo romano. Adaptaciones económicas y territoriales en un medio cambiante: algunas notas sobre paleografía y sistemas de explotación del hinterland insular de Gadir/Gades. *La etapa neopúnica en Hispania y el Mediterráneo centro occidental: identidades compartidas*. (B. Mora; G. Cruz, coords.), Universidad de Sevilla, 259-299 pp.

Sáez, R., Nocete, F., Nieto, J.M., Capitán, M.A., Rovira, S. (2003). The extractive metallurgy of copper from Cabezo Juré, Huelva, Spain: chemical and mineralogical study of slags to the Third Millenium B.C. *The Canadian Mineralogist*, Vol.41; 627-638pp.

Sánchez Hernando, L.J. (2005). *Evolución del paleopaisaje cuaternario y relaciones hombre medio en el suroeste ibérico: La Tierra Llana de Huelva durante el Holoceno Reciente.* Tesis Doctoral .

Sánchez Hernando, L.J. (2020). Análisis de macrorrestos paleobotánicos procedentes del yacimiento del puerto colombino de Palos (S. XV). *La recuperación geoarqueológica del puerto histórico de Palos de la Frontera (ss. XIV-XVI): medio natural e instalaciones*. Campos Carrasco, J.M. (ed.). Universidad de Huelva. 247-252pp. ISBN (pdf) 978-84-18280-02-3

Schneider, H., Höfer, D., Trog, C., Mäusbacher, R. (2016). Holocene landscape development along the Portuguese Algarve coast, a high resolution palynological approach. *Quat. International*, Vol.407; 47–63pp.

Schneider, R., Bard, E., Mix, A.C. (2000). Last Ice Age global ocean and land surface temperatures: The EPILOG Initiative. *PAGES News*, Vol. 8 (2); 19-21pp.

Schubart, H., Garrido, J.P. (1967). Probegrabung auf dem Cabezo de la Esperanza en Huelva. *Madrider Mitteilungen*, Vol. 8; 123-158pp.

Schulten, A. (1931). Un Casco griego en España. *Investigación y progreso*, Vol. V; 76pp.

Schultz, L.G. (1964). Quantitative interpretation of mineralogial composition from x-ray and chemical data for the Pierre Shale. *Geological Survey. Professional Paper 391-C*. Vol. 391; 31pp.

Schwab, W.C., Baldwin, W.E., Denny, J.F., Hapke, C.J., Gayes, P.T., List, J.H., Warner, J.C. (2014). Modification of the Quaternary stratigraphic framework of the inner-continental shelf by Holocene marine transgression: an example offshore of fire Island, New York. *Marine Geology,* Vol. 355; 346-360pp.

Selby, K.A., Smith, D.E. (2015). Holocene Relative Sea-Level Change on the Isle of Skye, Inner Hebrides, Scotland. *Scottish Geographical Journal*, Vol. 132; 42–65pp.

Shackleton, N.J. (1987). Oxygen isotopes, ice volume and sea level. *Quaternary science Reviews*, Vol. 6; 183-190 pp.

Siddall, M., Rohling, E.J., Almogi-Labin, A., Hemleben, Ch., Meischner, D., Schmelzer, I., Smeed, D.A. (2003). Sea-level fluctuations during the last glacial cycle. *Nature*, Vol. 423; 853-858pp.

Silva, P.G., Roquero, E., López-Recio, M., Huerta, P., Martínez-Graña, A.M. (2016 a). Chronology of fluvial terrace sequences for large Atlantic rivers in the Iberian Peninsula (Upper Tagus and Duero drainage basins, Central Spain). *Quaternary Science Review*, Vol. 166; 188-203pp.

Silva, P.G.; Giner-Robles, J.L., Reicherter, K., Rodríguez-Pascua, M.A., Grützner, C., García Jiménez, I., Carrasco García, P., Bardají, T., Santos, G., Roquero, E., Röth, J., Perucha, M.A., Pérez-López, R., Fernández Macarro, B., Martínez-Graña, A., Goy, J.L.; Zazo, C. (2016 b). Los terremotos antiguos del conjunto arqueológico romano de Baelo Claudia (Cádiz, Sur de España): Quince años de investigación arqueosismológica. *Estudios Geológicos*, Vol. 72; 119-143 pp.

Silva, P.G., Bardají, T., Roquero, E., Baena-Preysler, J., Cearreta, A., Rodríguez-Pascua, M.A., Rosas, A., Zazo, C., Goy, J.L. (2017). El Periodo Cuaternario: La Historia Geológica de la Prehistoria. *Cuaternario y Geomorfología*, Vol. 31 (3-4); 113-154pp.

Smith, D.E., Barlow, N.L.M., Bradley, S.L., Firth, C.R., Hall, A.M., Jordan, T.J., Long, D. (2017). Quaternary sea level change in Scotland. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, Vol. 110 (1-2); 219-256pp. ISSN 1755-6910.

Soares, A.M.M. (2015). Radiocarbon dating of marine shells from the Gulf of Cádiz: The marine radiocarbon reservoir effect, its variability during the Holocene and palaeoenvironmental inferences. *Cuaternario y Geomorfología*, Vol. 29 (1-2); 19-29pp.

Soriguer, M.C., Zabala Giménez, C., Hernando Casal, J.A. (2009). ¿Por qué tantos peces en el Estrecho de Gibraltar? Biología, artes de pesca y metodología de estudio de los restos arqueozoológicos. *Arqueología de la pesca en el Estrecho de Gibraltar. De la Prehistoria al fin del Mundo Antiguo* (D. Bernal, ed.). Monografías del Proyecto Sagena 1, Madrid, 183-197pp.

Sorrel, P., Debret, M., Billeaud, I., Jaccard, S.L., McManus, J.F., Tessier, B. (2012). Persistent non-solar forcing of Holocene storm dynamics in coastal sedimentary archives. *Nature. Geoscience*. Vol. 5, 892–896pp.

Stenien, R.P.; Harrison, R.S.; Matthews, R.K. (1973). Eustatic low stand of sea level between 125,000 and 105,000 BP: Evidence from the subsurface of Barbados, West Indies. *Geological Soc. of American Bull*, Vol. 84; 63-70pp.

Stiner, M. C. (1999). Palaeolithic mollusc exploitation at Riparo Mochi (Balzi Rossi, Italy): Food and ornaments from the Aurignacian through Epigravettian. *Antiquity*, Vol. 73; 735–754pp.

Stuiver, M. y Polach, H.A. (1977). Discussion: Reporting of 14C data. *Radiocarbon*, Vol. 19; 355-363pp.

Stuiver, M., Pearson, G.W., Braziunas, T. (1986). Radiocarbon age calibration of marine samples back to 9000 cal yr BP. *Radiocarbon*, Vol.28 (2B); 980–1021pp.

# T

Toscano Pérez, C. (2016). *El suroeste hispano de la turdetania atlántica. Dinámica poblacional y evolución cultural*. Tesis doctoral. Universidad de Huelva.

# V

Van Hinsbergen, D.J.J., Kouwenhoven, T.J., van der Zwaan, G.J. (2005). Paleobathymetry in the backstripping procedure: correction for oxygenation effect on depth estimates. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 221; 245-265 pp.

Vera Rodríguez, J.C.; Linares Catela, J.A; Armenteros, M.J. y González, D. (2010). Depósitos de ídolos en el poblado de La Orden-Seminario de Huelva: Espacios rituales en contexto habitacional. *Los ojos que nunca se cierran. Ídolos de las primeras sociedades campesinas*. Madrid, Ministerio de Cultura. C. Cacho, R. Maicas, E. Galán y J.A. Martos (coord.), 199-242pp.

Vidal Teruel, N.O. (2001). *La implantación romana en el extremo occidental de la Baetica. Doctrina y praxis en la ocupación del territorio onubense*. Tesis doctoral. Universidad de Huelva.

Vidal, N.O. y Campos, J.M. (2006). Las necrópolis de Onuba. *Anales de Arqueología Cordobesa*, Vol. 17; 13-34pp.

Vidal, N.O.; Campos, J.M. (2008). Relaciones costa interior en el territorio onubense en época romana. *Mainake*, Vol. XXX; 271-287 pp.

Vidal, N.O., Campos, J.M. (2014). Palos de la Frontera y la aportación de su legado Histórico-Arqueológico a La Hispanidad. *Puerto Histórico y Castillo de Palos de la Frontera (Huelva): Protagonistas de la Gesta Colombina*. Campos, J.M. (Ed.) Universidad de Huelva. 13-32 pp. ISBN: 978-84-16061-18-1.

Vidal Teruel, N.O.; Rastrojo Lunar, J. y Arroyo de la Fuente, A. (2006). Intervención arqueológica en el Parque Moret / Huelva. (Septiembre-Diciembre de 2003). *Anuario Arqueológico Andaluz* (AAA 2003). Vol. III; 595-608pp.

Vidal Teruel, N.O.; Rastrojo Lunar, J. y Campos Carrasco, J.M. (2013). El Parque Moret y su ocupación protohistórica: de la necrópolis orientalizante al mundo contemporáneo. *Arqueología en la provincia de Huelva*. Homenaje a Javier Rastrojo Lunar. De Haro Ordoñez, J.; García Rincón, J.M.; Gómez Toscano, F. y Linares Catela, J.A. (coords.). Huelva. 109-118pp.

Vilas, F., Arche, A. (1987). Llanura de cheniers en la Bahía de San Sebastián, Tierra del Fuego (Argentina). *Acta geológica hispánica,* Vol. 21–22; 245–251pp.

Vis, G.J., Kasse, C., Vandenberghe, J. (2008). Late Pleistocene and Holocene palaeogeography of the Lower Tagus Valley (Portugal): effects of relative sea level, valley morphology and sediment supply. *Quaternary Science Reviews*, Vol. 27; 1682–1709pp.

Vizcaino, J. (2009). *La presencia bizantina en Hispania siglos VI-VII: la documentación*

*arqueológica.* Monografías históricas sobre la antigüedad tardía XXIV. Universidad de Murcia.

VVAA. (1989). *Prospección geofísica para la ubicación del antiguo embarcadero o puerto de Palos de la Frontera.* Cátedra de Geofísica. Dpto. de Ingeniería Geológica. ETSIM. Universidad Politécnica de Madrid.

## W

Walker M. (2005). *Quaternary dating methods*. John Wiley y Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester.

Whelan, F., Kelletat, D. (2003). Analysis of tsunami deposits at Cabo de Trafalgar, Spain, using GIS and GPS technology. *Essener geographische Arbeiten,* Vol. 35; 11–25pp.

Whelan, F., Kelletat, D. (2005). Boulder deposits on the Southern Spanish Atlantic Coast: possible evidence for the 1755 AD Lisbon Tsunami?. *Science of Tsunami Hazards,* Vol. 23 (3); 25–38pp.

Wiese, F. (2009). Söhlde Formation (Cenomanian, Turonian) of NW Germany: Shallow marine pelagic red beds. *Society for Sedimentary Geology, Special Publication*, Vol. 91; 153–170pp.

## Z

Zazo, C. (2006). Cambio climático y nivel del mar: La Península Ibérica en el contexto global. *Cuaternario y Geomorfología*, Vol. 20 (3-4); 115-130pp.

Zazo, C. (2015). *Explorando las costas de un pasado reciente: Los cambios del nivel del mar*. Real academia de ciencias exactas, físicas y naturales, Madrid. ISBN: 987-84-87125-57-7.

Zazo, C., Goy, J.L., Somoza, L., Dabrio, J.C., Belluomini, G., Improta, S., Lario, J., Bardaji, T., Silva, P.G. (1994). Holocene Sequence of sea-Level Fluctuations in relation to Climatic Trends in the Atlantic-Mediterranean Linkage Coast. *Journal of Coastal Research*, Vol. 10 (4); 933-945pp.

Zazo, C., Dabrio, C.J., Goy, J.L., Bardají, T., Ghaleb, B., Lario, J., Hoyos, M., Hillaire_Marcel, Cl., Sierro, F., Flores, J.A., Silva, P.G., Borja, F. (1996 a). Cambios en la dinámica litoral y nivel del mar durante el Holoceno en el Sur de Iberia y Canarias Orientales. *Geogaceta*, Vol.20 (7); 1679-1682pp.

Zazo, C.; Lecine, A.M.; Borja, F.; Denèfle, M.; Dabrio, C.J.; Lario, J.; Rodríguez-Vidal, J.; Goy, J.L.; Díaz del Olmo, F.; Cáceres, L.M.; Clemente, L.; Baeteman, C.; Rodríguez, A. (1996 b). Holocene coastal progradation changes and peat bog development in SW Spanish coast. INQUA *MBSS Subcommission Newsletter*, Vol. 18; 13-17pp.

Zazo, C., Dabrio, C.J., Goy, J.L., Lario, J., Cabero, A., Silva, P.G., Bardají, T., Mercier, N., Borja, F., Roquero, E. (2008). The coastal archives of the last 15 ka in the Atlantic–Mediterranean Spanish linkage area: Sea level and climate changes. *Quaternary International*, Vol. 181; 72–87pp.

# ANEXO I

## Compendio de Publicaciones

## ANEXO 1: Compendio de publicaciones

Debido a restricciones relativas a derechos de autor, los artículos relacionados más abajo han sido retirados de la tesis. En sustitución de dichos artículos ofrecemos la siguiente información: referencia bibliográfica, enlace a la revista, versión postprint del artículo en Arias Montano, Repositorio Institucional de la Universidad de Huelva y resumen.

- Cáceres, L. M., Gómez, P., González-Regalado, M. L., Clemente, M. J., Rodríguez-Vidal, J., Toscano, A., Monge, G., Abad, M., Izquierdo, T., Monge Soares, A. M., Ruiz, F., Campos, J. M., Bermejo, J., Martínez-Aguirre, A., & López, G. I. (2018). Modelling the mid-late Holocene evolution of the Huelva Estuary and its human colonization, South-Western Spain. In Marine Geology (Vol. 406, pp. 12–26). Elsevier BV. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2018.08.008

Enlace al texto completo: https://doi.org/10.1016/j.margeo.2018.08.008

**RESUMEN:**
The major changes that occurred in the southwestern estuaries of the Spanish Atlantic coast during the last 6500 yr BP were simultaneous to human settlement and therefore the understanding of their coastal evolution will help interpreting human patterns in these areas. The study of the morpho-sedimentary features of new outcrops appearing in the middle sector of Saltés Island (Huelva Estuary, Spain) has been used to develop a model to understand the complex evolution of sand barriers than can be applied to similar inlets along the Atlantic Iberian coast.
The first human settlements (6000–4000 yr BP) in the early Huelva Estuary (Tinto and Odiel rivers) were located in the ancient coastal banks or in the nearby hills. From 4000 yr BP onwards, the estuarine sediments started to emerge as sand barriers and chenier plains, prograding towards the mouth. As the littoral strands stabilized morphologically, they were colonized by human settlements in successive periods, the oldest inland (Almendral) and more recent outward (Cascajera). The study of the upper sedimentary layers of La Cascajera barrier display a tempestitic sequence of landward progradational washover-fans. The calibrated and modelled AMS dates in marine shells provide a storminess time range between the second half of first century BCE and the entire first century CE.
Sedimentary records are useful to evaluate environmental changes, either from natural or anthropogenic causes, such as global and climate change. The interrelationship between the archaeological findings (mainly salting fish factories and old ports) and the morpho-sedimentary evolution at the mouth of the Tinto and Odiel rivers allows us to highlight not only the Huelva Estuary's dynamics evolution, but also the possible regional patterns of human habitation from the beginning of the present sea-level highstand (middle Holocene).

- González-Regalado, M. L., Gómez, P., Ruiz, F., Cáceres, L. M., Clemente, M. J., Rodríguez Vidal, J., Toscano, A., Monge, G., Abad, M., Izquierdo, T., Campos, J. M., Bermejo, J., Martínez-Aguirre, A., Prudencio, M. I., Dias, M. I., Marques, R., & Muñoz, J. M. (2019). Facies analysis, foraminiferal record and chronostratigraphy of Holocene sequences from Saltés Island (Tinto-Odiel estuary, SW Spain): The origin of high-energy deposits. In Estuarine, Coastal and Shelf Science (Vol. 218, pp. 95–105). Elsevier BV. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.12.005

Enlace al texto complete: https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.12.005

**RESUMEN:**
A multidisciplinary analysis of Holocene sediments from La Cascajera (Tinto-Odiel estuary, SW Spain) has allowed to differentiate five sedimentary facies (sandy tidal flat, clayey tidal flat, washover fan, salt marsh, edaphic horizon), according to their granulometric characteristics, internal structure, mineralogical composition, clay mineral assemblage and paleontological record. These data, coupled to 14C AMS dating, suggest an evolution from a sandy tidal plain to a chenier before 2100 cal yr BP. This initial chenier was partially eroded later by regional storms between 2100 cal yr BP and 1900 cal yr BP, leading to the deposition of two washover fans. These facies have been eroded in the last centuries by the action of an ebb-tide channel.

- González-Regalado, M. L., Gómez, P., Ruiz, F., Cáceres, L. M., Clemente, M. J., Rodríguez-Vidal, J., Toscano, A., Monge, G., Abad, M., Izquierdo, T., Soares, A. M. M., Campos, J. M., Bermejo, J., Martínez-Aguirre, A., & López, G. I. (2018). Holocene palaeoenvironmental evolution of Saltés Island (Tinto and Odiel estuary, SW Spain) during the Roman period (1st century BC–5th century AD). In Journal of Iberian Geology (Vol. 45, Issue 1, pp. 129–145). Springer Science and Business Media LLC. https://doi.org/10.1007/s41513-018-0089-8

Enlace al texto completo: https://doi.org/10.1007/s41513-018-0089-8

**RESUMEN:**
A multidisciplinary analysis of Holocene sediments from Saltés Island (Tinto-Odiel estuary, SW Spain) has allowed to differentiate eigth sedimentary facies, according to their textural characteristics, internal structure, paleontology and archaeological content. Its interpretation and the chronological datings carried out reconstruct a transition from a sandy tidal plain to a final occupation by a Roman salting (cetaria) between the 1st century BC to 5th century A. This evolution includes the deposit of washover fans derived from high-energy events between the 1st century BC to 3th century AD. The integration of these new data with others from previous research has

allowed partially complete the palaeoenviromental reconstruction of the marine domain of the Tinto-Odiel estuary.

**Cuaternario y Geomorfología**
ISSN: 0214-1744

www.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/

# A new roman fish-salting workshop in the Saltés Island (Tinto-Odiel Estuary, SW Spain): La Cascajera and its archaeological and geological context

*Un nuevo taller pesquero-salazonero romano en la Isla de Saltés (Estuario Tinto-Odiel, SO España): La Cascajera y su contexto arqueológico y geológico*

Bermejo, J. [1, a*]; Gómez, P. [2,a]; González-Regalado, M.L. [2,a]; Ruiz, F. [2,4,a]; Campos, J.M. [1,a]; Rodríguez-Vidal, J. [2,a]; Cáceres, L.M. [2,a]; Clemente, M.J. [2,a]; Toscano, A. [2,a]; Abad, M. [3]; Izquierdo, T. [3]; Prudencio, M.I. [4]; Dias, M.I. [4]; Marques, R. [4]; Tosquella, J. [2]; Carretero, M.I. [5]; Monge, G. [5]; Romero, V. [2,a]

(1) Departamento de Historia, Geografía y Antropología, Universidad de Huelva, Avda. Tres de Marzo s/n, 21071 Huelva, Spain. (*) Corresponding author: E-mail: javier.bermejo@dhis.uhu.es; Phone +0034 959219122.
(2) Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Huelva, Avda. Tres de Marzo s/n, 21071 Huelva, Spain.
(3) Departamento de Geología, Facultad de Ingeniería, Universidad de Atacama, Avda. Copayapu 485, Copiapó, Chile.
(4) Centro de Ciências e Tecnologias Nucleares (C2TN), Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Estrada Nacional 10 (k 139.7), 2695-066 Bobadela LRS, Portugal
(5) Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Universidad de Sevilla, C/ Profesor García González, 1, 41012-Sevilla, España
(a) Centro de Investigación en Patrimonio Histórico, Cultural y Natural (CIPHCN), Universidad de Huelva, Facultad de Humanidades, Avda. Tres de Marzo s/n, 21071 Huelva, Spain.

**Abstract**

The southwestern Atlantic coast of the Iberian Peninsula presents an important Roman heritage that includes numerous fish-salting workshops, with an industrial activity that went on for almost a millennium (1st century BC-7th century AD). Nevertheless, a future broad research is still necessary to determine the geologic substratum on which they are based, their palaeoenvironmental evolution, their main economic objectives and the byproducts derived from their activities. This paper is focused on the geology, dating and the archaeological record of La Cascajera, a new site located in the Tinto-Odiel estuary (SW Spain). This new *cetaria* occupied the northwestern end of La Cascajera ridge (Saltés Island), constituted by sandy, bioclastic deposits of previous washover fans (1st-2th centuries AD). During the main period of activity (middle of 4th century AD-5th century AD), the existence of a certain typology of amphorae as well as the documentation of a shell deposit formed mostly by *Glycymeris* suggest that this factory was oriented to the production of mixed fish sauces and the handling of edible bivalves. The main features of this deposit (texture, paleontology, taphonomy) could be used to differentiate middens from natural shelly ridges.

**Key words:** Roman halieutic workshop; Geological evolution; midden; late Antiquity; Saltés Island; SW Spain.

https://doi.org/10.17735/cyg.v33i3-4.69080

Derechos de reproducción bajo licencia Creative Commons 3.0.
Se permite su inclusión en repositorios sin ánimo de lucro.

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

**Resumen**

La costa suratlántica de la Península Ibérica posee un importante legado romano que incluye numerosos talleres halieúticos, con una actividad que se desarrolló durante casi un milenio (siglo I a.C.-siglo VII d.C.). Sin embargo, se precisan nuevas investigaciones que determinen el contexto geológico en el que se desarrollaron, su evolución paleoambiental, sus principales objetivos económicos y los subproductos derivados de sus actividades. Este trabajo se centra en la geología, datación y registro arqueológico de La Cascajera, un nuevo yacimiento localizado en el estuario de los ríos Tinto y Odiel (S.O. de España). Esta nueva *cetaria* ocupaba el extremo noroccidental de la cresta de La Cascajera (Isla de Saltés), constituida por depósitos bioclásticos arenosos de abanicos de derrame previos (siglos I-II d.C.). Durante su principal periodo de actividad (mitad del siglo IV d.C.-siglo V d.C.), la existencia de una cierta tipología de ánforas así como la existencia de un conchero formado principalmente por *Glycymeris* sugieren que esta factoría estaba dedicada a la producción de salsas mixtas de pescado y la extracción de bivalvos comestibles. Las principales características de este conchero (textura, paleontología, tafonomía) podrían ser usadas para diferenciar concheros de acumulaciones naturales de conchas.

