



PHICARIA

XII ENCUENTROS INTERNACIONALES DEL MEDITERRÁNEO

PAISAJES DEL AGUA:
LA INTERACCIÓN DEL HOMBRE
CON EL MEDIO EN EL
MEDITERRÁNEO CENTRO - OCCIDENTAL

PHICARIA

XII Encuentros Internacionales del Mediterráneo.

Paisajes del agua: la interacción del hombre con el medio en el Mediterráneo Centro – Occidental.

© de los textos y las imágenes:

Sus autores.

© de esta edición:

Universidad Popular de Mazarrón.

Concejalía de Cultura.

COORDINACIÓN EDITORIAL

José María López Ballesta.

EDICIÓN CIENTÍFICA

Sebastián F. Ramallo Asensio.

Benjamín Cutillas Victoria.

PORTADA

Muher.

IMPRIME

Quinta Impresión

ISBN: 978-84-09-87415-6

Depósito Legal: MU-832-2026

DOI: <https://doi.org/10.6018/10201/236401>

Estos Encuentros recogen parte de los resultados obtenidos en los proyectos:

ARQUETOPOS I y II. Carthago Nova: topografía y urbanística de una urbe mediterránea privilegiada (Mineco-HAR2011-29330 y HAR2014-57672)

ARQUETOPOS III. Carthago Nova desde su entorno litoral. Paleotopografía y evolución medioambiental del sector central del sureste ibérico. Dinámica poblacional y productiva (har2017-85726-c2-1-p), del Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN)/ Agencia Estatal de Investigación (AEI)/ 10.13039/501100011033/ y fondos FEDER: Una manera de hacer Europa.

AMECOPA. Análisis ambiental del entorno costero del SE Ibérico y su dinámica Poblacional Antigua (PID2021-123549NB-I00), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.

Impreso en España / Printed in Spain



ÍNDICE

MEDIOS LAGUNARES Y HÚMEDOS COSTEROS: PROBLEMÁTICAS TERMINOLÓGICAS, TIPOLOGICAS Y PERSPECTIVAS ARQUEOLÓGICAS.

Carlotta Lucarini 21

INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS MARÍTIMAS EN LA LAGUNA DE BUTRINTO, ALBANIA.

Stefano Medas

Enrico Giorgi

Federica Carbotti

Giacomo Sigismondo 41

LA LAGUNA DI VENEZIA IN ETÀ ROMANA. NUOVI DATI SULLO STUDIO DEI PAESAGGI SOMMERSI.

Carlo Beltrame

Paolo Mozzi 75

LAS ÁREAS LAGUNARES DE LA DESEMBOCADURA DEL RÓDANO Y LA REGIÓN DE NARBONA.

Corinne Rousse

Ferreol Salomon

Joe Juncker

Tiphaine Salel

Corinne Sánchez 93

PALEOPAISAJE Y POBLAMIENTO EN EL TERRITORIO DE EMPÛRIES (GIRONA).

Pere Castanyer

Ramón Juliá

Dirce Marzoli

Marc Bouzas

Marta Santos

Elisa Hernández

Joaquim Tremoleda 113

LA LLANURA ALUVIAL DE VALENCIA: HISTORIA Y ARQUEOLOGÍA DE LA RADICAL TRANSFORMACIÓN DEL ENTORNO Y DE LA TOPOGRAFÍA DE LA URBE.

Albert Ribera i Lacomba 127

LA ALBUFERETA DE ALICANTE. EVOLUCIÓN DE UN PARAJE HISTÓRICO.

Antonio Gilabert Mas

José Luis Menéndez Fueyo

Manuel Olcina Doménech

Eva Tendero Porras 151

PAISAJE, POBLAMIENTO Y GESTIÓN DEL AGUA ENTRE EL *SINUS SUCRONENSIS* Y EL *SINUS ILICITANUS*.

Ignacio Grau Mira

Jaime Molina Vidal

Pere Roselló Sendra

Felipe Poquet Doménech

Daniel Mateo Corredor 189

IMMENSE PALUS: ESTUDIO GEOFÍSICO Y ARQUEOLÓGICO DE LA LAGUNA DEL MAR MENOR Y SU LITORAL MEDITERRÁNEO.

Erwin Heine

Carlotta Lucarini

Benjamín Cutillas Victoria

Sebastián F. Ramallo Asensio 205

BIOMARCADORES LIPÍDICOS Y CONTAMINACIÓN POR METALES EN EL REGISTRO DEL HOLOCENO DE LA BAHÍA DE CARTAGENA (SURESTE DE ESPAÑA): HISTORIA AMBIENTAL, NATURAL Y ANTROPOGÉNICA COMBINADA EN LA ÉPOCA PÚNICA Y ROMANA.

José Eugenio Ortiz

Trinidad Torres

Yolanda Sánchez-Palencia

Milagros Ros Sala

Sebastián F. Ramallo Asensio

Ignacio López-Cilla

Luisa A. Galán

Ignacio Manteca

Tomás Rodríguez-Estrella

Ana Blázquez 221

EL REGISTRO PLEISTOCENO Y HOLOCENO DE LA CUENCA DE MAZARRÓN (SURESTE DE ESPAÑA).

Trinidad Torres

José Eugenio Ortiz

Yolanda Sánchez-Palencia

Milagros Ros Sala

Francisca Navarro Hervás

Ignacio López-Cilla

Luis A. Galán

Sebastián F. Ramallo Asensio

Tomás Rodríguez-Estrella

Ana Blázquez 239

LA COSTA DE ALMERÍA, SAN JUAN DE LOS TERREROS: CUANTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS NATURALES Y ANTRÓPICOS DURANTE EL HOLOCENO.

Santiago Alejandro Romero García

Trinidad Torres

José Eugenio Ortiz

Yolanda Sánchez-Palencia 265

LA VILLA ROMANA DE LOS ALCÁZARES: UN GRAN COMPLEJO ARQUITECTÓNICO EN EL BORDE DEL MAR MENOR.

José Iborra Rodríguez

Sebastián F. Ramallo Asensio

Marcos A. Martínez Segura 285

***IMMENSA PALUS*: ESTUDIO GEOFÍSICO Y ARQUEOLÓGICO DE LA LAGUNA DEL MAR MENOR Y SU LITORAL MEDITERRÁNEO**

ERWIN HEINE, CARLOTTA LUCARINI, BENJAMÍN CUTILLAS-VICTORIA Y SEBASTIÁN F. RAMALLO ASENSIO

<https://doi.org/10.6018/10201/236542>

IMMENSA PALUS: ESTUDIO GEOFÍSICO Y ARQUEOLÓGICO DE LA LAGUNA DEL MAR MENOR Y SU LITORAL MEDITERRÁNEO

ERWIN HEINE, CARLOTTA LUCARINI, BENJAMÍN CUTILLAS-VICTORIA Y SEBASTIÁN F. RAMALLO ASENSIO

Resumen:

Esta contribución presenta los primeros resultados de una serie de proyectos de investigación centrados en el análisis geoarqueológico del Mar Menor. Esta laguna litoral, destacada ya en las fuentes antiguas por su relevancia y considerada la mayor laguna costera de agua salada de la Península Ibérica, constituye un ecosistema de extraordinario valor ecológico y un espacio de ocupación humana continuada desde la Prehistoria.

El diseño de una metodología interdisciplinar ha permitido desarrollar diversas campañas de prospección geofísica orientadas a la exploración de paleopaisajes sumergidos bajo el fondo lagunar. Para ello, se ha recurrido a distintos métodos de acústica sísmica con el objetivo de estudiar los procesos de evolución de la laguna, entre los que destaca el uso de perfiladores paramétricos de sub-fondo. Estos detectores permiten obtener datos sísmicos de reflexión 2D de alta resolución a partir de los que cartografiar la morfología del paleopaisaje del fondo lagunar y de la costa mediterránea adyacente. Los resultados obtenidos son de gran interés para comprender mejor las dinámicas de formación de la propia laguna, así como sentar las bases para reconstruir la evolución paisajística del Mar Menor a lo largo de su intrahistoria y de las comunidades humanas que habitaron su entorno.