**Palabras clave:** talleres haliéuticos; evolución geológica; conchero; Antigüedad tardía; Isla de Saltés; S.O. España.

## 1. Introduction

During the Roman period, both the salting activities and the extraction of edible marine species were one of the main productive sectors in all the Mediterranean coasts, especially on the coasts of the western Mediterranean and those of the Black Sea, insomuch as the fish-salting complexes are missing from the Eastern Mediterranean (Marzano, 2013). With an important tradition inherited from the Phoenician and Punic periods (Sáez, 2008, 2010; Sáez and Díaz, 2012), the southern part of Hispania witnessed the maintenance of a significant industry specializing in the marine resources from the Republican Roman period (1st century BC), which will survived more than eight centuries. The fish-salting complexes are identified by a series of architectural, urban and functional characteristics clearly oriented to the transformation of fishing products. Architecturally, these complexes usually had a central yard for the processing, evisceration and bleeding of the catches, around which there were a variable number, and sometimes, considerable salting basins. In the same way, the marine faunal remains recovered from archaeological contexts are often extremely significant and offer important information regarding the various species worked, scombrids, cetaceans, chondrichthyes, molluscs (e.g. *Glycymeris*, *Hexaplex)* and even crustaceans (Bernal and García, 2014).

In the southwestern Iberian coast, there were numerous fish-salting workshops (Figs. 1A and B), some of them located in the Tinto-Odiel Estuary (SW Spain), very close to the old *cetaria* of *Onoba* (Fig. 1C). The main activities of these complexes ranged from the 1st century BC to the 7th century AD (Fig. 1D). A period of expansion and consolidation of these salting workshops is defined along this coast and the adjacent areas of Portugal from the 4th century AD until the beginning of the 5th century AD (Campos *et al.,* 1999; Vidal and Campos, 2008). For this period the factories increased in number and size when large sets of *villae maritimae* with interesting residential complexes appeared (Campos *et al.*, 2015).

This paper is dedicated to a multidisciplinary analysis of La Cascajera, a new *cetaria* discovered in Saltés Island (Tinto-Odiel Estuary). The following objectives have been achieved

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

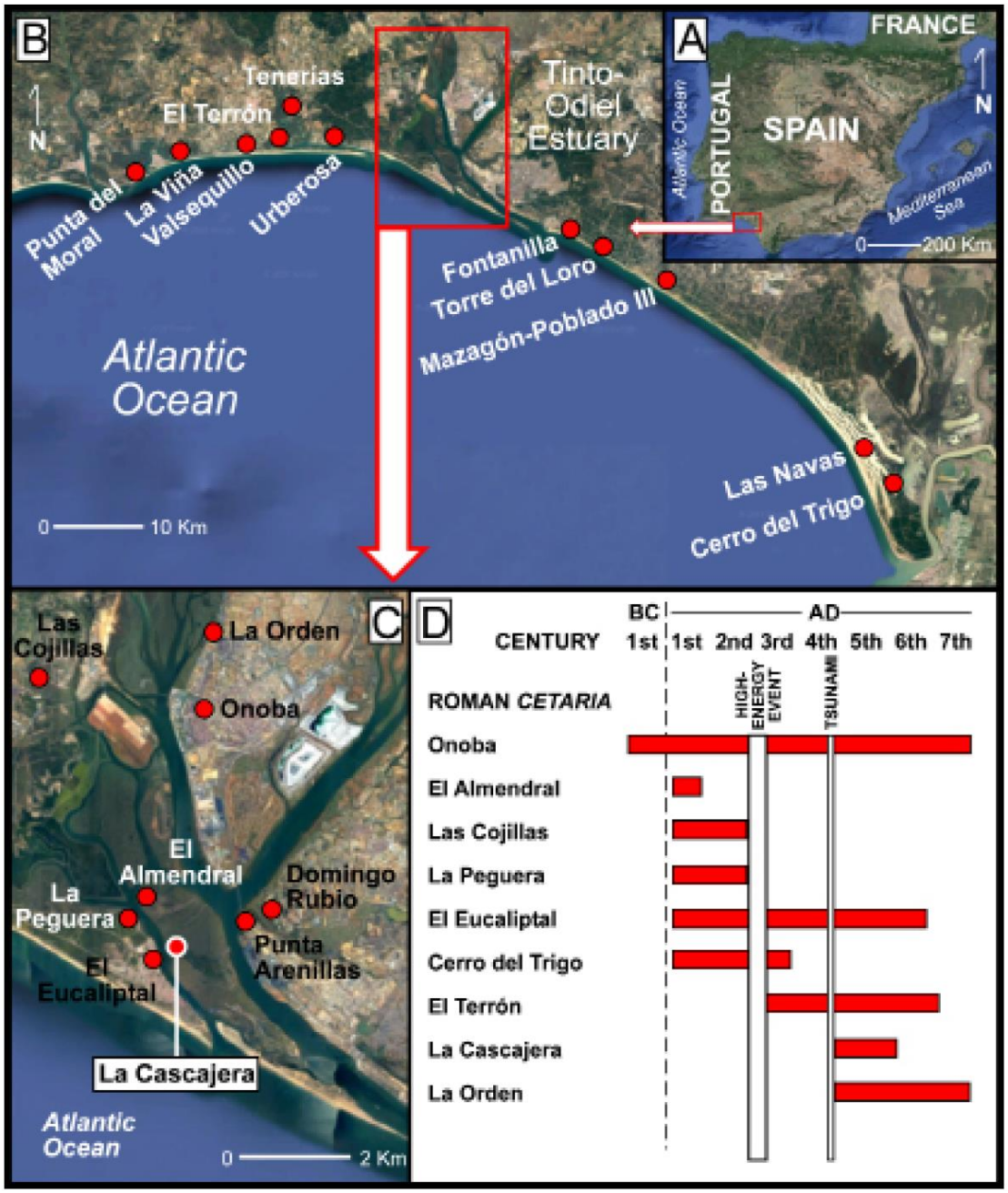



Figure 1. A-B: Location of the main Roman salting factories (*cetariae*) on the southwestern Atlantic coast of Spain; C: Main *cetariae* of the Tinto-Odiel estuary; D: Temporal distribution of activity in different *cetariae* of this area.

*Figura 1. A-B: Localización de las principales factorías romanas de salazones (*cetariae*) en la costa suratlántica española; C: Principales* cetariae *del estuario de los ríos Tinto y Odiel; D: Distribución temporal de la actividad en diferentes* cetariae *de esta* área.

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

in this short paper: a) to define the geological evolution that caused the formation of La Cascajera, the basal ridge of the factory; b) to delimit the extension of the archaeological site; c) to analyze both the archaeological and palaeontological record in order to deduce the main activities to which it was dedicated; d) to establish a chronology for the archaeological site, from its birth to its death; and e) to determine the main palaeontological features of the associated fossil record.

## 2. Study area

### *2.1. The marine domain of the Tinto-Odiel Estuary: Saltés Island.*

The Tinto and Odiel Rivers are small streams (<150 km length) that flow through the province of Huelva in southwest Spain, with a final stretch that runs through Neogene-Quaternary sediments and forms a barrier estuary at the Atlantic Ocean (Figs. 2A and B). The marine domain of the Tinto-Odiel estuary is protected from open sea by two main spits (Fig. 2B: Punta Umbría and Punta Arenillas). This domain includes two main channels (Fig. 2C: Punta Umbría Channel and Padre Santo Channel) and a series of barrier islands (e.g. Bacuta, Saltés) composed of sandy ridges separated by salt marshes.

Saltés Island (Fig. 2C) is part of a UNESCO Biosphere Reserve because of its wide variety of ecosystems (marshes, ebb-tidal channels, sandy spits, bioclastic ridges). One of its most important geomorphological features is the presence of curved sandy ridges constituted by different generations of sandy/bioclastic crests, cheniers and washover fans (Fig. 2C: El Almendral, El Acebuchal, La Cascajera), with a hook shape related to coastal drift and wave refraction (Figueroa and Clemente, 1979). The southernmost part of the island is formed by a wide tidal flat, separated from the town of Punta Umbría by a tidal inlet (Punta Umbría channel). The natural sedimentary evolution of this island has been modified due to the construction of a jetty in 1979, with numerous collateral effects (Fig. 2C: creation of a new beach).

### *2.2. Brief history of the Onoba hinterland.*

The first evidence for Roman period regarding the establishment of cetariae in the maritime hinterland of *Onoba* (Fig. 1C) can be found in the Punta Umbría spit (e.g. El Eucaliptal, La Peguera; O'Kelly, 2017). These evidences are reduced to a few Republican fragments of pottery that reveal a shortage occupation and weak halieutic industry for this period. Once the Imperial period began, the fishing processing activity has new evidences that highlight an important growth. The Eucaliptal, El Almendral or the halieutic workshops of *Onoba* itself are clear testimonies of an increase in the production and occupation of the coast. The excavations developed in each of the archaeological sites reveal a whole set of salting basins, materials, and so on, which show an important industrial development for these moments (Amo, 1976; Campos and Vidal, 2004; Bedia, 2008). The remains of fish-salting complexes in *Onoba* confirm the existence of a clearly defined area in its urban topography. In the port district of the city there are numerous examples of fish-salting workshops grounds that have been discovered since the 1970s. Two *cetariae* have been located in the Tres de Agosto and Palos streets, perhaps the most important examples of these salting activities in the city. In addition to what was conserved, it could be inferred that medium/small sized building, following a model of water-proof vats aligned on either side of a central corridor (Bermejo *et al.,* 2017). Probably because of the land available or due to the exploitation regime by "small owners" or investors , since for some authors (Bernal and García, 2014) in the large-scale, especially urban, fish-saltings workshops, it is possible

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

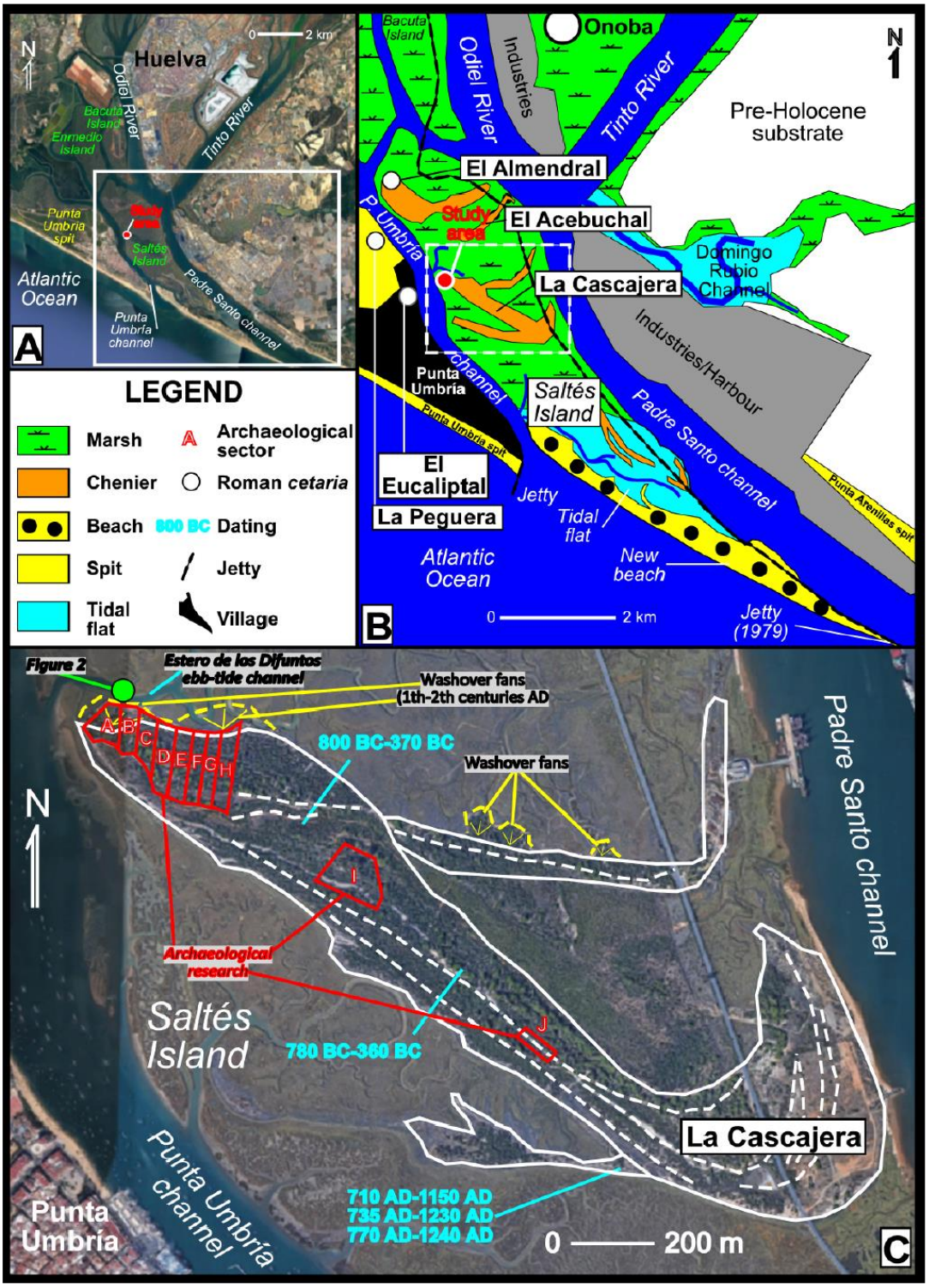



Figure 2. A-B: Location of Saltés Island, the study area and several Roman *cetariae* (white circles); C: Main geomorphological features of the Tinto-Odiel estuary; D: Main features of La Cascajera ridge (white stroke); red stroke: archaeological sites; blue datings: see Table 1 for explanation.

*Figura 2. A-B: Localización de la isla de Saltés, el área de estudio y distintas cetariae romanas (círculos blancos); C: Principales características geomorfológicas del estuario de los ríos Tinto y Odiel; D: Principales características de la cresta de La Cascajera (trazos blancos); trazos rojos: yacimientos arqueológicos; dataciones (azul): ver Tabla 1 para su localización.*

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

that the management was directed through a corporation or *societas*, and the conduct of several of them was maintained in a manner joint. In short, there is an important industrial district with various workshops or offices dedicated to the fishery activities which, from high imperial moments, begin their production; in this respect the archaeological testimonies seem to show a clear flourish in late july-claudius moments, with a long diachrony until late ancient times.

At the end of the 2nd century AD and throughout the first decades of the 3rd century AD there seems to be a population and productive hiatus in the context of the Tinto-Odiel Estuary, as well as in other archaeological sites on the Huelva coast, which have been put in relation to the possible existence of an extreme wave event. Signs of abandonment are found in the salting basins of El Eucaliptal (Campos, 2011).

A recovery occurred at the beginning of the 4th century AD in the population of the Tinto-Odiel Estuary in particular and the Huelva coast in general, with a maximum development at the end of this century and especially in the early 5th century AD (Campos *et al.*, 2015). At this time, several *cetariae* were active (Fig. 1D) and the analysis of the archaeological sites revealed important commercial connections with the main Mediterranean routes, the north of Africa through producing centers like Tunisia, the Moroccan coast, the east Mediterranean and the Atlantic coasts. This economic impulse ended at the beginning of the 7th century AD.

## 3. Methodology

### *3.1. Geological methods*

The chosen study site (~60 m long) was an elliptical cliff exposed by the erosional action of an ebb-tide channel (Figs. 2D and 3A: Estero de los Difuntos) located at the northwestern part of La Cascajera sandy ridge (NW Saltés Island), near the Punta Umbría channel. The main features of the different sedimentary facies (Fig. 3) were initially described in the field.

Twelve surface sediment samples (1.5 kg dry weight) were collected for textural and palaeontological analyzes by manual picking at outcrop level. Some subsamples (0.1 kg) were wet sieved through a sieving column ($-1 < \phi < 4$) for determining the grain size distribution. Further subsamples (1 kg) were separated for the study of the bivalves present at a specific level. Additional subsamples were separated for the foraminiferal analysis. Ten grams were wet sieved (0.125 µm mesh) using distilled water and dried in an oven at 70 °C. The total population of this group was analyzed at specific level.

### *3.2. Archaeological methods*

The analysis on the sandy barrier of La Cascajera has been done by an extensive archaeological prospection. Depending on the archaeological interest and the remains that were shown on the surface, different transects were established and surveyed in a micro-spatial manner, with a total of nine surveying sectors listed alphabetically (Fig. 2C: A to J). Transects corresponding to the letters from A to H were established in the westernmost area of the barrier and arranged continuously one after another and separating areas of special concentration of materials. Transects I and J were located in the southernmost area of La Cascajera, in a second sandy hook since other structures of special surface interest were found. In this regard, the previous analysis of land recognition as well as the geological information showed this area as a potentially interesting space from the archaeological point of view.

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

### 3.3. Dating

In the westernmost corner, a shell midden was found with a powerful stratigraphy of more than four meters, the arrangement, as well as the classification of the shells leads to think of an anthropic formation. Two pristine shells of *Glycymeris* were selected for dating (Figs. 3B and C and F and Table 1). The $^{14}C$ method was applied by AMS to sample C-1 at the Spanish National Centre for Accelerators (CNA), with the application of the reservoir effect correction (-108 ± 31 $^{14}C$ yr) calculated by Martins and Soares (2013) in this area. Results are presented as calibrated ages for 2σ intervals. This method was applied to samples collected in previous investigations carried out in the Tinto-Odiel estuary to obtain a general chronological evolution of La Cascajera ridge (see Fig. 2D and Table 1). In addition, the U/Th dating method was applied to sample A-1, followed standard methods which are described by Van Calsteren and Thomas (2012). These datings were made at the laboratory of Applied Physics I of the University of Seville. Results are compared to those obtained by González-Regalado *et al*. (2019) from five samples collected in the washover fans located on the northern bank of the Estero de los Difuntos ebb-channel, the lateral geological extension of the deposits here studied. Additional dates from Dabrio *et al*. (2000) have been included to delimit different stages in the evolution of Saltés Island (see Fig. C and Table 1).

## 4. Results and discussion

### 4.1. Fish-salting workshop: geological evolution

The multidisciplinary analysis of the section studied has allowed to differentiated six main sedimentary facies, very similar to those observed in this estuary and the adjacent areas (Borrego, 1992; Morales *et al.,* 2014; Cáceres *et al*., 2018): I) silty-clayey tidal flat (Fig. 3B), characterized by massive clayey silts with abundant organic matter, frequent bioturbation, scattered valves of *Chamelea gallina*

Table 1. Database of $^{14}C$ and U/Th samples and results. Reservoir effect corrected (-108 ± 31 years BP).

*Tabla 1. Base de datos y resultados de las dataciones mediante $^{14}C$ and U/Th. Efecto reservorio corregido (-108 ± 31 años BP).*

| $^{14}C$ age (yr BP) - U/Th age (* yr AD) | Calibrated age (yr BC/AD) | Median probability age (yr BC/AD) | References |
|---|---|---|---|
| 2705 ± 90 | 585 BC ± 215 (800 BC - 370 BC) | 602 BC | Dabrio *et al.* (2000) |
| 2675 ± 90 | 570 BC ± 210 (780 BC - 360 BC) | 572 BC | Dabrio *et al.* (2000) |
| 2263 ± 31 | 50 BC ± 120 (170 BC - 70 AD) | 48 BC | González-Regalado *et al.* (2019) |
| 2210 ± 32 | 10 AD ± 120 (110 BC - 130 AD) | 15 AD | González-Regalado *et al.* (2019) |
| 2172 ± 32 | 60 AD ± 120 (60 BC - 180 AD) | 59 AD | González-Regalado *et al.* (2019) |
| 2170 ± 32 | 62 AD ± 122 (60 BC - 185 AD) | 61 AD | González-Regalado *et al.* (2019) |
| 2150 ± 33 | 90 AD ± 120 (30 BC - 210 AD) | 85 AD | González-Regalado *et al.* (2019) |
| 2100 ± 35 | 147 AD ± 117 (30 AD - 265 AD) | 143 AD | This paper |
| 440 ± 70 | 440 AD ± 70 (370 AD - 510 AD) | 440 AD | This paper |
| 1360 | 930 AD ± 220 (710 AD - 1150 AD) | 926 AD | Dabrio *et al.* (2000) |
| 1300 | 982 AD ± 247 (735 AD - 1230 AD) | 989 AD | Dabrio *et al.* (2000) |
| 1290 | 1005 AD ± 235 (770 AD - 1240 AD) | 1001 AD | Dabrio *et al.* (2000) |

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

and a foraminiferal population (12 species; 36 individuals/10 g) with *Ammonia beccarii*, *Ammonia tepida* and *Elphidium crispum* as main species; II) washover fan (Fig. 3C), represented by numerous beds of two layers (erosive lower bioclastic layer dominated by *Glycymeris* spp; upper sandy layer dominated by *C. gallina*), a steep avalanche face to the north (25º-30º) near the base and a clear horizontal lamination towards the top (Fig. 3A), with *A. beccarii* as the most representative species of a low foraminiferal density (1-6 species/sample) and diversity (< 20 individuals/10 g in most samples) ; III) sandy tidal flat (Fig. 3D), composed of coarse to medium sands with horizontal lamination, well-preserved valves of *Glycymeris* spp. (60%) and *Chamelea gallina* (20%), and a diverse foraminiferal assemblage (17 species; 70 individuals/10 g) dominated by *A. beccarii*, *Elphidium complanatum* and *E. crispum* ; IV) chenier (Fig. 3E), composed of bioclastic, well-sorted very coarse sands and gravels that show a patent ENE-WSW planar cross-stratification and include fragments and abraded/bioeroded valves of *C. gallina* (50%) and *Glycymeris* spp. (40%), as well as scarce foraminifera (*A. beccarii*, *E. crispum*, *Neoconorbina orbicularis*); V) bioclastic-supported midden (Fig. 3F), with valves of *Glycymeris* spp. as main component (>90% dry weight), a scarce clayey blackish-organic matrix, an absence of for-

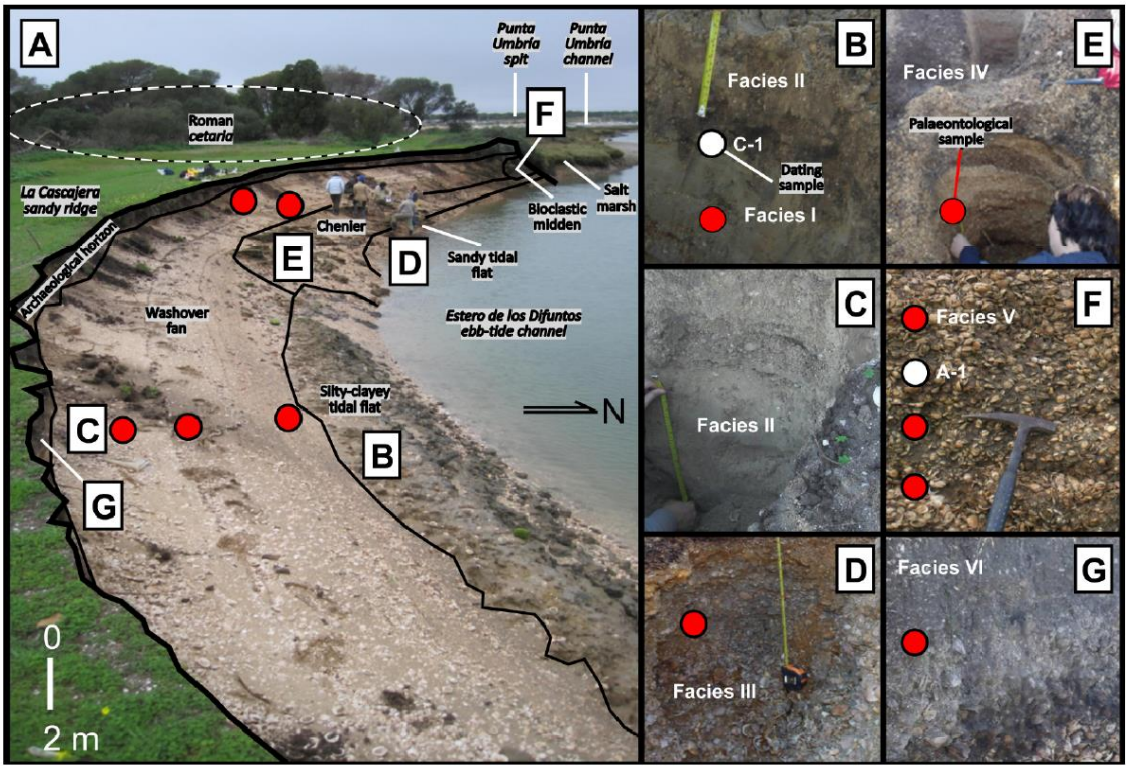



Figure 3. A-G: General overview of the studied section, including the spatial/vertical distribution of facies, a detail of each of them, the geological sampling (red circles) and the three datings (white circles). B: facies I; C: facies II; D: facies III; E: facies IV; F: facies V; G: facies VI.