Palabras clave:

Laguna litoral, Geoarqueología, Prospección Geofísica, Perfilador Paramétrico de Fondo, Reconstrucción Paleogeográfica, Paisajes Costeros.

1. Introducción

Los sistemas acústicos sísmicos de reflexión 2D, también denominados perfiladores sub-fondo, cuentan con una amplia trayectoria de uso para la detección de objetos y estructuras arqueológicas incrustados en los sedimentos de lagos, ríos y mar abierto (MISSIAEN, 2010; HEINE 2017; WILKEN *et al.*, 2022). Esta tecnología tiene su origen en la detección de capas del subsuelo marino, permitiendo reconstruir paleoambientes y cuencas sedimentarias. Sin embargo, el grado de detalle y precisión de estos equipos los han convertido en una herramienta esencial para la investigación arqueológica ligada a cuestiones paleogeográficas y de detección de yacimientos sumergidos.

Para este último escenario, los sistemas acústicos detectan anomalías de señal dentro de los registros de datos transversales a partir de las variaciones de amplitud y fase o

en características morfológicas distintas, detectando además irregularidades determinadas que en casos concretos pueden corresponderse con yacimientos subacuáticos y pecios hundidos. Estos equipos utilizan diferentes tecnologías para la generación del sonido necesaria mediante la que reconstruir los perfiles de fondo, como la transmisión acústica lineal de pulsos de onda continua (CW) en ecosondeadores y pingers, pulsos transitorios en sistemas boomer y chispas, o pulsos modulados en frecuencia (FM) en sistemas Chirp.

Centrándonos en los sistemas paramétricos (es decir, no lineales) de pulsos sonoros (CW, FM), su potencial para las investigaciones de yacimientos arqueológicos sumergidos es indiscutible y se basa en la alta movilidad que ofrecen estos equipos, la mejora de la resolución de sus imágenes y la capacidad de trabajar en aguas muy poco profundas (WUNDERLICH *et al.*, 2005; MISSIAEN *et*

al., 2008; HEINE *et al.*, 2014; LOWAG *et al.*, 2026). Entre estos, destacan los perfiladores paramétricos sub-fondo (SBP), que se han consolidado como una herramienta fundamental para permitir la caracterización de la estructura geológica y sedimentológica del fondo marino, así como la localización de elementos antrópicos atrapados en estos sedimentos (L1 *et al.*, 2023; RIZZO *et al.*, 2024). La capacidad de los SBP para penetrar en sedimentos y generar perfiles acústicos detallados permite no solo la detección de anomalías asociadas a estructuras antropogénicas, sino

también la reconstrucción de paleopaisajes sumergidos que contextualizan los asentamientos humanos a lo largo del tiempo (GUSICK *et al.*, 2022; WINTON 2023; CEREZO *et al.*, 2026).

Este enfoque paleogeográfico es esencial para comprender la evolución de las líneas costeras y localizar yacimientos arqueológicos, especialmente en el caso de ocupaciones prehistóricas que, debido a los cambios en el nivel del mar, ahora se encuentran bajo el agua (GHILARDI,



Figura 1. Localización de la laguna del Mar Menor. a) Localización y MDT del Mar Menor (elaboración propia); b) Vista aérea de la Manga y del Puerto de El Estacio desde norte; c) Vista aérea del Mar Menor, con las salinas de Marchamalo, desde el sureste (Google imágenes – 25/08/2024).