*Figura 3. A-G: Vista general de la sección estudiada, con inclusión de la distribución espacial/vertical de las facies, un detalle de cada una de ellas, el muestreo geológico efectuado (círculos rojos) y las tres dataciones (círculos blancos); B: facies I; C: facies II; D: facies III; E: facies IV; F: facies V; G: facies VI.*

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

aminifera in the three samples studied (Fig. 3F) and scattered fragments of amphorae; and VI) edaphic organic-rich horizon (Fig. 3G), composed of black medium sands with numerous archaeological remains and frequent accumulations of bivalves (*Glycymeris glycymeris*, *G. nummaria*, *C. gallina*) that contrast with the absence of foraminifera.

A new dating obtained from facies II (Table 1: 147 ± 117 cal yr AD) agrees with those obtained by González-Regalado *et al*. (2019) for the same deposits, with average ages that places them in the 1st century cal AD (Table 1). These washover fans are disposed on older silty-sandy tidal flats and they are more recent than the cheniers that occupy the central part of Saltés Island (Fig. 2C and Table 1: 800-700 cal yr BC; Dabrio *et al*., 2000). Facies V is more recent since it was deposited between the end of the 4th century AD and the beginning of the 6th century AD (Table 1: 440 ± 70 cal yr AD), with the IV century AD as most probable age. Datings obtained from Dabrio *et al*. (2000) also confirm that the sandy bioclastic deposits of the southern sector of La Cascajera are more recent than all the deposits described above (Fig. 2C and Table 1: 710-1240 cal yr AD).

Both spatial distribution of facies and these different datings permit to infer four stages in the geological evolution of La Cascajera ridge (Fig. 4): 1) Before the 1st century cal BC: the central zone of La Cascajera ridge were emerged about 700-800 cal yr BC, probably on a previous chenier plain (e.g. facies IV) that was arranged on tidal flats (facies I and/or III); 2) 1st century cal BC-2nd century cal AD: several washover fans were deposited at the northern end of La Cascajera (Fig. 3D), as consequence of the erosion of previous deposits palaeoenvironmentally corresponding to tidal flats, barrier island, beaches, shallow coastal areas) by high-energy events such as storms or tsunamis (Hudock *et al.*, 2014); 3) 4th-5th centuries cal AD: the upper edaphic horizon developed on previous washover fans, whereas the bioclastic midden was accumulated in the western part of the studied section, close to the Estero de los Difuntos channel (Table 1: 440 ± 70 cal yr AD); and 4) 6th-12th century cal AD: the southern part of La Cascajera ridge emerged.

Data obtained in this work and those provided by previous ones (e.g. Dabrio *et al*., 2000; Morales *et al*., 2014) allow us to reconstruct the evolution of Saltés Island during more than a millenium (see Figs. 2, 3 and Table 1 for ages). Before 800 BC, this area was occupied by a tidal plain initially sandy (facies III) and later muddy (facies I), on which cheniers (facies IV) migrated in a northern direction. The southern sector of La Cascajera emerged in the following centuries, with the appearance of sub-aerial bioclastic ridges (800 BC-360 BC; Dabrio *et al*., 2000) linked to the progressive growing and increasing protection of the Punta Umbría spit. This creation and migration of cheniers increased in the following three centuries and probably some marshes or clayey tidal flats appeared in the most protected areas. These cheniers, ridges and the adjacent flats were eroded between 40 BC and 200 AD by a set of high-energy events, with the deposit of several washover fans northward (Fig. 2C). Depressions between the old southern bioclastic crests and these new deposits formed initially part of the tidal plain and progressively filled up resulting in the appearance of marshes. This northern area was occupied by the Roman fish-salting workshop later, probably when the continued growth of the Punta Umbría spit, the creation of new marshlands and the presence of the new bioclastic ridges provided sufficient shelter from the high energy events that generated them. Finally, new cheniers were added in the southern part of the island, with the subsequent appearance of new marshes between them (Fig. 2C).

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

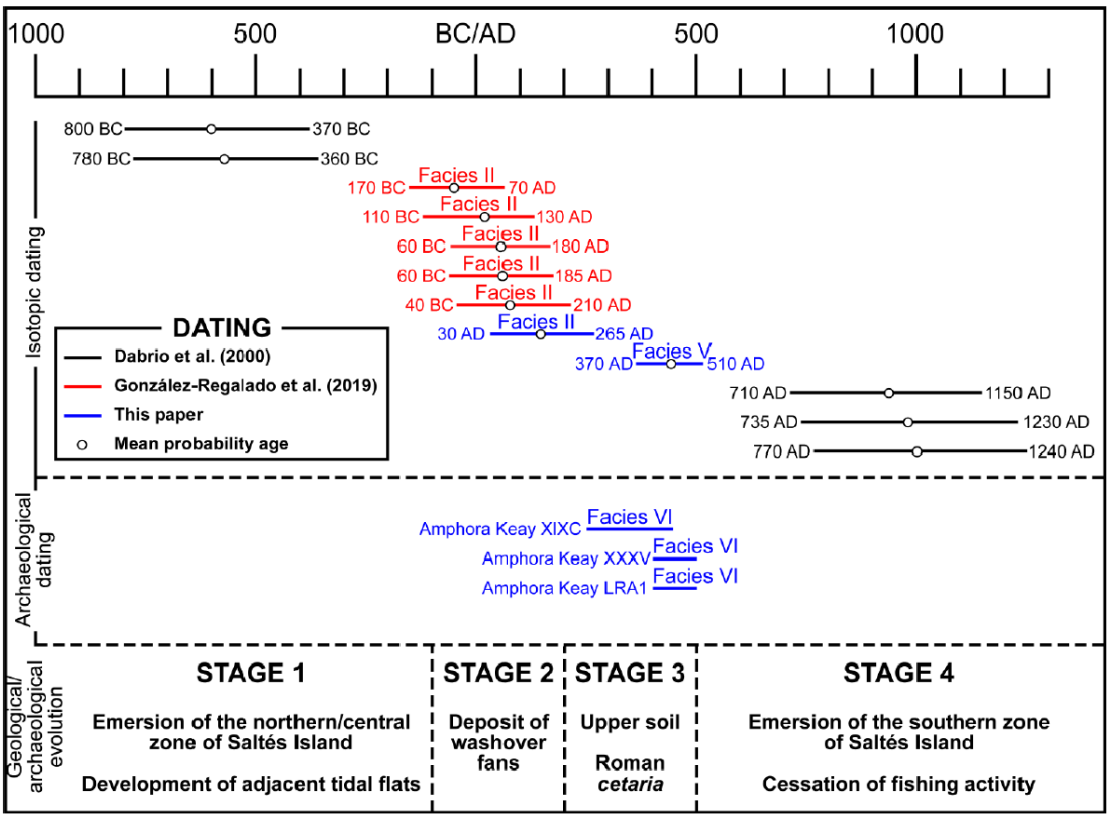



Figura 4. Geological evolution and archaeological record of Saltés Island. Radiometric datings from Dabrio *et al*. (2000), González-Regalado *et al*. (2019) and this paper (see Tab. 1). The original paper of each is indicated with different colors.

*Figura 4. Evolución geológica y registro arqueológico de la Isla de Saltés. Dataciones radiométricas tomadas de Dabrio* et al. *(2000), González-Regalado* et al. *(2019) y este trabajo (ver Tab. 1). El trabajo original de cada datación ha sido diferenciado con colores distintos.*

### *4.2. Fish-salting workshop: its archaeological context*

Prospecting activities on La Cascajera sandy barrier reveal that the Roman occupation was concentrated in the northwesternmost area, in front of El Eucaliptal site and just above the washover deposits (Fig. 3C), although the site has an extension of 6 hectares, according to the distribution of the remains found. The highest percentages of these remains are concentrated in sectors A and B (Fig. 3D), with a progressive decrease in the volume of surface material towards the eastern in an approximate front of about 500 meters. The archaeological record is represented by Late Roman amphorae (Keay XXXV A and B, XXXVI B, XIX, LR1A) (Fig. 5), cooking pottery (*aulae, caccabus*), storage (*dolia*) (Figs. 6A and B) as well as individuals of ARSW D (Hayes 67, 71, 87a, 91) (Fig. 7). In addition, some pillars and other constructive elements have been found in these northernmost sectors. This material proposes a chronology for the archaeological site since the end of the 4th century AD until the 5th century AD (Fig. 4; Keay, 1984; Hayes, 1976; Bonifay, 1987; 2004; 2005). According to this archaeological record (Figs. 2D and 4), this site was occupied about 1200 years about the emersion of La Cascajera ridge and 200-300 years about the deposit of washover

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

fans (facies V). It is very important to note that the isotopic datings of this facies and the archaeological datings are coincident and point to an industrial activity developed mainly during the 5th century AD (Fig. 4).

The Estero de los Difuntos cliff (Fig. 3A) also presented important levels of shell dumping as products of industrial activity (facies V), with high percentages of bivalves (mainly *Glycimeris*) and, to a lesser extent, of gastropods (*Bolinus brandaris)*. Both the volume and variety of the archaeological material decrease eastward except in the central transects, where an important percentage of amphoric, very fragmented material is concentrated (sectors C, D and E). This material could be indicative of the existence of storage areas (*horrea*), and so on, an aspect that should be contrasted with future fieldworks.

All these materials would indicate that the northern part of La Cascajera ridge was a fish-salting workshop dedicated to fishing and processing products derived from it, and especially focused on the use of bivalve meat (e.g. *Glycymeris*). The site represents a new point in the Tinto-Odiel Estuary, in which numerous Roman archaeological sites dedicated to this activity (*cetariae*) and to the supply of transport containers (*figlinae*) have been located (see Fig. 1: Onoba, La Orden, Las Cojillas, El Almendral, La Peguera, El Eucaliptal).

The proximity of the Cascajera with La Peguera and El Eucaliptal (Fig. 1C) is very significant, since they are on the other side of the Punta Umbría channel and coexisted for a time during Late Antiquity, which could lead us to think of the same exploitation unit that presented a diversification of production in

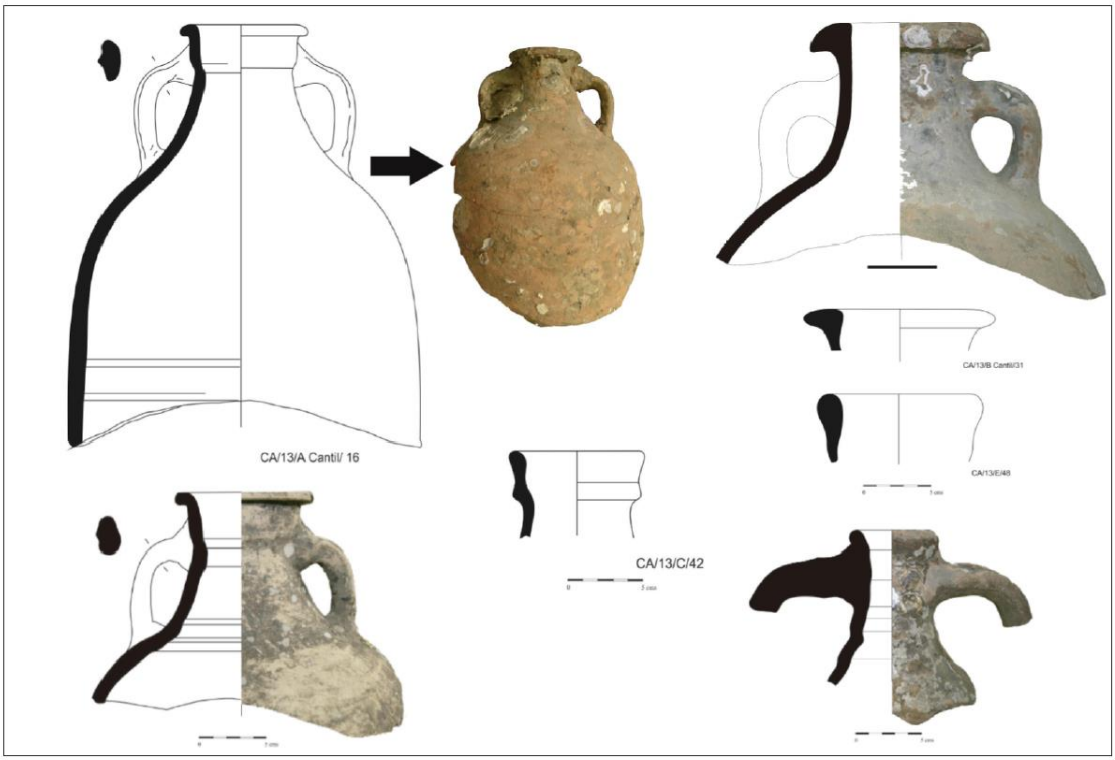



Figure 5. La Cascajera. Late Roman Amphorae (Keay XIX, XXXV y LR1A)
*Figura 5. La Cascajera. Ánforas romanas tardías.* (Keay XIX, XXXV y LR1A)

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

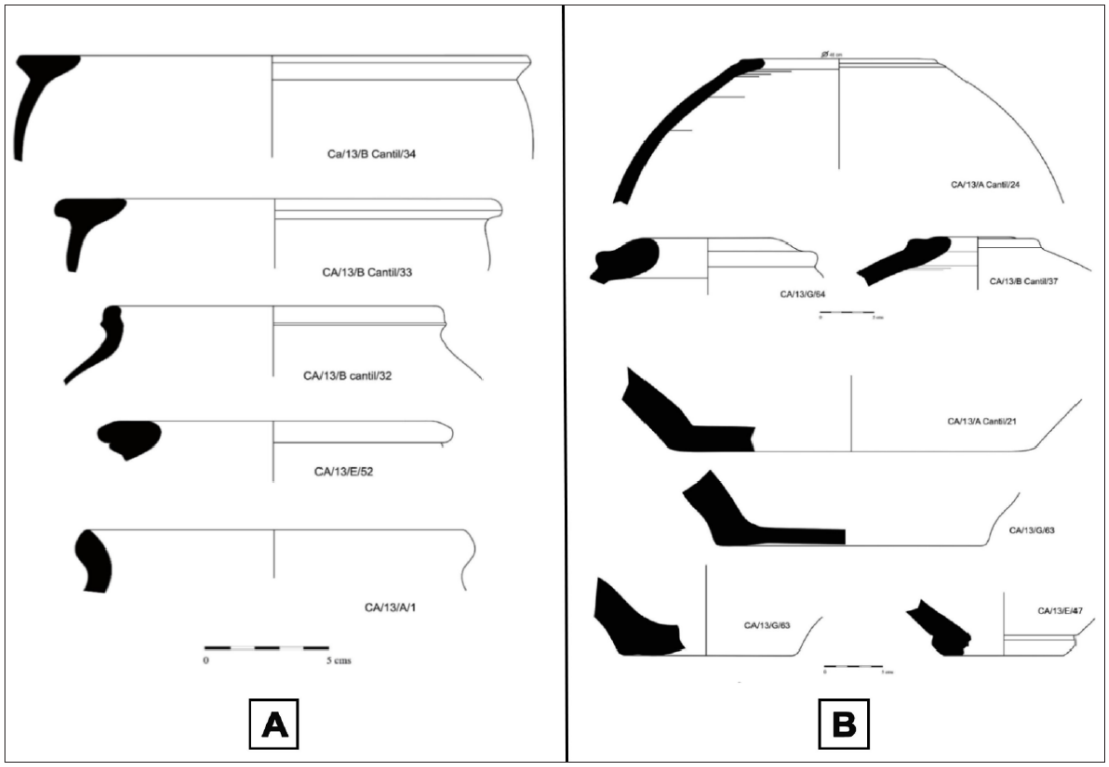



Figure 6. La Cascajera. A: Roman common pottery (*aullae*); B: Pottery storage (*dolia*).

*Figura 6. La Cascajera. A: Cerámica romana común* (aullae)*; B: Cerámica de almacenamiento* (dolia).

nearby and separate areas. In this respect, the large volume of the shell deposit documented would indicate the main activity of La Cascajera factory, dedicated primarily to the use of meat from mollusks for the production of mixed fish sauces, as opposed to El Eucaliptal where an important fishing processing activity developed from the 1th century AD to the 2th century AD (O'Kelly, 2017).

### *4.3. Fish-salting workshop: the end of the use*

At present, there is an interesting debate about the reasons that caused the cessation of these salting factories in this area and other adjacent Atlantic coasts around 6th century AD. In the Tinto-Odiel Estuary, the latest research of different archaeological sites (Fig. 1: e.g. El Eucaliptal, La Orden) have revealed that the production of these centers does not exceed the 6th century AD (O'Kelly, 2017). In this sense La Cascajera is an example given that the material record does not exceed 5th century AD. In absence of new detailed studies or reviews of well-known archaeological sites, the latest research reveals that the fishing activity destined to the trade of long distance Mediterranean in the West-East direction finished in this period. This is the case of centers such as Picola, *Barcino*, Mazarrón, *Malaca*, or *Olissipo* whose production does not exceed the second half of the 5th century, or in the first half of the 6th c. AD in Rosas, *Malaca* - Calle Afligidos - Lagos and *Septem* (Lagóstena, 2001; Bernal, 2008). The reason for the end of this production seems to be related to the Byzantine presence in the Hispanic coasts that produced a change in the struc-

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

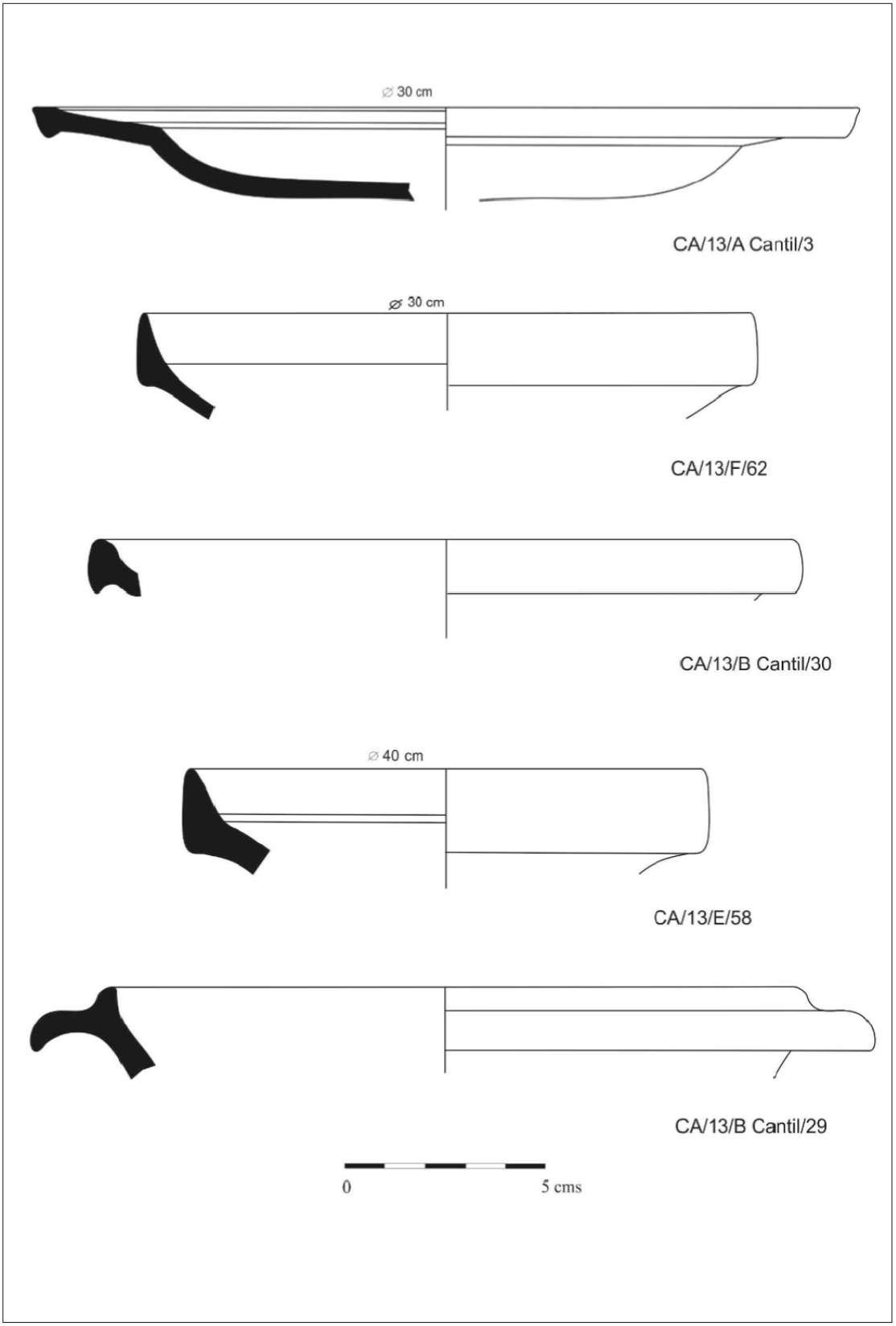



Figure 7. La Cascajera. ARSW D.

*Figura 7. La Cascajera. ARSW D.*

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

tures of production as a result of the control of the *fretum gaditanum* by the Byzantines (Bernal, 2008). However, in the coast of Huelva, the decrease and abandonment of production would be better related to the changes produced after the increasingly effective presence of Visigothic power in the ancient Hispano-Roman cities from the middle of the 5th. c. AD (Vizcaíno, 2009).

### *4.4. How to distinguish a midden: a distinctive palaeontological record?*

The following palaeontological features of the bioclastic midden (facies V) could be used to differentiate them from other bioclastic accumulations of natural origin (e.g. beach ridges, washover fans, cheniers): I) the grain size distribution, with an almost non-existent matrix and up to 95% of gravel-size bioclasts; II) the almost monospecificity of the bivalve assemblages (*Glycymeris* spp >90% dry weigth) compared to the greater diversity found in other bioclastic facies, such as cheniers or washover fans; III) the presence of *Glycymeris* shells with acute fractures on the ventral margin due to industrial manufacturing; and IV) the absence of foraminifera, a feature described in some middens of Australia (Lilley *et al.*, 1999).

## 5. Conclusions

A multidisciplinary analysis of La Cascajera ridge (Saltés Island, Tinto-Odiel Estuary, SW Spain) has allowed to discover a new Roman fish-salting workshop, located on previous washover fan deposits. Both the archaeological (amphorae, pottery, storage) and paleontological (mainly mollusks) records permit to deduce that this likely *cetaria* was dedicated to the handling of edible bivalve species and, maybe to, the production of fish sauces, although no ichthyofauna remains have been found. The temporary period of production expanded from the end of the 4th century AD and continued throughout the 5th century AD, in which this *cetaria* was framed within the hinterland of *Onoba*, the main salting factory of this area during that time. The palaeontological analysis of the associated midden (facies V) has allowed detecting up to five characteristics that could be applied to differentiate middens from other bioclastic accumulations.

## Acknowledgments

This work has been carried out through the project ´From the Atlantic to the Tyrrhenian. The hispanic ports and their commercial relations with Ostia Antica. DEATLANTIR II - HAR2017-89154-P - (Plan Nacional de I+D+i). Other funds have come from Andalusian Gouvernement (groups HUM-132, RNM-238 and RNM-293). It is a contribution to the Research Center in Historical, Cultural and Natural Heritage (CIPHCN) of the University of Huelva.

## References

Amo, M. (1976). Restos Materiales de la población de *Onuba. Huelva Arqueológica II*, 11-196.

Bedia, J. (2008). Los siglos oscuros: de Tartessos a la Edad Media. *Huelva Arqueológica*, 21, 55-84.

Bermejo, J., Campos, J.M., Rodríguez-Vidal, J. (2017): Las estructuras portuarias de *Onoba Aestuaria*: un puerto pesquero y de control imperial. *En Campos, J.M. y Bermejo, J. Eds. Los puertos atlánticos béticos y lusitanos y su relación comercial con Ostia Antica*, L'erma di Bretschneider, Roma, 207-244.

Bernal, D. (2008). El final de la industria pesquero-conservera en Hispania (ss. V-VII d.C.). Entre obispos, Bizancio y la evidencia arqueológica. In: *Ressources et activites maritimes des peuples de l'Antiquite, Actes du colloque international de Boulogne-sur-Mer* (J. Napoli, ed.), *Les Cahiers du Littoral* 2, 6, 31-57

Bernal, D.; García, E. (2014). Talleres haliéuticos en la *Hispania* romana. Artífices idóneos: artesanos, talleres y manufacturas en Hispania. *Anejos de Archivo Español de Arqueología*, LXXI, 295-318.

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

Bonifay, M. (1987). Observations sur les amphores à Marseille d'après les fouilles de la Bourse (1980-1984). *Révue d'Archéologie Narbonnaise*, 19, 269-305. https://doi.org/10.3406/ran.1986.1293

Bonifay, M. (2004). *Études sur la céramique romaine tardive d'Afrique*. B.A.R, int. ser. 1301, Oxford, 525 pp.

Bonifay, M. (2005). Observations préliminaires sur les céramiques des collections du Musée. Aix-en-Provence, 175-180.

Borrego, J. (1992). *Sedimentología del estuario del Río Odiel*. PhD Thesis (unpublished). Universidad de Sevilla, Sevilla, 315 pp.

Cáceres, L.M.; Gómez, P.; González-Regalado, M.L.; Clemente, M.J.; Rodríguez Vidal, J.; Toscano, A.; Monge, G.; Abad, M.; Izquierdo, T.; Monge, A.; Ruiz, F.; Campos, J.M.; Bermejo, J.; Martínez, A.; López, G. (2018). Modelling the mid-late Holocene evolution of the Huelva Estuary and its human colonization, South-Western Spain. *Marine Geology*, 406, 12-26. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2018.08.008

Campos, J.M. (2011). *Onoba Aestuaria. Una ciudad portuaria en los confines de la Baetica*. Concejalía de Cultura, Ayuntamiento de Huelva, Huelva, 211 pp.

Campos, J.M.; Bermejo J.; Rodríguez-Vidal, J. (2015). La ocupación del litoral onubense en época romana y su relación con eventos marinos de alta energía. *Cuaternario y Geomorfología,* 29, 75-93. https://doi.org/10.17735/cyg.v29i1-2.31570

Campos, J.M.; Pérez, J.A.; Vidal, N.O. (1999). *Las cetariae de la costa onubense en época romana*. Universidad de Huelva, Huelva, 222 pp.

Campos, J.M.; Vidal, N.O. (2004). Las salazones del litoral onubense: la cetaria de El Eucaliptal. *Huelva en su Historia*, 11, 51-82.

Dabrio, C.J. ; Zazo, C. ; Goy, J.L. ; Sierro, F.J. ; Borja, F. ; Lario, J. ; González, J.A. ; Flores, J.A. (2000). Depositional history of estuarine infill during the last postglacial transgression (Gulf of Cadiz, Southern Spain). *Marine Geology*, 162, 381-404. https://doi.org/10.1016/S0025-3227(99)00069-9

Figueroa, M.E.; Clemente, L. (1979). Dinámica geomorfológica de los estuarios de los ríos Tinto y Odiel (Huelva). Aplicaciones a la ordenación del territorio. *IV Reunión Nacional para el estudio del Cuaternario*, Bañolas, 115-129.

González-Regalado, M.L.; Gómez, P.; Ruiz, F.; Cáceres, L.M.; Clemente, M.J.; Rodríguez Vidal, J.; Toscano, A.; Monge, G.; Abad, M.; Izquierdo, T.; Campos, J.M.; Bermejo, J.; Martínez-Aguirre, A.; Prudencio, M.I.; Dias, M.I.; Marques, R.; Muñoz, J.M. (2019). Facies analysis, foraminiferal record and chronostratigraphy of Holocene sequences from Saltés Island (Tinto-Odiel estuary, SW Spain): The origin of high-energy deposits. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 218, 95-105. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.12.005

Hayes, J.W. (1976). Late roman pottery. British School at Rome, Rome, 468 pp.

Hudock, J.W.; Flaig, P.P.; Wood, L.J. (2014). Washover fans: a modern geomorphologic analysis and proposed classification scheme to improve reservoir models. *Journal of Sedimentary Research*, 84, 854-865. https://doi.org/10.2110/jsr.2014.64

Keay, S. (1984). The late roman amphorae in the Wester Meditarrenean. A typology and economic study: The catalan evidence. BAR International Series 196, Oxford, 768 pp.

Lagóstena, L. (2001). *La producción de salsas y conservas de pescado en la Hispania Romana (II a.C.-VI d.C.)*. Universidad de Barcelona, Barcelona, 502 pp.

Lagóstena, L.; Bernal, D. (2004). Alfares y producciones cerámicas en la provincia de Cádiz. Balance y perspectivas. Congreso Internacional Figlinae Baeticae. Talleres Alfareros y producciones. *Cerámicas en la Bética romana (ss. II a.C.-VII d.C.),* B.A.R. International Series, 1266, I, Oxford, 39-124.

Lilley, I.; Brian, D.; Ulm, S. (1999). The use of foraminifera in the identification and analysis of marine shell middens: A view from Australia. In: *Taphonomy: The Analysis of Processes from Phytoliths to Megafauna* (M.J. Mountain; D. Bowdery, eds). Research School of Pacific and Asian Studies, Australian National University, Canberra, 9-16.

Martins, J.M.M.; Soares, A.M.M. (2013). Marine radiocarbon reservoir effect in Southern Atlantic Iberian coast. *Radiocarbon*, 55, 1123–1134. https://doi.org/10.1017/S0033822200048037

Marzano, A. (2013). *Harvesting the sea. The exploitation of marine resources in the Roman Mediterranean.* Oxford Studies on the Roman Economy. Oxford, Oxford University Press.

Morales, J.A.; Borrego, J.; Davies, R.A. (2014). A new mechanism for chenier development and a facies model of the Saltés Island chenier plain (SW Spain). *Geomorphology*, 204, 265-276. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.08.011

Cuaternario y Geomorfología (2019), 33 (3-4), 9-24

O'Kelly, J. (2017). *Alfares onubenses, producción y comercio cerámico en el occidente de la Baetica.* PhD Thesis. Universidad de Huelva, Huelva, 1064 pp.

Sáez, A.M. (2008). El sistema alfarero-salazonero de *Gadir/Gades*. *Saguntum*, 40, 141-160.

Sáez, A.M. (2010). La producción alfarera y la economía salazonera de *Gadir*: balance y novedades. *Mainake*, XXXII, 885-932.

Sáez, A.M.; Díaz, J.J. (2012). Entre tierra y mar, entre lo púnico y lo romano. In: *Adaptaciones económicas y territoriales en un medio cambiante: algunas notas sobre paleografía y sistemas de explotación del hinterland insular de Gadir/Gades, La etapa neopúnica en Hispania y el Mediterráneo centro occidental: identidades compartidas (*B. Mora; G. Cruz, coords.), Universidad de Sevilla, Sevilla, 259-299.

Van Calsteren, P.; Thomas, L. (2012). Quantitation of protactinium, $^{231Pa}$ in abyssal carbonate. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 27, 952-956. https://doi.org/10.1039/c2ja30026e

Vizcaino, J. (2009). La presencia bizantina en Hispania siglos VI-VII: la documentación arqueológica. Monografías históricas sobre la antigüedad tardía XXIV. Universidad de Murcia.

*Recibido el 09 de diciembre de 2018*
*Aceptado el 22 de julio de 2019*

# El registro geológico holoceno de la ensenada de Palos de la Frontera y la evolución del paisaje de su puerto histórico: estado de la cuestión

**Joaquín Rodríguez Vidal, Paula Gómez Gutiérrez, Luis M. Cáceres Puro y Marta Arroyo Serrano**
Universidad de Huelva

## Introducción

Durante el Holoceno medio y superior la costa del golfo de Cádiz, y especialmente la de Huelva, ha sufrido los mayores cambios y modificaciones naturales de todas las costas peninsulares españolas. Las variaciones en el nivel marino y los cambios ambientales han quedado almacenados en los registros morfosedimentarios de los medios litorales. Estos medios están compuestos por sedimentos generados en marismas estuarinas, lagoones, playas, barreras litorales, dunas y terrazas fluviales o aluviales, que pueden conservarse en el registro como elementos geomorfológicos aflorantes o enterrados bajo distintas capas sedimentarias, sobre todo en los estuarios. Las principales transformaciones morfológicas se han producido en las barreras litorales de las bocanas de los estuarios y en los «esteros» o arroyos afluentes de los cursos fluviales principales, como ha sido el caso del estero de la Fontanilla, en Palos de la Frontera.

Aunque el relleno del estuario de los ríos Tinto-Odiel tiene una historia geológica muy reciente, el Puerto Colombino de Palos de la Frontera presenta una historia de colmatación aún mucho más reciente, ya que la acción antrópica influyó decisivamente en la desaparición de dicho estero. Así, su estudio en profundidad sólo puede realizarse mediante sondeos, bien sean de tipo geofísico, o bien de tipo mecánico.

Es por esto que los objetivos de este trabajo se centran en el estudio de la dinámica y evolución del estero de la Fontanilla y la ensenada del Puerto Colombino de Palos de la Frontera desde el periodo medieval hasta la actualidad,

los tipos de medios naturales identificados y la evolución natural del yacimiento. Sin embargo, los sondeos que hemos realizados en la ensenada han puesto en evidencia una historia geológica más detallada, que posiblemente se inicia a mediados del Holoceno, hace algo más de 6.000 años, resultado del último ascenso postglaciar del nivel marino.

## Antecedentes

El estudio de la Ensenada del Puerto Colombino de Palos de la Frontera comienza en los años noventa del siglo pasado, coincidiendo con el V centenario del Descubrimiento de América. El ayuntamiento de Palos de la Frontera, permitió entonces que se iniciaran una serie de proyectos urbanísticos que se enfocaron en dar alto valor patrimonial a los Lugares Colombinos. En ese contexto, el Ayuntamiento de Palos y la Liga Naval Española inician el proyecto realizando una «Prospección Geofísica para la ubicación del antiguo embarcadero o puerto de Palos de la Frontera», con el que se hallaron estructuras antrópicas enterradas al pie del cabezo, donde se sitúa el castillo de Palos, las cuales facilitaron el comienzo de las excavaciones que se realizaron en los años siguientes.

Así se inició, con posterioridad, el estudio denominado «Proyecto de investigación geoarqueológico del estero de La Fontanilla: El puerto histórico de Palos de la Frontera (Huelva)» (Pozo *et al.*, 1996), ejecutado por la Universidad de Huelva y coordinado por el Ayuntamiento de Palos de la Frontera y la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. De los sondeos realizados, destaca el denominado PR-2, ubicado en el margen izquierdo de la ensenada y de 15 m de profundidad, que contiene el registro de las tres fases evolutivas del relleno reciente de la ensenada y que nos proporcionó las verdaderas dimensiones e importancia del sedimento holoceno allí acumulado.

## Los sondeos geotécnicos y su registro sedimentario

En julio del 2016 comenzó un estudio científico, financiado por el Ayuntamiento de Palos de la Frontera, bajo el subproyecto «Investigaciones geoarqueológicas en la ensenada de Palos», con la finalidad de determinar las carac-

terísticas de la ensenada en la que se encuentra localizado el puerto histórico de Palos de la Frontera (Huelva). La campaña de campo consistió en 7 sondeos de rotación con recuperación continua de testigos en distintos puntos de la ensenada (Figs. 1 y 2), cuyo objetivo era obtener información sobre la disposición espacial de los materiales de relleno y poder definir el paleopaisaje, la morfología general y las dimensiones del entrante mareal que daba acceso al puerto.




Figura 1. Campaña de sondeos y material utilizado (izquierda). Almacenamiento de los testigos de sondeos en cajas protectoras de 60 cm de longitud (derecha).

Se seleccionaron tres de estos sondeos en puntos estratégicos, para obtener una primera aproximación a la geología de la ensenada (Fig. 2). Estos son HUPP-16-2 (sondeo 2), situado frente a la alota del antiguo puerto de Palos, que aporta datos sobre el calado en el propio puerto, HUPP-16-5 (sondeo 5) y HUPP-16-4 (sondeo 4) situados en la zona más alejada de la zona industrial/portuaria y hacia el exterior de la ensenada, que nos deben informar sobre las condiciones paleoambientales regionales, aportadas por el río Tinto. El techo de todos los sondeos tiene una cota absoluta de unos 3 metros sobre el nivel medio del mar.

Los tres sondeos seleccionados (Fig. 3) han sido muestreados atendiendo a los cambios litológicos, recogiéndose un total de 96 muestras brutas de unos 120 g cada una. De estas, se tomaron 10 g para análisis granulométricos. La fracción gruesa ha sido tratada en el laboratorio de Geología de la Facultad de Ciencias Experimentales y la fracción fina ha sido analizada con el contador de




Figura 2. Situación de los siete sondeos de rotación HUPP-16 realizados en la ensenada de Palos de la Frontera, durante el verano de 2016, y las profundidades alcanzadas en metros (imagen aérea extraída de Google Earth). Los círculos rojos son los sondeos hasta ahora analizados, los triángulos amarillos son los sondeos en fase de muestreo y análisis.

partículas (Mastersizer-2000) en el CIDERTA, perteneciente a los Servicios Centrales de la Universidad de Huelva. Con los resultados se están realizando gráficas granulométricas de distribución textural.

Para el estudio palinológico, se ha realizado un muestreo complementario, más representativo y de mayor detalle. Este análisis, realizado en el sondeo HUPP-16-2, ha proporcionado 61 muestras que han sido enviadas al laboratorio de palinología de la Universidad de Alcalá de Henares y están siendo tratadas por el equipo de la Dra. Blanca Ruiz Zapata.

También se han realizado diversos análisis de las muestras de los niveles con sedimentos más finos (limos y arcillas), ya que debido a su baja permeabilidad actúan como una trampa que permite la acumulación de elementos químicos. Igualmente, se han llevado a cabo análisis geoquímicos de 60 muestras, de las que ya se han obtenido algunos resultados y están siendo estudiadas por el Dr. Manuel Olías, del departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Huelva. Otros trabajos en curso se relacionan con la Mineralogía de Arcillas,

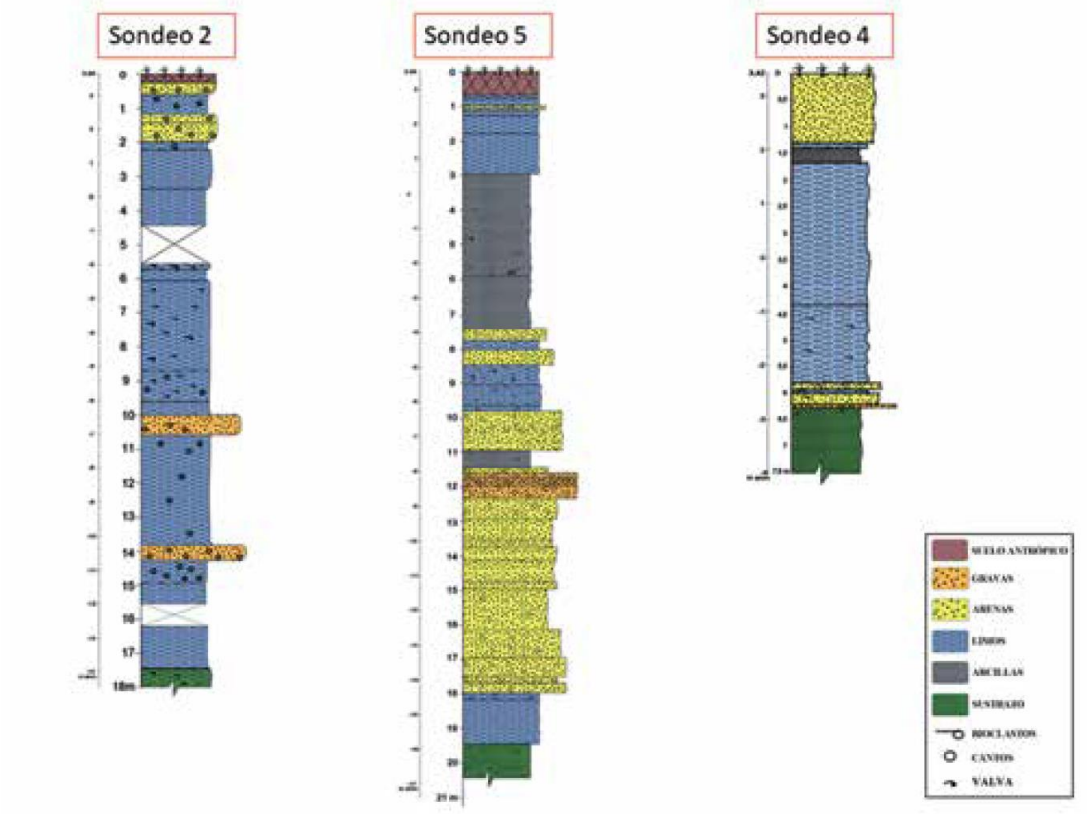



Figura 3. Características texturales de los tres sondeos hasta ahora estudiados, con la cota sobre el nivel medio marino y la profundidad alcanzada por cada sondeo. Para su localización, ver la figura 2.

mediante análisis de la mineralogía total por difracción de rayos X; actualmente se encuentra en la fase de preparación de muestras.

Se ha realizado en estos tres sondeos un estudio micropaleontológico preliminar, en el que han sido seleccionadas 60 muestras. En este momento se están estudiando las asociaciones faunísticas mediante lupa binocular. Los responsables de este trabajo son los Drs. M.ª Luz González-Regalado y Francisco Ruiz Muñoz, de la Universidad de Huelva.

Por último, se han realizado dataciones isotópicas por análisis de radiocarbono-AMS en muestras de carbón, madera, y conchas de gasterópodos y bivalvos marinos. Los primeros resultados se están calibrando y estableciendo las primeras correlaciones cronoestratigráficas.

### *Análisis granulométrico de los sondeos*

Los sondeos que se han seleccionado para la realización del estudio textural son el HUPP-16-5, que cuenta con una longitud de 20,5 metros de profundidad y que se encuentra en el entrante del estero; y el HUPP-16-2 que se encuentra en el interior del canal y junto a la ensenada del puerto (Figs. 2 y 3). La elección de dichos sondeos ha sido realizada para, de una forma simple, iniciar las correlaciones estratigráficas entre el interior del canal y su antigua bocana; más adelante, con todos los sondeos descritos, se podrá establecer una correlación espacio-temporal de todos los sedimentos que rellenan la ensenada.

Un análisis granulométrico consiste en un proceso de clasificación de material sedimentario detrítico, con el fin de conocer la proporción de muestra existente en relación al tamaño de grano. Este estudio ha realizado, para ambos sondeos, un total de 78 muestras/análisis.

Para la realización de la granulometría se ha utilizado una columna de tamices con diferente diámetro de malla (2 mm, 1 mm, 500 micras, 250 micras y 125 micras) y un recipiente, al final de la columna, para recoger el material fino. Esta granulometría ha sido realizada en húmedo, debido a que el sedimento estaba compactado en alguno de los casos y era necesaria su disgregación para el almacenamiento de los materiales más finos que iban a ser analizados mediante difracción de rayos X.

Tras haberse realizado una descripción textural de los sondeos en las que solo se tiene en cuenta lo que, de forma visual e *in situ* se puede observar, se va a poner en relación con los resultados granulométricos que se han analizado en el laboratorio. Esto servirá para, además de corregir posibles fallos iniciales, realizar con mayor exactitud las correlaciones entre ambos sondeos y poder acometer la reconstrucción paleoambiental del estero de la Fontanilla y su relación con el antiguo Puerto de Palos.