PATEAU, 2023). La transgresión máxima holocena, en particular, ha provocado la desaparición de grandes áreas costeras habitadas durante el Pleistoceno y el Holoceno, convirtiendo el registro sedimentario submarino en un archivo fundamental para la investigación de la Prehistoria (NIETO PRIETO, 2019). La reciente evolución tecnológica de los sistemas chirp y paramétricos, que incorporan múltiples sensores y posicionamiento preciso, ha permitido caracterizar incluso no solo la geometría de los materiales enterrados, sino también su estado de conservación dentro de la columna sedimentaria (Cerezo *et al.*, 2026).

La presente contribución aborda precisamente la aplicación de estas nuevas metodologías en el Mar Menor (Región de Murcia, España), la laguna de agua salada más grande de toda Europa con 135 km² –o 170 km² si se incluyen zonas protegidas y humedales–, y que actualmente se encuentra ante grandes desafíos a nivel medioambiental que hacen peligrar sus ecosistemas y su propia existencia. En el marco de diversos proyectos de investigación que se han ocupado del sector central del Sureste de la Península Ibérica, durante el año 2019 se dieron las condiciones para planificar y realizar un estudio geoarqueológico del Mar Menor y la costa mediterránea adyacente gracias a la colaboración de diversas universidades y centros de investigación europeos. Los resultados de esta investigación se encuentran todavía en fase de discusión dada la complejidad de la información geológica y paleogeográfica adquiridas, y la necesidad de establecer además de una correlación con los datos arqueológicos obtenidos de las comunidades que habitaron en el entorno del Mar Menor desde la Prehistoria.

2. La laguna del Mar Menor: definición y formación geológica

Conocida antiguamente como “Albufera de Cabo de Palos” (LÓPEZ BERMÚDEZ *et al.*, 1986: 62; Rosselló, 1993: 14), la cuenca del Mar Menor se sitúa en la parte oriental de las Cordilleras Béticas, en el Sureste de la Región de Murcia. Al norte, limita con el anticlinal de Torre Vieja, ocupado por dos lagunas residuales –las actuales salinas de La Mata y de Torre Vieja–, mientras que, al sur, se encuentra delimitada por la cadena montañosa de la Sierra Minera de Cartagena-La Unión (Hernández, 1996) (Fig.1). Respecto al propio Mar Menor, se trata de una laguna costera hipersalina de 135 km² de superficie, separada del mar Mediterráneo por una barrera litoral de 22 km de longitud y entre 100 y 900 metros de ancho, denominada La Manga. Constituye la cuenca hidrográfica litoral más extensa del Mediterráneo occidental y, a causa de las agresiones ambientales sufridas a lo largo de su historia reciente, se trata de una de las lagunas costeras mediterráneas más y mejor estudiadas bajo enfoques biológicos y ecológicos.

La que Avieno describe como *inmensa palus* (Ora Maritima, 455) forma parte del Campo de Cartagena, una llanura litoral homogénea con una pequeña inclinación que desemboca en la propia laguna, rodeada en sus contornos por las elevaciones montañosas de las sierras de Carrascoy, Cresta del Gallo, Algarrobo, Muela y Minera (ROMERO DÍAZ, BELMONTE SERRATO, 2011). La intensa actividad neotectónica del Cuaternario ha dado lugar a una fuerte incisión fluvial, desarrollando potentes abanicos aluviales y complejos sistemas de terrazas marcados por una fuerte subsidencia –calculada para el Pleistoceno en 0.08 mm/año (BLÁZQUEZ-MORILLA *et al.*, 2024). A nivel geológico, esta dinámica ha ocasionado el aporte mayoritario de diferentes materiales sedimentarios, neógenos (conglomerados, margas, areniscas y arcillas– y mantos aluviales cuaternarios –limos y arcillas y gravas), aunque existen algunos afloramientos volcánicos aislados que interrumpen esta geología (SEISDEDOS *et al.*, 2013) (Fig.2).

El tramo litoral de la cuenca lagunar no presenta una morfogénesis homogénea: entre los límites norte, noroccidental, sur y suroeste hay una importante diferencia litológica y estructural (LILLO CARPIO, 1981). La barrera de La Manga se presenta como una restinga arenosa somera sobrepuesta a un sustrato de litología diversa que se prolonga desde el Cabo de Palos hasta la costa proyectada al norte de la laguna, concretamente hasta la playa conocida como del Mojón. El sector que va desde San Pedro del Pinatar al promontorio de El Estacio se caracteriza por su perfil litoral ligeramente sinuoso con una base de génesis morfo-deposicional. El tramo meridional, en cambio, caracteriza el sector entre El Estacio y el cabo de Palos con un perfil litoral ligeramente curvo, con una línea de costa regular, que solo se ve alterada por los afloramientos volcánicos de Calnegre.

Los principales elementos geomorfológicos que controlan la dinámica hidrológica y ecológica del Mar Menor son: (i) el cordón litoral arenoso de La Manga, que delimita y separa la laguna del mar abierto; (ii) las golias o canales de comunicación, que regulan el intercambio de agua entre la laguna y el Mediterráneo; (iii) las islas y afloramientos volcánicos, presentes tanto dentro de la laguna cuanto a lo largo de la fachada marítima de La Manga, que constituyen los principales sustratos rocosos naturales del área; (iv) las ramblas y barrancos de drenaje, responsables del aporte de agua, sedimentos y materiales procedentes de las escorrentías agrícolas y de las áreas mineras circundantes; y (v) los humedales periféricos, actualmente transformados en gran medida en salinas, entre las que destacan las de Marchamalo y San Pedro del Pinatar.

Actualmente, el cordón arenoso que constituye La Manga está atravesado por cinco canales de distinta naturaleza, más o menos funcionales, que permiten la comunicación entre