El sondeo 5 (HUPP-16-5) cuenta con dos etapas diferencias, que se ven reflejadas en los resultados granulométricos. Este sondeo ha sido analizado en base a la toma de 50 muestras a lo largo de toda la columna (Fig. 4). El contenido en gravas es solo remarcable en algunos casos, ya que durante todo el sondeo se mantiene por debajo del 10% sobre el total, siendo inexistente en un gran número de muestras. Sin embargo las muestras PP-5-23/31/42 sobrepasan ese 10%, alcanzando casi el 30% del total. En el caso de las muestras PP-

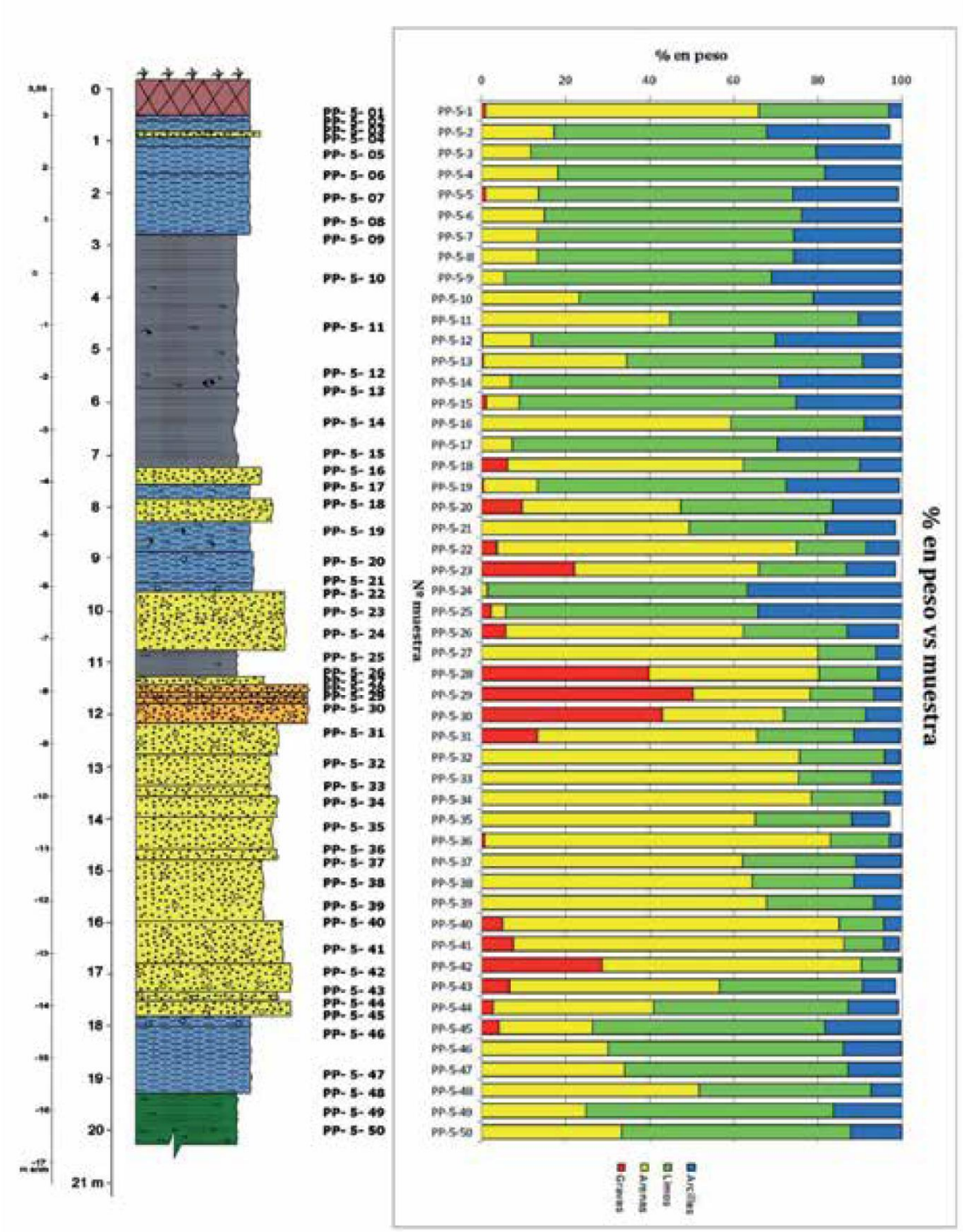



Figura 4. Sondeo HUPP-16-5 junto con la situación de las muestras analizadas y el gráfico resultante de los análisis granulométricos.

5-28/29/30, estas superan ese 30% del total, habiendo en la muestra PP-5-29 más de un 50% de gravas.

El contenido en arenas se hace más evidente en la primera etapa del sondeo, que reposa sobre un sustrato mio-plioceno con un contenido en limos de más del 50%.

El sondeo HUPP-16-2 (Fig. 5), a diferencia del anterior, es más monótono. Al encontrarse en el interior del estero la influencia marina es menor, el prisma mareal no implica un gran aporte sedimentario, otorgando a la influencia continental, en este punto, todo el protagonismo.

A lo largo del sondeo se observa, principalmente, el elevado contenido en limos arenosos de colores pardos oscuros. En la columna se pueden distinguir dos tramos de un tamaño de grano mayor, que rompen la serie de limos-arenosos. El primero de ellos se encuentra a los catorce metros, y está en relación directa con el tramo inferior, ya que éste cuenta a techo con una acumulación de cantos gruesos que da lugar a un primer nivel de gravas, cuya matriz sigue siendo la misma. Por encima, los cantos gruesos se dispersan a lo largo de los tres metros de potencia con los que cuenta la capa, que se sitúa entre ambos niveles de gravas. Entre los diez y once metros, aparece el segundo nivel intercalado de gravas que, al igual que el primero, está formado por cantos centimétricos en una matriz limo-arenosa.

A partir de este segundo nivel de gravas, aparece un tramo de ocho metros de potencia de limos-arenosos de color pardo. Entre los diez y seis metros el registro orgánico se hace evidente. Además de cantos gruesos, estos metros cuentan con presencia de restos bioclásticos y valvas de conchas fragmentadas. A los nueve metros se encontraron restos de raíces típicas de marisma, lo que otorga información interesante para poder realizar la correlación de facies, dataciones, etc. Algo característico es la presencia de restos de carbón en todo el tramo. El tamaño general de estos restos es milimétrico, haciendo una tarea imposible el reconocimiento de cualquier patrón.

En resumen, se puede decir que este sondeo 2 (HUPP-16-2) representa el relleno interno de un pequeño valle fluvio-mareal, areno-limoso, de influencia continental y semiprotegido por los promontorios acantilados de la bocana del estero. Si se visualiza el estado actual del estuario del Tinto, el estero de la Fontanilla sería un medio natural muy similar al estero Domingo Rubio. Las facies del sondeo HUPP-16-5 son algo más complejas, al reflejar la zona de mezcla

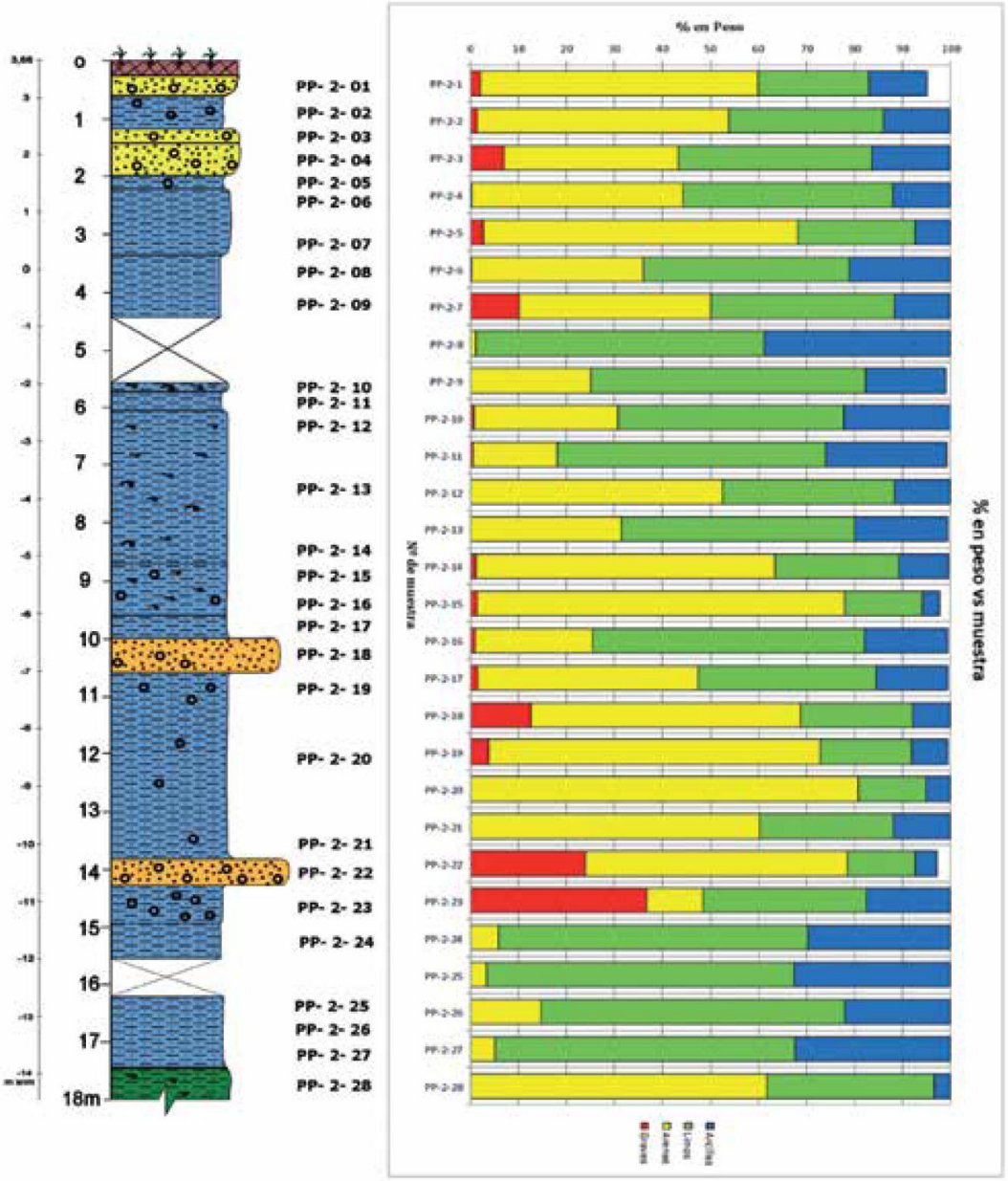



Figura 5. Sondeo HUPP-16-2 junto con la situación de las muestras analizadas y el gráfico resultante de los análisis granulométricos.

en la bocana, entre los aportes de arroyada fluvial y la influencia marina de las mareas que entraban por el río Tinto.

## Metodología de dataciones radiocarbónicas

La datación radiométrica es un procedimiento empleado para determinar la edad absoluta de rocas, minerales y restos orgánicos. Un caso particular es la datación por carbono radiactivo (basada en la desintegración del isótopo carbono 14), que comúnmente se utiliza para la datación de restos orgánicos de hasta 50.000 años de antigüedad. Todos los organismos tienen una concentración equilibrada de $^{14}C$, debido al constante intercambio de $CO_2$ no radiactivo de la atmósfera durante sus períodos de vida. Cuando muere el organismo, el intercambio cesa y la concentración de $^{14}C$ decae con una vida media de 5.570 años. La edad después de la muerte puede determinarse reduciendo la materia por procesos químicos a carbono, que se analiza a continuación; o bien usando un acelerador de espectrometría de masas.

Con las muestras de conchas marinas deben, además, de realizarse otros ajustes en relación con variaciones oceanográficas regionales, resultado del ascenso de aguas profundas deficientes en $^{14}C$. Así, se utiliza el parámetro $\Delta R$ para intentar corregir el efecto de estas variaciones y obtener una datación más acorde con la realidad.

Soares (2005) fue el primero en determinar el efecto reservorio marino ($\Delta R$) en las costas del golfo de Cádiz. Varios trabajos se publicaron con posterioridad para un cálculo más preciso del $\Delta R$ regional, así como para precisar variaciones espaciales y temporales. Para el presente trabajo (Tabla 1), se ha utilizado la publicación más reciente, donde Martins y Soares (2013) calculan un valor $\Delta R$ de $-108 \pm 31$ años $^{14}C$ para las costas andaluzas del golfo de Cádiz, durante los últimos 3.000 años.

Los análisis de nuestras dataciones radiométricas se han realizado en el laboratorio CNA del CSIC-Universidad de Sevilla y su calibrado lo realizó el Dr. Antonio Monge Soares, del Centro de Ciências e Tecnologias Nucleares de la Universidad de Lisboa.

La profundidad alcanzada por los sondeos y la variedad textural de su registro estratigráfico nos hizo sospechar que los sedimentos extraídos de la ensenada no debían ser sólo el resultado de un relleno reciente, de los últimos siglos, sino que se remontarían a varios miles de años; tal vez en relación con los momentos finales de la conocida como «transgresión Flandriense» o última elevación marina postglaciar.

| Lugar y clave de la muestra | Clave del laboratorio | Tipo de muestra | ∂ $^{13}$C‰ | Edad de $^{14}$C (años BP) | Edad cal. años BP IntCal/Marine13 (2σ) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Sondeo 2** | | | | | |
| PP2-10-C | CNA-4262 | MO | -29.4 | -198±28 | 0 |
| PP2-10-S | CNA-4263 | CM | -3.6 | 7744±37 | 8320-8126 |
| PP2-12-C | CNA-4264 | MO | -24.5 | 5831±33 | 4785-4604 |
| PP2-12-S | CNA-4284 | CM | 1.3 | 6291±33 | 6846-6652 |
| PP2-14-C | CNA-4265 | MO | -29.0 | 6323±31 | 5365-5221 |
| PP2-16-C | CNA-4266 | MO | -28.8 | 7263±33 | 6218-6060 |
| PP2-16/17-C | CNA-4267 | MO | -22.2 | 7504±33 | 6440-6257 |
| PP2-17-S | CNA-4268 | CM | -4.6 | 7996±36 | 8534-8376 |
| PP2-28-S | CNA-4270 | CM | -1.3 | 54711±4793 | >50000 |
| **Sondeo 4** | | | | | |
| PP4-10-S | CNA-4271 | CM | 1.6 | 6081±33 | 6608-6409 |
| PP4-11-C | CNA-4272 | MO | -22.6 | 6467±32 | 5483-5368 |
| PP4-12-S | CNA-4273 | CM | 1.2 | 7104±35 | 7654-7505 |
| PP4-13-S | CNA-4274 | CM | -1.3 | 5428±33 | 5892-5711 |
| **Sondeo 5** | | | | | |
| PP5-4-C | CNA-4275 | MO | -24.4 | 6385±33 | 5468-5311 |
| PP5-12-S | CNA-4276 | CM | -0.9 | 7500±35 | 8040-7866 |
| PP5-16-C | CNA-4277 | MO | -26.7 | 6407±32 | 5469-5325 |
| PP5-18-C | CNA-4278 | MO | -26.2 | 6993±33 | 5982-5785 |
| PP5-19-S | CNA-4279 | CM | -0.4 | 5690±30 | 6187-5990 |
| PP5-20-C | CNA-4280 | MO | -28.0 | 7437±33 | 6392-6236 |
| PP5-20-S | CNA-4281 | CM | -2.5 | 7664±36 | 8212-8006 |
| PP5-50-S | CNA-4283 | CM | -1.2 | 45682±1568 | >50000-45862 |

Tabla 1. Edades convencionales y calibradas de las muestras seleccionadas en los sondeos del estero de la Fontanilla, Palos de la Frontera. Laboratorio CNA: Centro Nacional de Aceleradores, Sevilla. MO es materia orgánica, CM es concha marina.

Para esta analítica se seleccionaron en los tres sondeos (Tabla 1) 21 muestras de distinta naturaleza, fragmentos de carbón de origen terrestre y conchas de procedencia marina. La selección de dichas muestras dependió de la calidad y cantidad de cada una de ellas, de su génesis y del nivel estratigráfico en el que aparecían; por tanto, las muestras no se encuentran a profundidades preestablecidas, ni igual número de muestras en cada uno de los sondeos. A esto deben añadirse problemas de contaminación natural, en un sedimento permanentemente sumergido, que sobre todo ha afectado a las conchas marinas. Algunas edades en muestras de carbón también han debido de rechazarse por tener resultados incongruentes con la secuencia cronológica.

## Interpretación de facies sedimentarias: El sondeo 4

El sondeo 4 (HUPP-16-4, en la Fig. 1) se localiza en la margen derecha de la bocana del estero de la Fontanilla, a 3,42 m s.n.m. (sobre el nivel medio del mar actual), y alcanzó la profundidad de 7,5 m, hasta penetrar en el sustrato de «Margas Azules». Este sondeo ha sido utilizado por la graduada en Geología Dña. Marta Arroyo Serrano para realizar en 2018 su Trabajo Fin de Grado (TFG) bajo la dirección de los Drs. María Luz González-Regalado y Joaquín Rodríguez Vidal y se tituló «Análisis micropaleontológico de un testigo de sondeo en la ensenada colombina de Palos de la Frontera (Huelva)».

De este sondeo se han tomado 18 muestras (Fig. 6) para su análisis granulométrico y micropaleontológico, aportando una gran información sobre la interpretación paleoambiental de este pequeño estuario. En su composición, de muro a techo, se diferencian cuatro tramos principales:

- 2,5 m de arenas limosas con niveles de limos arenosos y arcillosos e intercalaciones de gravas y arenas con gravas. En dichos niveles se observan restos de vegetales, así como carbón, además presentan fauna de moluscos y abundantes bioclastos.
- 3,5 m de limos arcillosos con abundantes restos de carbón y restos vegetales.
- 0,25 m de arenas limosas.
- 1,25 m de arenas y arenas limosas con presencia escasa de restos vegetales.

El análisis de la microfauna (ostrácodos y foraminíferos) se ha basado en 15 de las 18 muestras tomadas, 10 de ellas presentan microfósiles, y estas serían: PP-4-5, PP-4-6, PP-4-7, PP-4-10, PP-4-11, PP-4-12, PP-4-13, PP-4-14, PP-4-15 y PP-4-16 (Fig. 6). Se han determinado un total de 1841 individuos y 40 especies. La mayoría de las muestras presentan restos de moluscos (bivalvos y gasterópodos), espículas de equinoideos, fragmentos de vegetales y de carbón y restos de óxidos. Es destacable la presencia de moluscos en las muestras PP-4-10 y PP-4-11, en las que abundan frecuentemente ejemplares completos y fragmentos de bivalvos, gasterópodos y escafópodos.

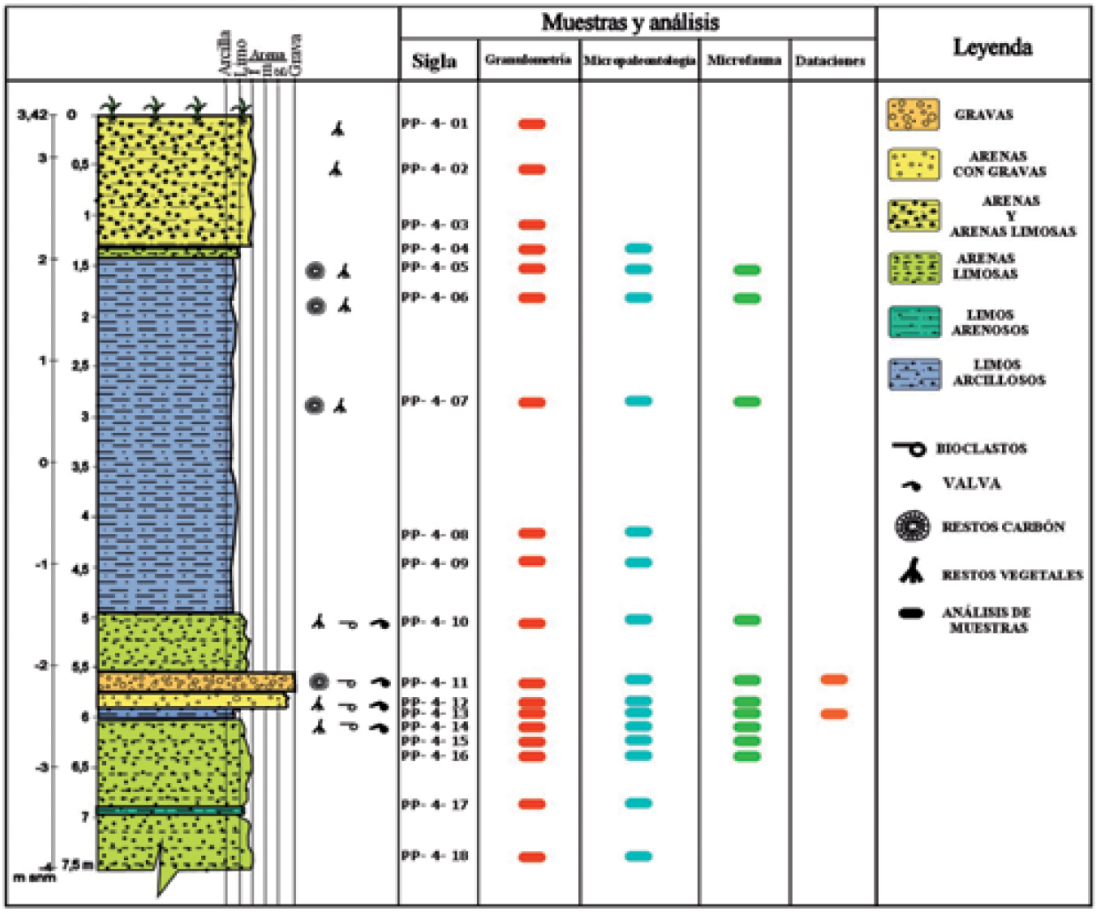



Figura 6. Columna estratigráfica del sondeo HUPP-16-4 con el correspondiente muestreo y análisis realizados.

Los foraminíferos alóctonos se concentran en un tramo específico de la columna, desde la muestra PP-4-15 hasta la muestra PP-4-10. Los foraminíferos autóctonos (indicadores del medio local) varían de muro a techo en la columna estratigráfica, tanto en número de individuos como en especies. Los limos arcillosos muestran menor número de individuos y especies, en cambio se incrementan con el aumento del tamaño de grano, hacia las arenas limosas y arenas con gravas, siendo máximos en el nivel de gravas a 5,6 m de profundidad.

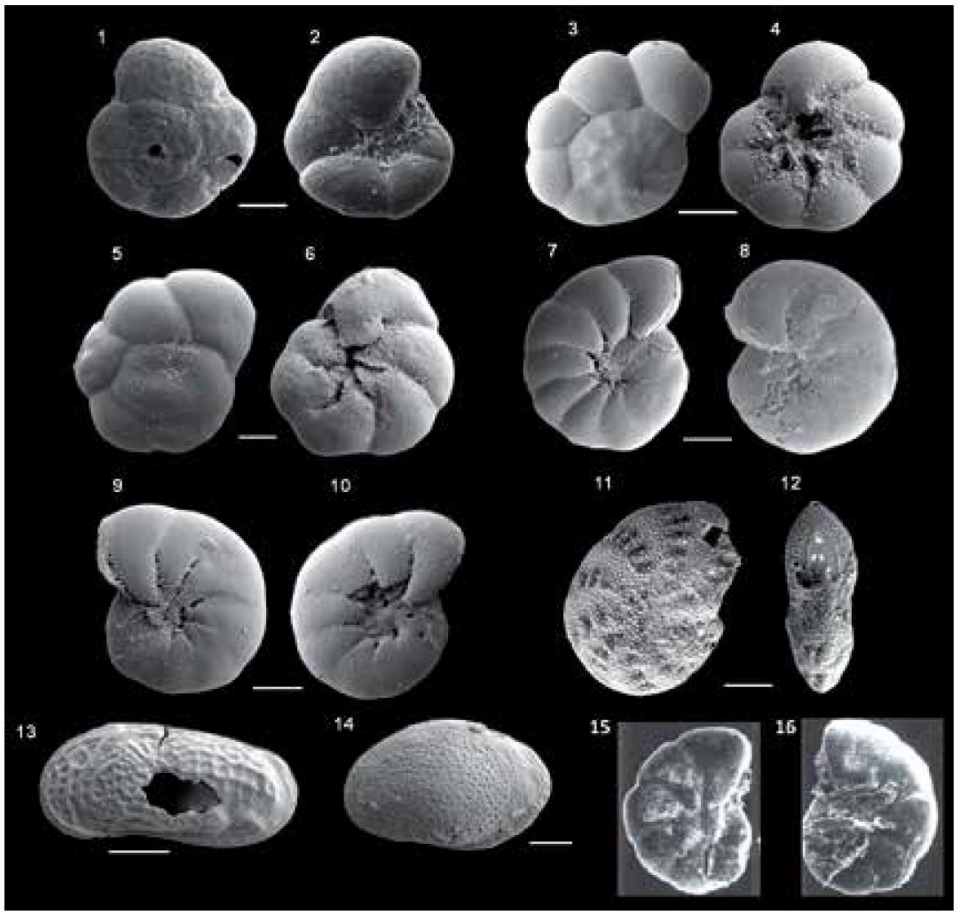



Figura 7. Foraminíferos y ostrácodos más representativos del sondeo HUPP-4-16. FORAMINÍFEROS: 1. Trochammina inflata v. dorsal (PP-4-7). 2. Trochammina inflata v. ventral (PP-4-7). 3. Ammonia beccarii v. dorsal (PP-4-10). 4. Ammonia beccarii v. ventral (PP-4-11). 5. Ammonia tepida v. dorsal (PP-4-11). 6. Ammonia tepida v. ventral (PP-4-10). 7. Haynesina depressula v. dorsal (PP-4-11). 8. Haynesina depressula v. umbilical (PP-4-10). 9. Haynesina germanica v. dorsal (PP-4-10). 10. Haynesina germanica v. ventral (PP-4-11). 11. Elphidium advenum v. general (PP-4-11). 12. Elphidium advenum v. lateral (PP-4-11 ). 15. Jadammina macrescens v. dorsal (PP-4-5). 16. Jadammina macrescens v. umbilical. (PP-4-5) imágenes tomadas de González-Regalado et al. (1998). OSTRÁCODOS: 13. Leptocythere fabaeformis v. izda. (PP-4-11). 14. Loxoconcha rhomboidea v. izda. (PP-4-11). Escala = 100 µm.

El estudio de las facies sedimentarias, descritas en el sondeo, ha permitido diferenciar 6 episodios principales:

Fase 1: incluye las muestras PP-4-18 y PP-4-17, entre 4 y 3,5 m b.n.m. (bajo el nivel medio del mar actual), constituidas por arenas limosas que no contienen foraminíferos ni ostrácodos. La observaciones de campo parecían indicar que estos sedimentos se debían corresponder con la unidad mio-pliocena «Formación Arcillas de Gibraleón», lo que indicaría que inicialmente la zona estaba emergida, con un nivel del mar más bajo que el actual, conformando el lecho o ladera de un antiguo arroyo. (Murray, 1973).

Fase 2: se correspondería con las muestras PP-4-16 a PP-4-13, entre 3,5 y 2,5 m b.n.m. Están formadas por arenas limosas y limos arcillosos con restos de moluscos, espículas de equinoideos y escasa microfauna. Esta fase se caracteriza por la presencia en algunas muestras de *Ammonia tepida*. Podría deberse a un aumento progresivo de la influencia marina (González-Regalado *et al.*, 2001) que daría lugar a un pequeño canal mareal de escasa profundidad, indicador del final del ascenso marino Flandriense.

Fase 3: se corresponde con las muestras PP-4-12 a PP-4-10 situadas entre 2,5 y 1,5 m b.n.m. Comprenden arenas con gravas, gravas y arenas limosas en las que se incrementa significadamente el contenido en foraminíferos bentónicos. Por otra parte, se observa la aparición de foraminíferos planctónicos y ostrácodos, además de la presencia de restos y ejemplares completos de macrofauna. La asociación de especies de foraminíferos presentes en esta fase está formada por *Ammonia tepida, Ammonia beccarii, Haynesina germanica, Elphidium advenum* y *Haynesina depressula*. La asociación de ostrácodos la conforman las especies *Loxoconcha rhomboidea* y *Leptocythere fabaeformis*. Por otro lado destaca la presencia de especies del género Textularia, que corresponden a condiciones marinas. Se trata de asociaciones propias de medios de marisma baja (Ruiz Muñoz *et al.*, 1996), que indicarían un claro aumento de la influencia marina producida por una subida relativa del nivel del mar (máximo transgresivo). Esta situación daría lugar a la formación de un canal mareal de cierta profundidad. Además se han identificado ejemplares procedentes de formaciones geológicas más antiguas (Fm. Arenas de Huelva) que hacen pensar en procesos de erosión por arroyada de estos materiales, lo que apoya esta hipótesis.

Fase 4: incluye las muestras PP-4-9 y PP-4-8 que se encuentran entre 1,5 y 0,5 m b.n.m. La forman limos arcillosos que no contienen microfauna. Podría

indicar la emersión de la zona, por colmatación sedimentaria, o una bajada relativa del nivel del mar.

Fase 5: representada por las muestras PP-4-7 a PP-4-5, que se encuentran entre 0,5 m b.n.m. y 2 m s.n.m. Están constituidas por limos arcillosos con presencia de *Trochammina inflata* (PP-4-7 y PP-4-6) y *Jadammina macrescens* (PP-4-5). En todas ellas es abundante la materia orgánica. Estas especies son frecuentes en medios de marisma alta de zonas estuarinas (Ruiz Muñoz *et al.*, 1996), lo que indicaría la formación de una marisma, y el paso de la misma desde una marisma baja a una marisma alta.

Fase 6: comprende el tramo de las muestras PP-4-4 a PP-4-1, desde 2 a 3,4 m s.n.m. La forman arenas y arenas con gravas, cuya presencia en el techo del sondeo podría atribuirse a una fase de emersión por relleno antrópico. No se encuentran fósiles en estos materiales.

## Correlaciones cronoestratigráficas y paleoambientales

Los estuarios constituyen una de las zonas más complejas para el estudio de microorganismos (Murray, 1973). Los estuarios del suroeste de España presentan una fuerte correlación entre el medio sedimentario y las asociaciones de foraminíferos, principalmente en aéreas intermareales. El grado de acción mareal permite diferenciar entre los medios expuestos externos y las zonas protegidas internas. La determinación de las asociaciones de especies resulta de gran utilidad en el análisis de medios fósiles para determinar las condiciones de transporte, cambios físico-químicos periódicos en las aguas y la distribución de los distintos submedios (González-Regalado, 1986). Atendiendo a las condiciones paleogeográficas y a la interpretación de las facies sedimentarias presentes, se ha procedido a la reconstrucción de las condiciones paleoecológicas y paleoambientales de la zona estudiada (Fig. 8). Siempre teniendo en cuenta que hasta ahora las biofacies sólo se han realizado en el sondeo HUPP-16-4 y las correlaciones con los otros sondeos HUPP-16-2 y HUPP-16-5 se han hecho en función de las características texturales y de algunas fechas de radiocarbono, principalmente localizadas en el tercio inferior de cada uno de los tres sondeos.

Con los datos que nos proporcionan los tres sondeos, hasta ahora analizados, podemos establecer una evolución temporal del relleno sedimentario del

valle-ensenada de La Fontanilla (Fig. 8). Este registro lo utilizamos para interpretar la evolución paleoambiental de, probablemente, casi todo el Holoceno y, con seguridad, del último ascenso marino durante la fase final de la transgresión Flandriense.

El sustrato del fondo de la ensenada y parte de las laderas del valle están constituidas por la formación «Arcillas de Gibraleón», de edad Mioceno final a Plioceno inferior, familiarmente conocida como «margas azules». En las zonas altas de las laderas de ambos flancos del valle, sobre todo aguas arriba, afloran arenas finas y limos de la formación «Arenas de Huelva» y las arenas gruesas y gravas de la formación «Arenas de Bonares» que, por fenómenos de arroyada, han contribuido al relleno basal del registro holoceno.

La secuencia basal de los sondeos (Fig. 8) parece representar el relleno terrestre del fondo de la ensenada, con aportes por arroyada de limos, arenas y gravas de las laderas de los cerros marginales, junto con aluviones en el lecho fluvial.

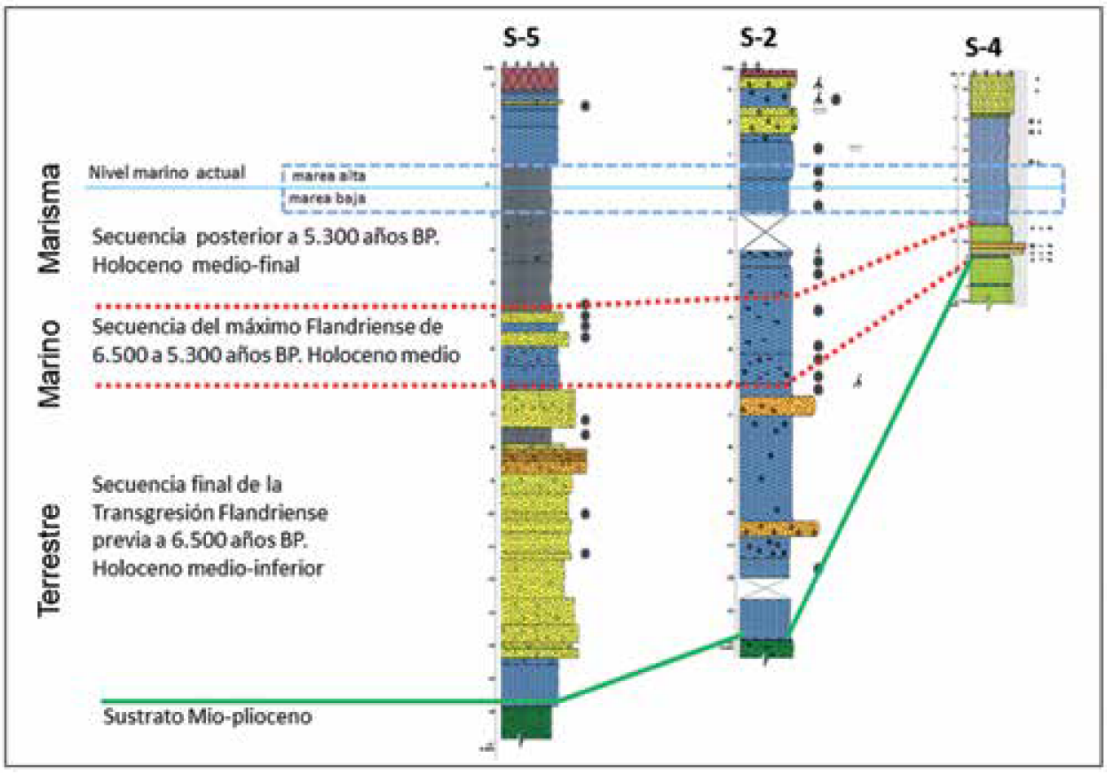



Figura 8. Correlación cronológica y bioestratigráfica de los tres sondeos estudiados en la ensenada de Palos de la Frontera y su interpretación paleoambiental.

Todo este conjunto alcanza espesores de casi 10 m en el sondeo-5 (HUPP-16-5), 7 m en el sondeo-2 (HUPP-16-2) y no aparece en el sondeo-4 (HUPP-16-4). Aunque carecemos de dataciones isotópicas, la edad de esta secuencia es del Holoceno inferior-medio, previa a las primeras dataciones marinas suprayacentes, de hace unos 6.500 años.

La secuencia intermedia (Fig. 8) ya sí que está representada en los tres sondeos y, en todos ellos, aparece abundante fauna marina que ha sido muy bien datada por radiocarbono-AMS, además de algunas muestras de materia orgánica. Las edades calibradas BP (antes del presente, año 1950 de nuestra Era) están comprendidas entre hace 6.500 y 5.300 años, que correspondería al registro final del ascenso eustático Flandriense, al penetrar el mar en el primitivo arroyo de La Fontanilla y convertirlo en un pequeño estuario marginal del río Tinto (Fig. 9). Los espesores de la secuencia están entre 2,5 (HUPP-16-5) y 3 m (HUPP-16-2) en la zona más profunda del centro del canal, y 2 m (HUPP-16-4) en la margen derecha de la bocana. Las interpretaciones de los paleoambientes y sus asociaciones faunísticas, junto con las edades de radiocarbono,




Figura 9. Reconstrucción paleogeográfica de la ensenada de Palos hace unos 5.300 años, cuando suponemos que se produjo el máximo alto marino flandriense, que invadió el antiguo arroyo afluente del río Tinto (imagen basal de Google Earth). Los metros indican los calados en marea alta media.

nos demuestran que hace 6.500 años el mar aún no había alcanzado su cota actual y se encontraría unos 6 m por debajo. El presente nivel marino se alcanzó hace unos 5.300 años BP, durante la época del Neolítico final (Fig. 9), con abundantes asentamientos humanos en la costa del golfo de Cádiz (Ramos *et al.*, 2013). Este registro marino es la primera evidencia fehaciente de cómo se alcanzó el máximo Flandriense en la costa del golfo de Cádiz y el momento en que se produjo, hace unos 5.300 años.

## La ensenada colombina según los registros de sondeos

Los sondeos que hasta ahora hemos analizado no han aportado aun una información reveladora sobre las variables físicas y ambientales que existieron durante la época colombina. No sucede lo mismo con las evidencias de las excavaciones arqueológicas, que se realizaron en las campañas de los años 2009 y 2013. Durante esta última se abordaron tres objetivos principales: localizar las estructuras del puerto y analizar sus características; reconstruir el paisaje de for-




Figura 10. Reconstrucción paleogeográfica de la ensenada de Palos durante los siglos XIV y XV, durante la época Colombina (imagen basal de Google Earth). Los metros indican los calados en marea alta media.

ma evolutiva, centrándose de forma específica en época colombina; y, por último, estudiar las posibilidades de navegación del estero (Fig.10).

El primero de los objetivos se inició con una amplia prospección geofísica de georradar, siguiendo los descubrimientos previos. Se buscaron zonas susceptibles para la existencia de restos enterrados, a lo que prosiguieron campañas de excavación sobre la ensenada en los años posteriores y que han llegado hasta el día de hoy. El resultado de las investigaciones ha desembocado en la localización de restos que afirmaban la existencia del puerto de Palos en la ensenada del valle del estero. Estos consisten básicamente en dos elementos de gran relevancia, que la documentación histórica recogía, el Horno y la Alota que suponían un imponente complejo industrial-portuario de comienzo de los siglos XV-XVI, quedando evidente el papel tan destacado que jugó este enclave marítimo-fluvial en el devenir histórico de los puertos del Tinto.

Los primeros elementos descubiertos fueron los hornos. Un importante complejo alfarero sometido a una alta reglamentación en las Ordenanzas (Pozo *et al.*, 1996). Se excavaron 10 hornos destinados a la producción de material cerámico, material de construcción y cocción de alimentos. El complejo presenta además la sala del torno, las balsas de decantación de arcillas y el corral para el secado de los materiales; lo que lo convierte en un ejemplo de producción complejo, excepcional en Europa.

Sin embargo, el descubrimiento de la Alota es el más relevante de todos. Esta estructura, además de albergar la aduana, sirvió de posada y mesón para los marineros, así como lugar de almacén de los diferentes productos provenientes de las actividades marítimas que se comerciaron con otros puertos atlánticos. Es decir, el motor del puerto donde se realizaban todas las transacciones comerciales.

Durante los siglos XIV y XV el estero es utilizado por los habitantes de la villa de Palos para actividades marítimas (Fig. 10) como: la pesca, el comercio, el corso y la piratería. Durante estos siglos, el puerto de Palos toma gran relevancia a nivel peninsular, siendo uno de los puertos de mayor importancia para los Reyes Católicos. Tanto es así que el 3 de agosto de 1492 desde el Puerto colombino de Palos parten los navíos que descubrirán el Nuevo Mundo a manos de Cristóbal Colón.

Estratigráficamente, aun carecemos de los datos isotópicos o cronológicos suficientes como para delimitar el tramo que esta época colombina ocupa en los sondeos geológicos estudiados, aunque podemos aproximarnos a su inter-

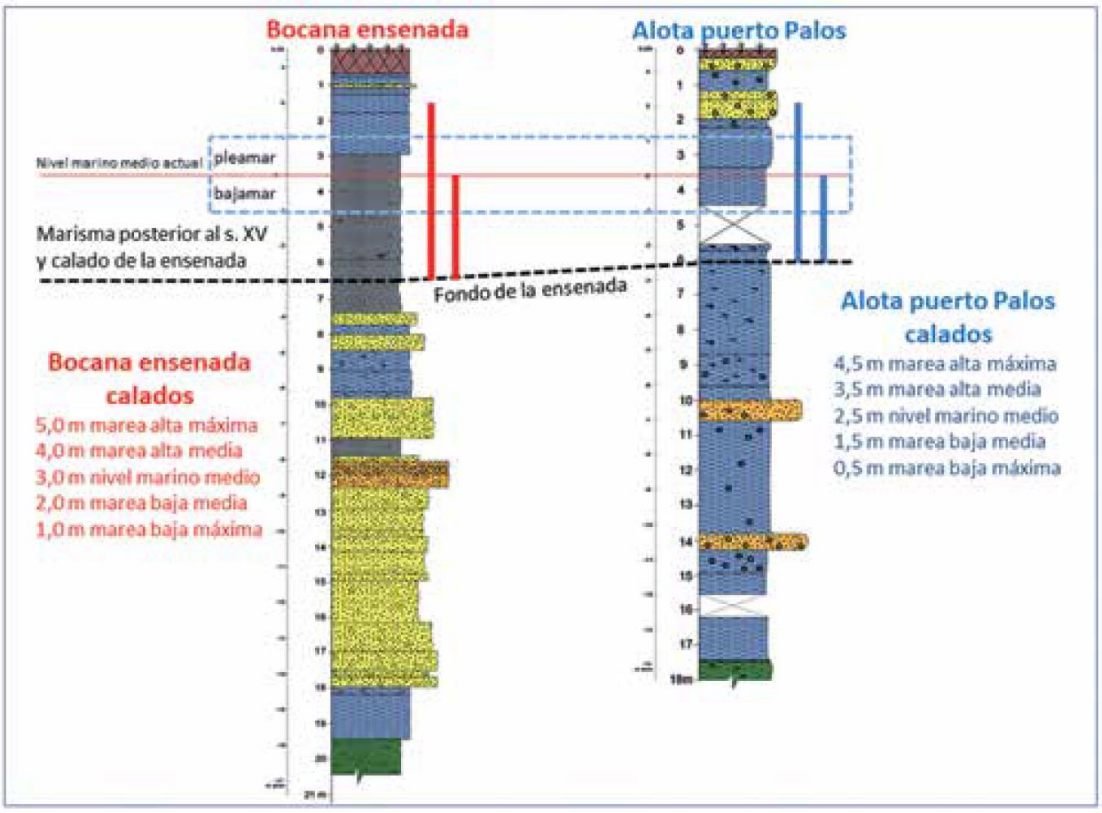



Figura 11. Sondeos en la bocana de la ensenada de Palos y frente a la alota del puerto, donde se representan los calados según rangos de mareas, durante la época Colombina.

pretación paleoecológica y ambiental. Presenta una asociación de foraminíferos bentónicos dominada por *Ammonia tepida*, *Haynesina germanica* y *Haynesina depressula*, más abundantes en la base de este tramo, donde también aparecen frecuentes restos de carbón, moluscos y espículas de equinodermos. En la parte final, las espículas desaparecen y estas especies están acompañadas de frecuentes valvas adultas y juveniles de ostrácodos (*Cyprideis torosa*, *Loxoconcha elliptica*, *Leptocythere castanea*), aumentando la presencia de restos carbonosos.

La asociación de *A. tepida* (como *A. inflata)-Haynesina* spp. es característica de canales someros y bordes de canal próximos a las desembocaduras fluviales de los estuarios del SW de España (González-Regalado *et al.*, 2001). En la parte superior de este tramo, la asociación de ostrácodos presente se ha encontrado en canales finalizadores muy someros (<1 m de profundidad) con salinidad media (2-25 por mil) de otros estuarios del SW de España, con baja renovación

y escaso gradiente hidrodinámico. Esta asociación también es característica de medios lagunares holocenos de esta área.

Según estos datos, en época Colombina la ensenada de Palos tendría una zona de marisma externa en la confluencia con el río Tinto, y sería un canal navegable en marea media y alta, teniendo alguna dificultad de atraque, de barcos en plena carga, en el sector del puerto durante la marea baja. La diferencia de calado entre esta zona y la bocana sería de aproximadamente 0,5 m. Los valores de calado en ambas zonas, con los distintos rangos medios de marea, se representan en la figura 11. Estos valores deberán en el futuro ser revisados y corregidos, cuando dispongamos de dataciones más precisas de los sedimentos inmediatamente anteriores al siglo XIV.

## Resultados presentes y trabajos futuros

La campaña de sondeos realizada en el verano de 2016 (Fig. 2), y financiada por el Ayuntamiento de Palos de la Frontera, nos ha permitido recopilar una importante información paleoambiental de, posiblemente, casi todo el período Holoceno. Los tres sondeos analizados hasta ahora nos han proporcionado los rasgos generales de los procesos naturales y antrópicos que han condicionado el relleno sedimentario de la antigua ensenada de Palos. Se han realizado análisis granulométricos, micropaleontológicos, faunísticos, polínicos y de dataciones de radiocarbono. En la actualidad se están efectuando los análisis mineralógicos y geoquímicos, que nos hablaran de la historia de la contaminación en el estuario del río Tinto.

Los otros cuatro sondeos están en la fase de los análisis fundamentales (texturales y paleontológicos), ejecutándose los restantes en un futuro inmediato, en función de las necesidades del proyecto y de la disponibilidad presupuestaria.

Todos los estudios se han realizado en el marco de los grupos de investigación del PAIDI de la Junta de Andalucía, radicados en la Universidad de Huelva: RNM-293, RNM-238 y HUM-132, además de las ayudas de otros equipos y colegas de las Universidades de Alcalá de Henares, Sevilla y Lisboa. Hay que tener en cuenta la inestimable ayuda de alumnos colaboradores que, en el marco de este proyecto, han realizado y realizarán Trabajos de Fin de Grado (TFG), Trabajos de Fin de Master (TFM) y Tesis Doctorales.

## Bibliografía

González-Regalado, M. L., (1986). *Las asociaciones de foraminíferos bentónicos en las arenas fosilíferas del Plioceno de Huelva.* Tesis doctoral, Universidad de Sevilla. 314 p.

González-Regalado, M. L., Ruiz, F., Baceta, J. I., González-Regalado, E. y Muñoz, J. M. (2001). Total benthic foraminífera assemblages in the southwestern Spanish estuaries. *Geobios*, 34 (1), pp. 39-51.

Martins, J. M. M. y Soares, A. M. M. (2013). Marine radiocarbon reservoir effect in Southern Atlantic Iberian coast. *Radiocarbon*, 55 (2-3), pp. 1123-1134.

Murray, J. W. (1973). *Distribution and ecology of living benthic Foraminiferids*. Heineman. 274 p. London.

Pozo, F., Campo, J. M. y Borja, F. (1996). *Puerto histórico y castillo de Palos de la Frontera*. Servicio de Publicaciones. Universidad de Huelva.

Ramos, J., Vijande, E., Cantillo, J. J., Pérez Rodríguez, M., Domínguez-Bella, S. y Gutiérrez López, J. M. (2013). Las sociedades tribales neolíticas en la zona litoral e interior de Cádiz. Continuidad poblacional y proceso histórico. *Menga*, 4, pp. 79-101.

Ruiz Muñoz, F., González-Regalado, M. L. y Morales, J. A. (1996). Distribución y ecología de los foraminíferos y ostrácodos actuales del estuario mesomareal del río Guadiana (S. W. España). *Geobios*, 29 (5), pp, 513-528.

Soares, A. M. M. (2005). *Variabilidade do «Upwelling» Costeiro durante o Holocénico nas Margens Atlânticas Ocidental e Meridional da Península Ibérica*. Unpublished PhD dissertation. Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente, Universidade do Algarve.

Stuiver, M. y Braziunas, T. F. (1993). Modeling atmospheric $^{14}C$ influences and $^{14}C$ ages of marine samples to 10000 BC. *Radiocarbon* 35, pp. 137-189.

# ANEXO II

## Base de datos de muestra de $^{14}C$

Base de datos de muestras de C14 y sus resultados. Las profundidades de muestras procedentes de Sondeos están expresadas en metros y el Datum de referencia es el nivel de marea alta. Laboratorios: UQM: Univertite du Quebec a Montreal (Canadá), GX: Geochron Laboratories, Massachusetts (USA), R: Cetro di Studio per la Geodinamica Applicata a la Stratigrafia Recente, CNR Dipartamento Fisica, Universita "La Sapienza", Roma (Italy), UTC: R.J. Van de Graaf Lab. 35080 TA-Utrecht, The Nethederlands, B/BETA: Beta Analytic Inc, Miami, Florida (USA), CNA: Centro Nacional de Aceleradores, Sevilla (Spain), IRPA: Institute Royale du Patrimoine Artistique, Brussels (Blegium), BAR: Barcelona (Spain), LGQ: Lab. De Géologie du Quaternaire, CNRS, Luminy, 13288-Marseille, (France), L.BF: lLab. Biophysics, Univ. Of Groningen, The Netherlands, SAC: Instituto Tecnologico e Nuclear, Lisboa, (Portugal), WK: University of Waikato, New Zelanda.

| Localización | Código de laboratorio | Edad 14C Convencional | 13 delta (PDB) | Material | Profundidad (m) | Referencia |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Roquetas (Almería)* | | | | | | |
| UQM | | 6450 ± 100 | | | | Zazo et al., 1994. |
| UQM | | 3600 ± 100 | | | | Zazo et al., 1994. |
| UQM | | 2150 ± 400 | | | | Zazo et al., 1994. |
| UQM | | 1870 ± 35 | | | | Zazo et al., 1994. |
| *Guadalete (Bahía de Cádiz)* | | | | | | |
| Llanura mareal | GX-20913 | 3505 ± 55 | -25,5 | M. Orgánica | 4,8 | Goy et al., 1996. |
| Llanura mareal | GX-20914 | 5885 ± 60 | 0,5 | Concha | 8,3 | Goy et al., 1996. |
| Llanura mareal | GX-20925 | 6420 ± 45 | 1 | Concha | 11,55 | Goy et al., 1996. |
| Llanura mareal | GX-20916 | 7620 ± 55 | -0,3 | Concha | 15,2 | Goy et al., 1996. |
| Llanura mareal | GX-20917 | 7840 ± 45 | -0,1 | Concha | 20 | Goy et al., 1996. |
| Llanura mareal | GX-20918 | 8040 ± 55 | -0,1 | Concha | 21,5 | Goy et al., 1996. |
| Llanura mareal | GX-20919 | 8915 ± 100 | -28,4 | Turba | 24,77 | Dabrio et al., 1995. |
| Llanura mareal | GX-20920 | 9495 ± 340 | -27,8 | Turba | 24,95 | Dabrio et al., 1995. |
| Llanura mareal | GX-21802 | 5965 ± 125 | 0,9 | Concha | 3 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal | GX-21803 | 5980 ± 105 | 0,8 | Concha | 8,5 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal | GX-21840 | 110 ± 135 | -1,6 | Concha | 6 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal | GX-21804 | 210 ± 100 | -3 | Concha | 1,6 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal | GX-21839 | 275 ± 155 | -27,7 | Restos de Plantas | 1 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal | GX-21841 | 5240 ± 690 | -31,7 | Restos de Plantas | 2 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal | GX-21842 | 9620 ± 170 | -28,2 | Restos de Plantas | 28,8 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal | GX-21805 | 2545 ± 100 | -1,7 | Concha | 6,8 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal | GX21843 | 9620 ± 260 | -29,7 | Restos de Plantas | 27,8 | Dabrio et al., 2000. |

| Localización | Código de laboratorio | Edad 14C Convencional | 13 delta (PDB) | Material | Profundidad (m) | Referencia |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Llanura mareal | GX-21806 | 3770 ± 105 | -1,3 | Concha | 9,5 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal | GX-21807 | 5310 ± 100 | -2,1 | Concha | 3,8 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal | GX-21808 | 5740 ± 100 | 0,4 | Concha | 5 | Dabrio et al., 2000. |
| Flecha de Valedelagrana | R-2108 | 3145 ± 50 | | Concha | | Zazo et al., 1994. |
| Flecha de Valedelagrana | R-2281 | 2270 ± 50 | | Concha | | Zazo et al., 1994. |
| Flecha de Valedelagrana | R-2182 | 2320 ± 50 | | Concha | | Zazo et al., 1994. |
| Flecha de Valedelagrana | R-2186 | 2120 ± 50 | | Concha | | Zazo et al., 1994. |
| *Estuario del Guadalquivir* | | | | | | |
| Lucio del Pescador | UTC-4028 | 2490 ± 60 | | Madera | 7,3 | Dabrio et al., 2000. |
| Lucio del Pescador | UTC-4031 | 2490 ± 105 | -2,9 | Concha | 7,3 | Dabrio et al., 2000. |
| Doñana | R-2185 | 1860 ± 50 | | | | Zazo et al 1994. |
| Doñana | R-2187 | 1790 ± 50 | | | | Zazo et al 1994. |
| Doñana | R-2188 | 1850 ± 50 | | | | Zazo et al 1994. |
| Doñana | R-2204 | 1490 ± 50 | | | | Zazo et al 1994. |
| Doñana | R-2206 | 2185 ± 50 | | | | Zazo et al 1994. |
| Doñana | R-2210 | 2010 ± 50 | | | | Zazo et al 1994. |
| Casa del Lobo | GX-23359 | 5040 ± 70 | | | -7,9 | Lario et al., 2002. |
| Casa del Lobo | GX-23358 | 4320 ± 60 | | | -3,7 | Lario et al., 2002. |
| | GX-23839 | 3915 ± 50 | | | -7,3 | Zazo et al., 1999. |
| | GX-23840 | 5370 ± 50 | | | -10,85 | Zazo et al., 1999. |
| | R*-2273 | 4548 ± 59 | | | | Ruíz et al., 2005. |
| | B-154084 | 3380 ± 40 | | | | Ruíz et al., 2005. |
| | B-154087 | 3460 ± 40 | | | | Ruíz et al., 2005. |
| | B-2279 | 3679 ± 48 | | | | Ruíz et al., 2005. |
| | B-2280 | 3694 ± 61 | | | | Ruíz et al., 2005. |
| | B-154085 | 4260 ± 40 | | | | Ruíz et al., 2005. |
| Doñana | R-2271 | 2641 ± 47 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| Doñana | R-2282 | 1620 ± 34 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| Doñana | R-2286 | 1353 ± 31 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| Doñana | R-2287 | 1518 ± 36 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| La Algaida | R-2262 | 1865 ± 35 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| La Algaida | R-2263 | 1800 ± 40 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |

| Localización | Código de laboratorio | Edad 14C Convencional | 13 delta (PDB) | Material | Profundidad (m) | Referencia |
|---|---|---|---|---|---|---|
| La Algaida | R-2272 | 1972 ± 40 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| La Algaida | R-2284 | 2233 ± 29 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| La Algaida | B-88018 | 1600 ± 60 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| La Algaida | B-88019 | 1340 ± 60 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| La Algaida | B-88020 | 1450 ± 70 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| La Algaida | B-88021 | 1530 ± 70 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| La Algaida | B-88022 | 2487 ± 70 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| Carrizosa-V. La Arena | R-2273 | 4548 ± 59 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| Vetalengua | R-2283 | 2171 ± 36 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| Vetalengua | B-88016 | 2230 ± 60 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| Marisma | R-2278 | 2284 ± 39 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| Marisma | R-2279 | 3679 ± 48 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| Marisma | R-2280 | 3694 ± 61 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| Marisma | B-88017 | 3460 ± 90 | | | | Rodríguez-Ramírez et al., 1996. |
| Doñana | UTC-4185 | 2340 ± 60 | | Concha | | Goy et al., 1996. |
| Doñana | UTC-4188 | 1650 ± 50 | | Concha | | Goy et al., 1996. |
| Doñana | UTC-4192 | 1370 ± 60 | | Concha | | Goy et al., 1996. |
| *Dolmen de Valencina* | | | | | | |
| Valencina de la Concepción | CNA-235 | 4835 ± 35 | ´-6,84 ± 0,24 | | | Cáceres et al., 2014. |
| Valencina de la Concepción | CNA-236 | 4520 ±35 | ´-3,65 ± 0,25 | | | Cáceres et al., 2014. |
| Valencina de la Concepción | CNA-234 | 4735 ± 40 | ´-1,26 ± 0,23 | | | Cáceres et al., 2014. |
| *Estuario del Tino-Odiel* | | | | | | |
| Llanura mareal Odiel | GX-21809 | 8340 ± 105 | -3,2 | Concha | 22 | Dabrio et al., 2000. |

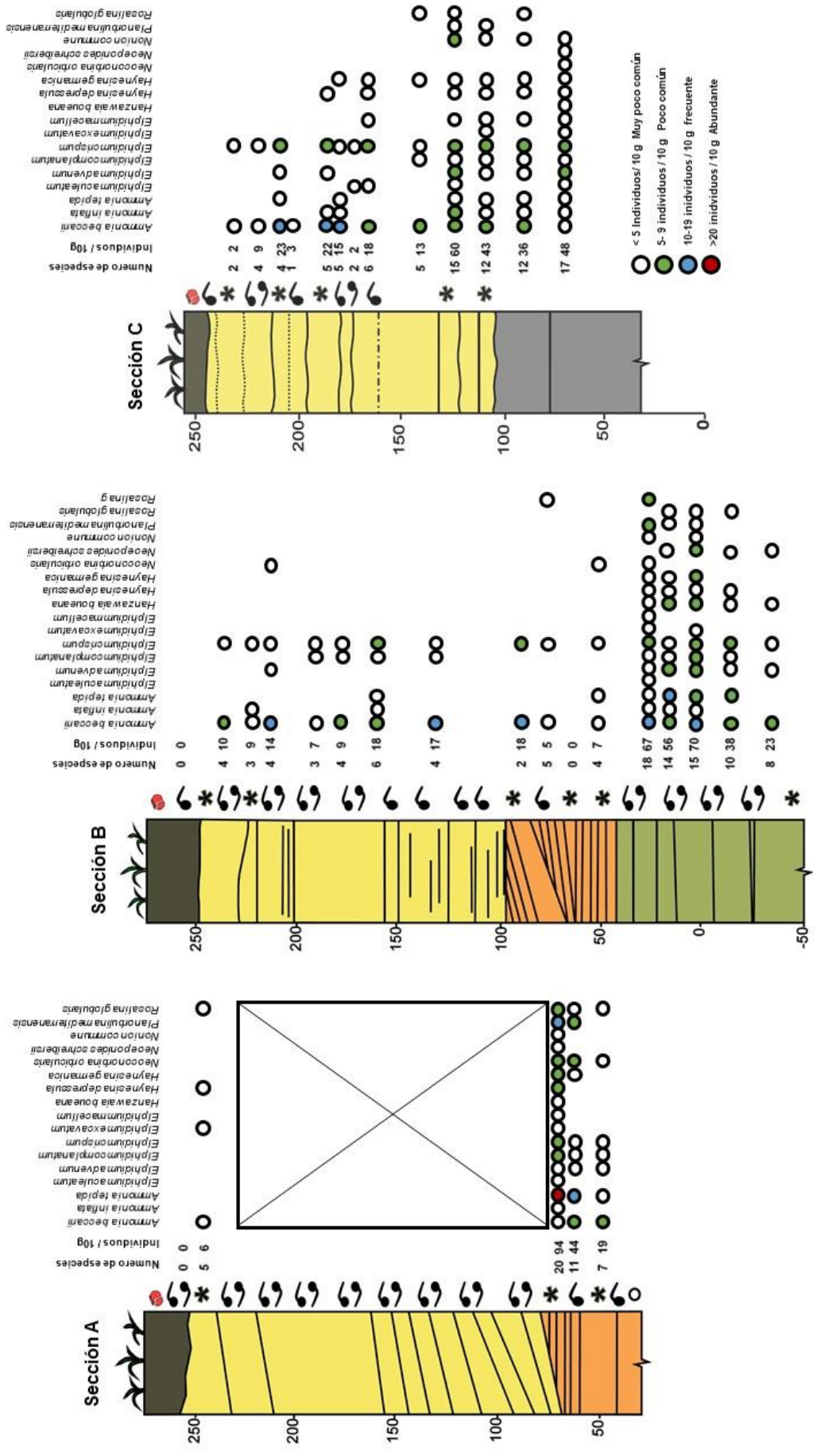
| Localización | Código de laboratorio | Edad 14C Convencional | 13 delta (PDB) | Material | Profundidad (m) | Referencia |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Llanura mareal Odiel | GX-21810 | 6630 ± 105 | 0,7 | Concha | 18,8 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal Odiel | GX-21811 | 6825 ± 105 | -0,3 | Concha | 15,5 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal Odiel | GX-21812 | 5675 ± 100 | -1,2 | Concha | 13,8 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal Odiel | GX-21813 | 5870 ± 100 | -1 | Concha | 13,05 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal Odiel | GX-21814 | 2050 ± 100 | -2,2 | Concha | 9,75 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal Odiel | GX-21815 | 960 ± 100 | -0,5 | Concha | 5,5 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal Odiel | GX-21816 | 150 ± 45 | -26,2 | Restos de Plantas | 2,6 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal Odiel | GX-21817 | 215 ± 95 | -2 | Concha | 3,3 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal Odiel | GX-21844 | 1780 ± 255 | -1,3 | Concha | 7,6 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal Odiel | GX-21818 | 3295 ± 105 | -1,4 | Concha | 10 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal Odiel | GX-21819 | 6715 ± 115 | 0,3 | Concha | 15,2 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal Odiel | GX-21820 | 25340 ± 400 | -27,4 | Restos de Plantas | 24 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal Odiel | GX-21821 | 30705 ± 100 | -26,7 | Restos de Plantas | 25,2 | Dabrio et al., 2000. |
| Llanura mareal Odiel | GX-21845 | `26210 +4740/-2960 | -28,2 | Restos de Plantas | 25,45 | Dabrio et al., 2000. |
| El acebuchal (Isla Saltés) | UTC-4182 | 5100 ± 110 | 1,75 | Concha | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| El acebuchal (Isla Saltés) | UTC-4185 | 1900 ± 105 | 1,33 | Concha | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| La Cascajera (Isla Saltés) | IRPA-1157 | 2705 ± 90 | 1,74 | Concha | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| La Cascajera (Isla Saltés) | IRPA-1158 | 2675 ± 90 | 1,82 | Concha | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| La Cascajera (Isla Saltés) | UTC-4190 | 1290 ± 105 | 1,55 | Concha | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| La Cascajera (Isla Saltés) | UTC-4186 | 1360 ± 100 | 1,58 | Concha | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| La Cascajera (Isla Saltés) | UTC-4187 | 1300 ± 115 | 1,36 | Concha | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| Flecha de Punta Umbría | IRPA-1164 | 2950 ± 95 | 1,49 | Concha | 0 | Dabrio et al., 2000. |
| Flecha de Punta Umbría | IRPA-1156 | 3220 ± 95 | 1,3 | Concha | 0 | Dabrio et al., 2000. |

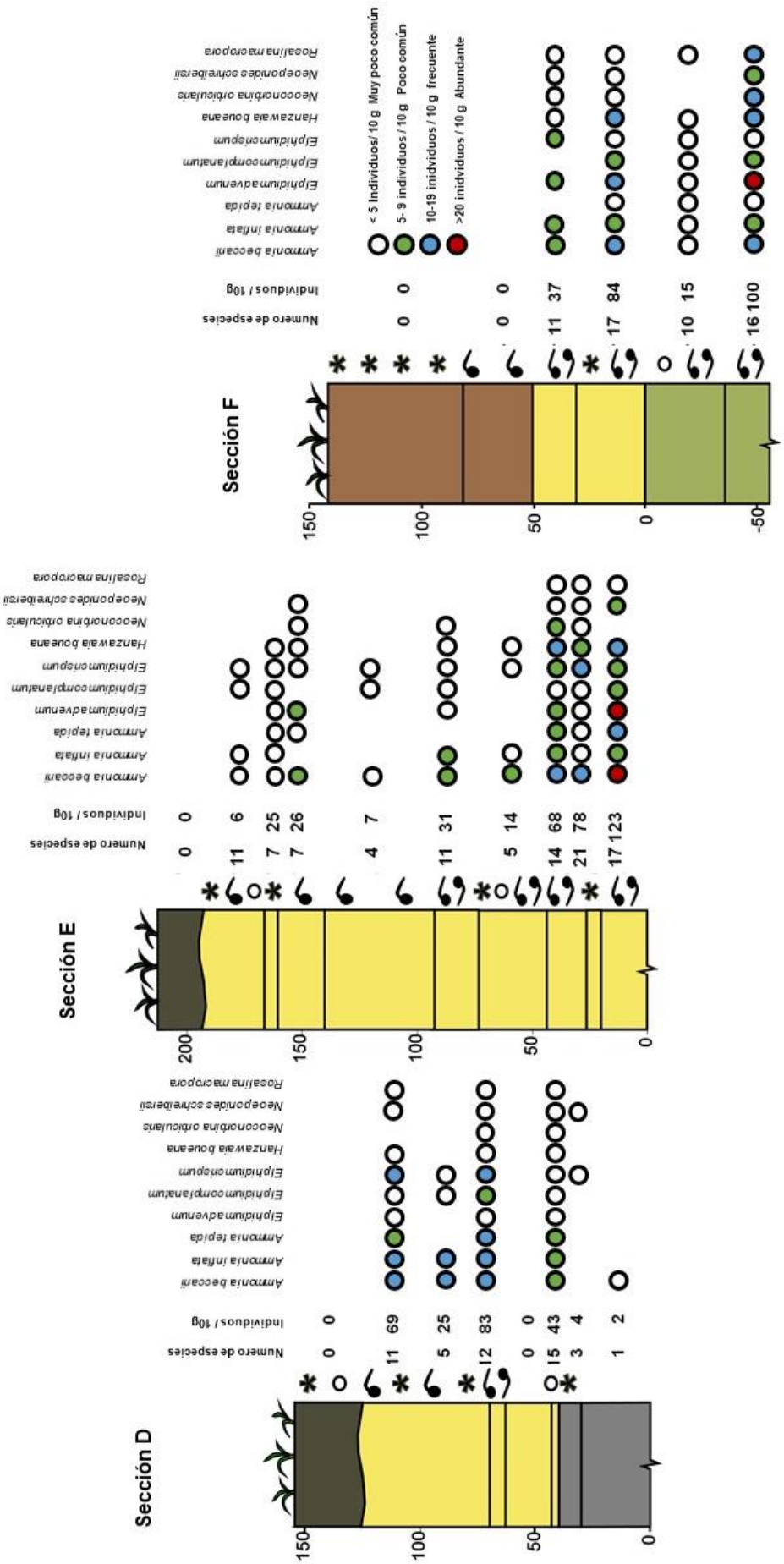
| Localización | Código de laboratorio | Edad 14C Convencional | 13 delta (PDB) | Material | Profundidad (m) | Referencia |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Flecha de Punta Umbría | GX-20907 | 2875 ± 110 | 1,5 | Concha | 0 | Zazo et al., 1996. |
| Flecha de Punta Umbría | GX-20908 | 3115 ± 115 | 1,8 | Concha | 0 | Zazo et al., 1996. |
| Flecha de Punta Umbría | GX-20909 | 1460 ± 110 | 1,8 | Concha | 0 | Zazo et al., 1996. |
| Odiel | GX-VEC-10 | 3180 ± 135 | | | -4 | Pendón et al., 1998. |
| Odiel | GX-21288 | 8720 ± 260 | | | -32,5 | Pendón et al., 1998. |
| Odiel | GX-21287 | 5390 ± 150 | | | -10 | Pendón et al., 1998. |
| Odiel | BAR-VH5 | 1800 ± 80 | | | -5,6 | Pendón et al., 1998. |
| Tinto | BAR-VT8 | 1620 ± 70 | | | -2,4 | Pendón et al., 1998. |
| Tinto | BAR-VT15 | 3240 ± 100 | | | -4,1 | Pendón et al., 1998. |
| Domingo Rubio | BAR-VR3 | 3090 ± 60 | | | -3,4 | Pendón et al., 1998. |
| Las Madres | LGQ-1021 | 960 ± 200 | | Turba | 5 | Zazo et al., 1996 / Dabrio et al., 2000. |
| Las Madres | LGQ-1022 | 1090 ± 170 | | Turba | 4,6 | Zazo et al., 1996 / Dabrio et al., 2000. |
| Las Madres | LGQ-1023 | 1150 ± 190 | | Turba | 4,4 | Zazo et al., 1996 / Dabrio et al., 2000. |
| Las Madres | LGQ-1024 | 1570 ± 180 | | Turba | | Zazo et al., 1996. |
| Las Madres | LGQ-19 | 2570 ± 200 | | Turba | | Zazo et al., 1996. |
| Las Madres | LGQ-20 | 3410 ± 180 | | Turba | | Zazo et al., 1996. |
| Las Madres | UTC-4029 | 2550 ± 50 | | Turba | 2 | Zazo et al., 1996 / Dabrio et al., 2000. |
| Las Madres | UTC-4027 | 3520 ± 60 | | Turba | 1,3 | Zazo et al., 1996 / Dabrio et al., 2000. |
| Las Madres | UTC-4036 | 4450 ± 70 | | M. Orgánica | 0,55 | Zazo et al., 1996 / Dabrio et al., 2000. |
| Las Madres | UTC-4023 | 5480 ± 60 | | M. Orgánica | 0,7 | Zazo et al., 1996 / Dabrio et al., 2000. |
| Las Madres | L.BF | 4450 ± 75 | | Turba | | Menéndez Amor & Florschütz, 1964. |
| Las Madres | L.BF | 2220 ± 80 | | Turba | | Menéndez Amor & Florschütz, 1964. |
| *Estuario del Guadiana* | | | | | | |
| | GX-25447 | 5020 ± 310 | 1,1 | Concha | 8,24 | Boski et al., 2002. |
| | GX-25448 | 6210 ± 220 | Á 25,9 | Turba | 17,12 | Boski et al., 2002. |
| | UTC-8376 | 6210 ± 40 | 2,08 | Concha | 18,6 | Boski et al., 2002. |
| | SAC-1534 | 7590 ± 100 | 20 | Concha | 21,27 | Boski et al., 2002. |
| | GX-25449 | 8430 ± 380 | na | Concha | 28,5 | Boski et al., 2002. |
| | UTC-9691 | 9500 ± 70 | na | Concha | 36,06 | Boski et al., 2002. |
| | BETA-128887 | 3040 ± 100 | á 27,3 | Turba | 2 | Boski et al., 2002. |

| Localización | Código de laboratorio | Edad 14C Convencional | 13 delta (PDB) | Material | Profundidad (m) | Referencia |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | BETA-128886 | 5950 ± 190 | 0,4 | Concha | 7,15 | Boski et al., 2002. |
| | SAC-1536 | 10130 ± 200 | á 5,98 | Concha | 8,54 | Boski et al., 2002. |
| | GX-25421 | 330 ± 160 | - | Concha | 4,59 | Boski et al., 2002. |
| | GX-25452 | 6710 ± 120 | 1,6 | Concha | 9,6 | Boski et al., 2002. |
| | GX-25453 | 7080 ± 200 | 0,7 | Concha | 14,52 | Boski et al., 2002. |
| | GX-25454 | 9470 ± 250 | á 22,9 | Madera | 26,9 | Boski et al., 2002. |
| | GX-25455 | 6200 ± 340 | 1,6 | Concha | 3 | Boski et al., 2002. |
| | SAC-1536 | 5640 ± 90 | á 0,31 | Concha | 5,75 | Boski et al., 2002. |
| | GX-25456 | 6250 ± 250 | 1,4 | Concha | 11,75 | Boski et al., 2002. |
| | GX-25457 | 16980 ± 100 | á 28,5 | M. Orgánica | 24,34 | Boski et al., 2002. |
| | WK-16012 | 3375 ± 39 | 0,,2 | Concha | 3,33 | Boski et al., 2008. |
| | IRPA-15211 | 4295 ± 35 | na | Concha | 5,79 | Boski et al., 2008. |
| | WK-16013 | 6764 ± 45 | - | Concha | 8,9 | Boski et al., 2008. |
| | IRPA-15212 | 7585 ± 35 | na | Concha | 13,45 | Boski et al., 2008. |
| | IRPA-15210 | 7725 ± 45 | na | Concha | 17,75 | Boski et al., 2008. |
| | WK-16014 | 8256 ± 55 | 25,3 | Madera | 20,95 | Boski et al., 2008. |
| | WK-16015 | 10273 ± 66 | 25,5 | Madera | 42,7 | Boski et al., 2008. |
| | B-137110 | 10990 ± 40 | -25,7 | Madera | 47,67 | Boski et al., 2008. |

# ANEXO III

## Abundancia, diversidad y distribución de las principales especies de foraminíferos de La Cascajera


Sección A
Sección B
Sección C
Número de especies
Individuos / 10g
< 5 Individuos/ 10 g Muy poco común
5- 9 individuos / 10 g Poco común
10-19 inidviduos / 10 g frecuente
>20 inidviduos / 10 g Abundante
Ammonia beccarii
Ammonia inflata
Ammonia tepida
Elphidium aculeatum
Elphidium advenum
Elphidium complanatum
Elphidium crispum
Elphidium excavatum
Elphidium macellum
Hanzawaia boueana
Haynesina depressula
Haynesina germanica
Neoconorbina orbiculans
Neoeponides schreibersii
Nonion commune
Planorbulina mediterranensis
Rosalina globulans
Rosalina g


Sección D
Sección E
Sección F
Número de especies
Individuos / 10g
< 5 Individuos/ 10 g Muy poco común
5- 9 individuos / 10 g Poco común
10-19 inidviduos / 10 g frecuente
>20 inidviduos / 10 g Abundante
Ammonia beccarii
Ammonia inflata
Ammonia tepida
Elphidium advenum
Elphidium complanatum
Elphidium crispum
Hanzawaia boueana
Neoconorbina orbiculans
Neoeponides schreibersii
Rosalina macropora

# ANEXO IV

## Tablas granulométricas y gráficas de análisis geoquímicos de los sondeos de la ensenada de Palos

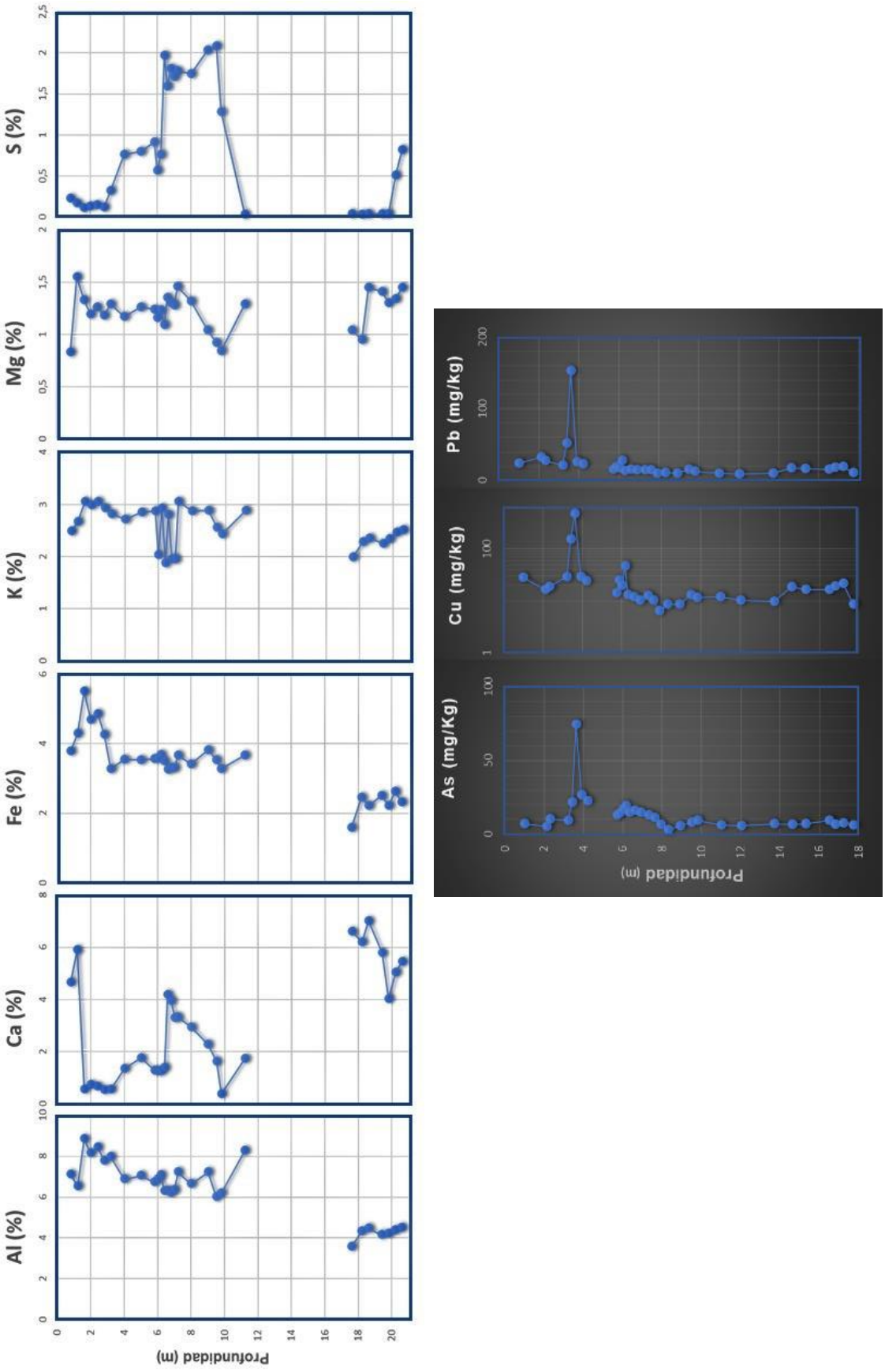
## Resultados granulométricos:

| Muestras Sondeo 2 | Gravas | Arenas | Limos | Arcillas |
|---|---|---|---|---|
| pp-2-1 | 2,156 | 57,78542 | 23,06143 | 11,9479 |
| pp-2-2 | 1,35 | 52,51525 | 32,04513 | 13,75799 |
| pp-2-3 | 6,92 | 36,30971 | 40,39777 | 16,05766 |
| pp-2-4 | 0,176 | 44,09904 | 43,70071 | 11,99513 |
| pp-2-5 | 2,734 | 65,31967 | 24,5831 | 7,281481 |
| pp-2-6 | 0,204 | 35,7619 | 42,98166 | 21,04259 |
| pp-2-7 | 10,213 | 39,79878 | 38,1903 | 11,55322 |
| pp-2-8 | 0 | 1,19 | 60,03 | 38,75 |
| pp-2-9 | 0 | 25,05515 | 57,22718 | 16,7041 |
| pp-2-10 | 0,826 | 29,83557 | 47,00863 | 23,01847 |
| pp-2-11 | 0,605 | 17,54661 | 55,8044 | 25,16841 |
| pp-2-12 | 0 | 52,51675 | 35,681 | 11,78266 |
| pp-2-13 | 0 | 31,51341 | 48,4974 | 19,35961 |
| pp-2-14 | 1,167 | 62,2464 | 25,70561 | 10,35518 |
| pp-2-15 | 1,297 | 76,53181 | 16,18879 | 3,582002 |
| pp-2-16 | 1,017 | 24,48078 | 56,59135 | 17,32746 |
| pp-2-17 | 1,613 | 45,83837 | 37,00181 | 15,00242 |
| pp-2-18 | 12,62 | 56,04293 | 23,33776 | 7,950149 |
| pp-2-19 | 3,769 | 69,09669 | 19,01509 | 7,431923 |
| pp-2-20 | 0 | 80,80063 | 14,06109 | 5,128395 |
| pp-2-21 | 0 | 60,19503 | 27,87718 | 11,77123 |
| pp-2-22 | 23,885 | 54,52318 | 14,16978 | 4,564507 |
| pp-2-23 | 36,723 | 11,61971 | 34,0544 | 17,60289 |
| pp-2-24 | 0 | 5,930275 | 64,29618 | 29,7438 |
| pp-2-25 | 0 | 3,484597 | 63,97854 | 32,53686 |
| pp-2-26 | 0 | 14,70417 | 63,17476 | 22,12107 |
| pp-2-27 | 0 | 5,064447 | 62,46777 | 32,47769 |
| pp-2-28 | 0 | 61,6657 | 34,91019 | 3,424111 |

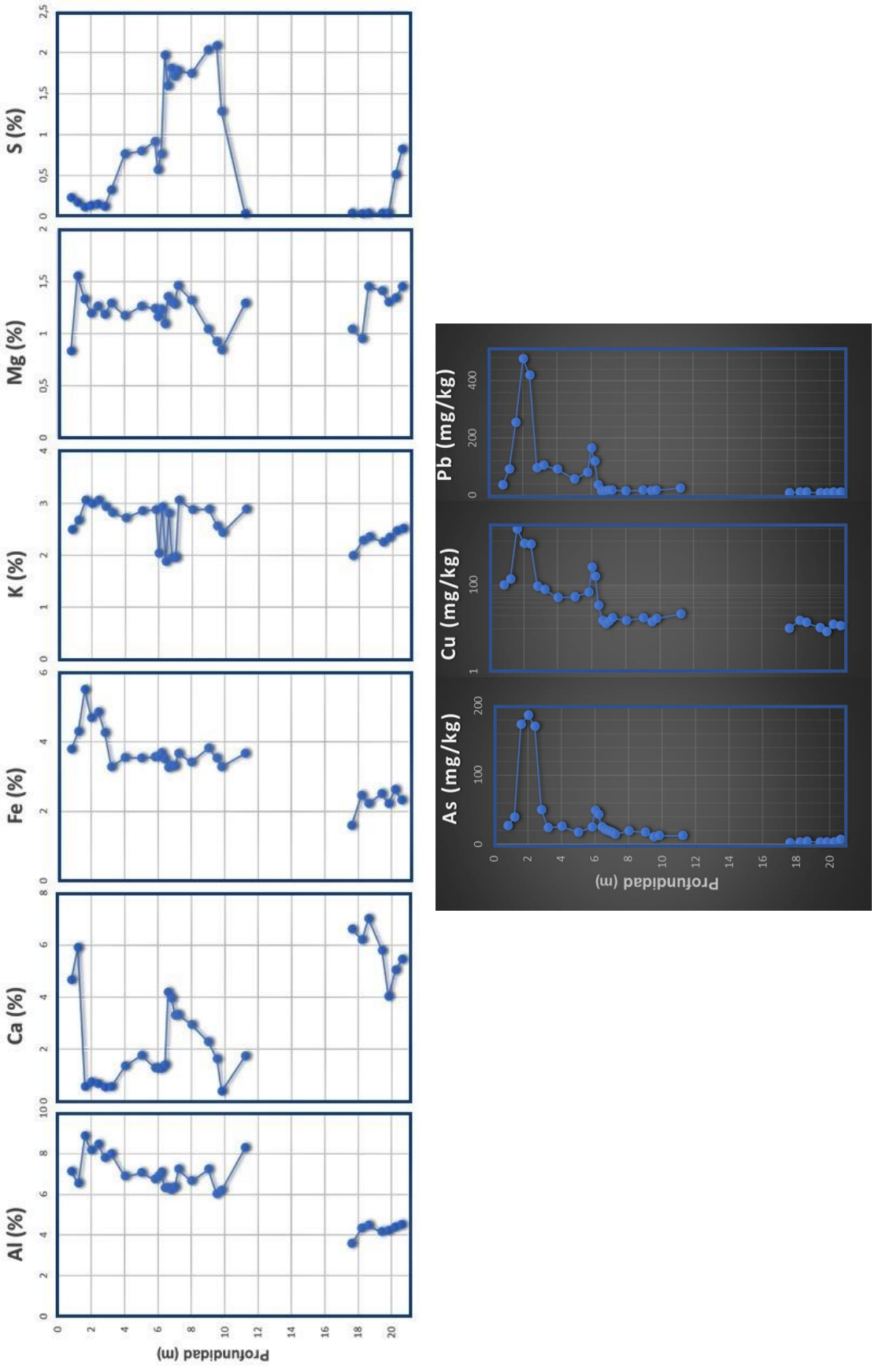
| Muestras Sondeo 4 | Gravas | Arenas | Limos | Arcillas |
|---|---|---|---|---|
| pp-4-1 | 0 | 78,84324 | 17,53587 | 3,600939 |
| pp-4-2 | 0,162 | 57,67139 | 32,48413 | 9,692442 |
| pp-4-3 | 0 | 80,82327 | 13,59224 | 5,564543 |
| pp-4-4 | 0,274 | 48,42874 | 39,24191 | 10,07093 |
| pp-4-5 | 1,094 | 16,35137 | 55,11327 | 23,71642 |
| pp-4-6 | 0 | 8,800967 | 57,80178 | 31,33042 |
| pp-4-7 | 0 | 22,81309 | 53,36379 | 21,84779 |
| pp-4-8 | 0 | 22,08961 | 55,75148 | 20,86191 |
| pp-4-9 | 0 | 21,07562 | 58,35446 | 20,12188 |
| pp-4-10 | 7,986 | 38,98297 | 39,782 | 12,87347 |
| pp-4-11 | 48,186 | 27,72044 | 18,27429 | 5,257634 |
| pp-4-12 | 24,153 | 52,22238 | 15,18028 | 4,594354 |
| pp-4-13 | 0 | 12,33925 | 60,59192 | 26,67766 |
| pp-4-14 | 0 | 44,46475 | 39,16913 | 16,15091 |
| pp-4-15 | 18,195 | 50,59838 | 25,04105 | 5,765755 |
| pp-4-16 | 5,182 | 42,89092 | 35,8296 | 15,97059 |
| pp-4-17 | 4,893 | 37,29008 | 41,50981 | 16,30711 |
| pp-4-18 | 1,644 | 47,38406 | 37,95362 | 12,18996 |

| Muestras Sondeo 5 | Gravas | Arenas | Limos | Arcillas |
|---|---|---|---|---|
| pp-5-1 | 0,839 | 65,13787 | 30,98587 | 3,046992 |
| pp-5-2 | 0 | 17,14274 | 50,80212 | 29,25604 |
| pp-5-3 | 0,028 | 11,67468 | 67,93485 | 20,39245 |
| pp-5-4 | 0 | 18,11781 | 63,57208 | 18,30015 |
| pp-5-5 | 0,851 | 12,72279 | 60,61464 | 24,98634 |
| pp-5-6 | 0 | 14,86192 | 61,35141 | 23,5667 |
| pp-5-7 | 0 | 13,29363 | 61,03138 | 25,62545 |
| pp-5-8 | 0 | 13,26 | 60,98 | 25,53 |
| pp-5-9 | 0 | 5,536751 | 63,40492 | 30,95846 |
| pp-5-10 | 0 | 23,28141 | 55,68092 | 21,02769 |
| pp-5-11 | 0 | 44,95 | 44,83 | 10,23 |
| pp-5-12 | 0,218 | 11,62479 | 58,05788 | 30,1092 |
| pp-5-13 | 0,347 | 34,19974 | 56,02088 | 9,204983 |
| pp-5-14 | 0 | 6,822635 | 63,9609 | 29,22644 |
| pp-5-15 | 1,159 | 7,71593 | 65,90777 | 25,0825 |
| pp-5-16 | 0 | 59,33825 | 31,74592 | 8,905915 |
| pp-5-17 | 0 | 7,296584 | 63,21142 | 29,42204 |
| pp-5-18 | 6,245 | 56,17023 | 27,67359 | 9,911176 |
| pp-5-19 | 0,408 | 12,92591 | 59,22443 | 26,88561 |
| pp-5-20 | 9,592 | 37,69571 | 36,21639 | 16,47104 |
| pp-5-21 | 0 | 49,51506 | 32,47745 | 16,44571 |
| pp-5-22 | 3,746 | 71,27246 | 16,46433 | 7,887565 |
| pp-5-23 | 22,05 | 43,97368 | 20,64797 | 11,81162 |
| pp-5-24 | 0 | 1,33 | 61,89 | 36,83 |
| pp-5-25 | 2,226 | 3,424872 | 60,15522 | 34,18418 |
| pp-5-26 | 5,83 | 56,49722 | 24,55601 | 12,23164 |
| pp-5-27 | 0 | 80,06957 | 13,87525 | 6,074686 |
| pp-5-28 | 39,752 | 40,64234 | 13,89372 | 5,84067 |
| pp-5-29 | 50,407 | 27,74293 | 15,31372 | 6,520518 |
| pp-5-30 | 43,021 | 28,94189 | 19,35397 | 8,67669 |
| pp-5-31 | 13,218 | 52,3896 | 23,04587 | 11,03025 |
| pp-5-32 | 0 | 75,62249 | 20,45008 | 3,623817 |
| pp-5-33 | 0 | 75,36367 | 17,66828 | 6,977978 |
| pp-5-34 | 0 | 78,57288 | 17,31145 | 4,115665 |
| pp-5-35 | 0 | 65,22756 | 22,81167 | 8,987917 |
| pp-5-36 | 0,725 | 82,45311 | 13,9299 | 2,836195 |
| pp-5-37 | 0 | 62,05404 | 27,0345 | 10,88156 |
| pp-5-38 | 0 | 64,32136 | 24,21525 | 11,42897 |
| pp-5-39 | 0 | 67,90138 | 25,56257 | 6,565628 |
| pp-5-40 | 5,146 | 80,07908 | 10,56254 | 4,203367 |
| pp-5-41 | 7,599 | 78,71224 | 9,467518 | 3,63204 |
| pp-5-42 | 28,776 | 61,60959 | 8,858322 | 0,657663 |
| pp-5-43 | 6,621 | 49,9576 | 34,05172 | 7,893431 |
| pp-5-44 | 2,784 | 38,10683 | 46,25118 | 11,95426 |
| pp-5-45 | 4,123 | 22,41755 | 55,18599 | 17,87902 |
| pp-5-46 | 0 | 30,15881 | 55,99879 | 13,82242 |
| pp-5-47 | 0 | 33,93199 | 53,29028 | 12,80758 |
| pp-5-48 | 0 | 51,80998 | 40,98049 | 7,199546 |
| pp-5-49 | 0 | 24,74117 | 59,07843 | 16,1804 |
| pp-5-50 | 0 | 33,43313 | 54,48754 | 12,05999 |

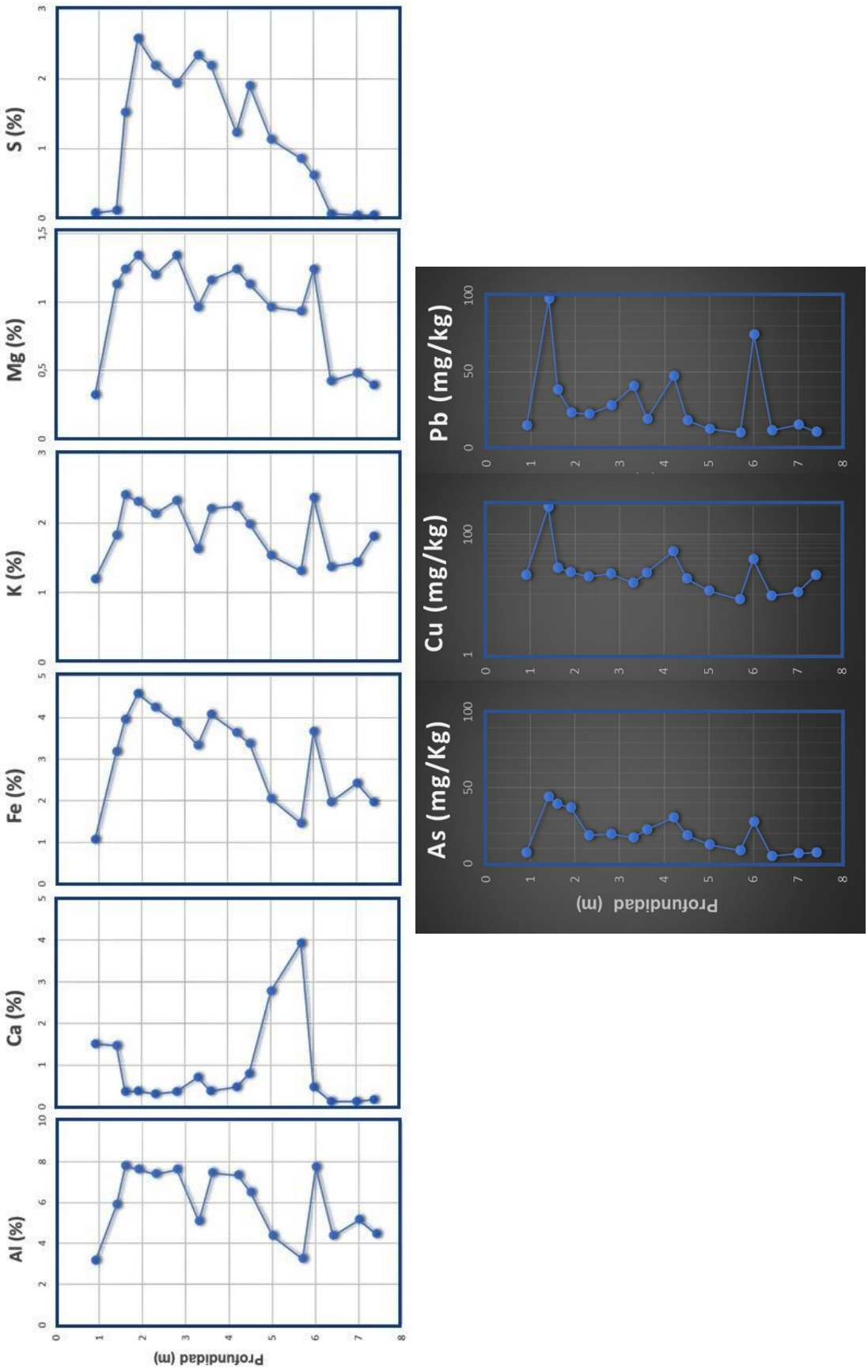
**Análisis geoquímico sondeo 2 (HUPP-16-2):**



**Análisis geoquímico sondeo 5 (HUPP-16-5):**



**Análisis geoquímico sondeo 4 (HUPP-16-4):**



**Análisis palinológico.** Diagrama polínico detallado del sondeo 2 (HUPP-16-2) (Ruiz-Zapata et al., 2020):