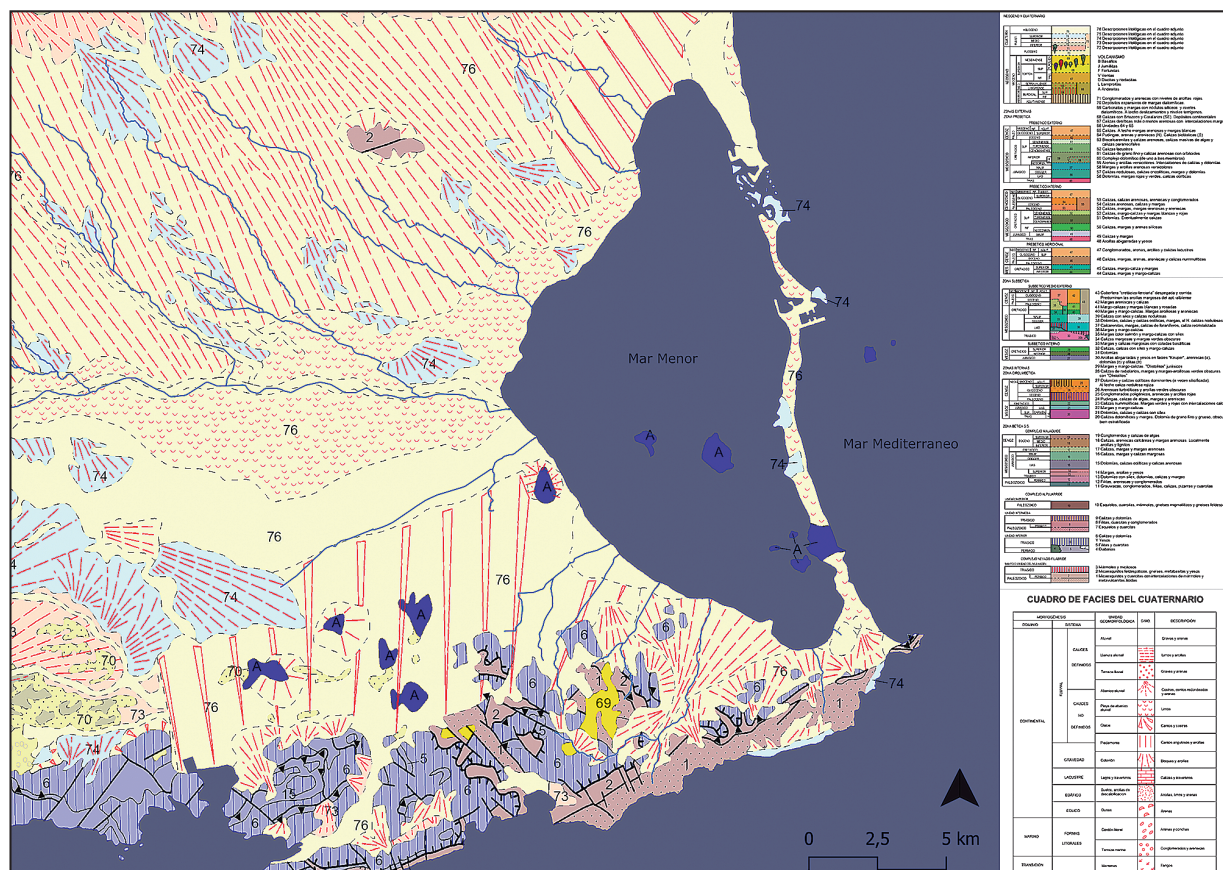


Figura 2. Mapa geológico del extremo suroriental de la Región de Murcia: Campo de Cartagena, Mar Menor y Sierra de Cartagena (elaboración propia a partir de los datos litológicos vectoriales del IGME).

ambos “mares”: de norte a sur, la Gola del Ventorrillo, la Gola de la Torre, el Canal del Charco, el Canal del Estacio y el Canal de Marchamalo. Estas golas de comunicación constituyen ambientes pseudomareales conocidos como encañizadas, denominación ligada al tradicional sistema de pesca allí desarrollado (PARACUELLOS *et al.*, 2007: 18). Se trata de espacios dinámicos formados por canales, bajos fangosos, isletas y vegetación halófila, sometidos a continuas transformaciones por efecto de corrientes y temporales. Las intrusiones marinas generan pequeños deltas interiores y provocan alternancias entre fases de inundación y desecación, modificando constantemente la extensión y profundidad de estos sectores. A pesar de las intervenciones humanas destinadas a mantener abiertos los canales para favorecer la pesca, todavía se conservan amplias áreas de marisma pseudomareal, especialmente

en torno a las golas de Ventorrillo, La Torre y El Charco (BALLESTER *et al.*, 2003: 49).

Hay cinco islas dentro de la laguna: Barón, Perdiguera, Sujeto, Rondella (o Redonda) y Ciervo. Además, asociados a la ribera interna de la laguna del Mar Menor, se abren una serie de humedales de gran valor medioambiental: las Salinas de San Pedro del Pinatar, el Humedal de Lo Poyo, la Marina del Carmolí, la Playa de la Hita y las Salinas de Marchamalo. Estos pertenecen a tres tipos diferentes de ambientes húmedos: marismas micromareales, humedales con salinas costeras, y criptohumedales¹ (BALBO *et al.*, 2017; BALLESTER *et al.*, 2003; CONESA, JIMÉNEZ-CÁRCELES, 2007; MARTÍNEZ, ESTEVE, 2007; PÉREZ-RUZAFÁ *et al.*, 2005).

La configuración orográfica de la cuenca, el clima semiárido de la zona, la escasa cobertura vegetal y la

¹ Los criptohumedales, es decir, humedales ocultos o poco aparentes, se definen como aquellos humedales donde el agua, que procede de flujos subterráneos, nunca o muy raramente llega a emerger (GONZÁLES-BERNÁLDEZ, 1981).

impermeabilidad de amplios sectores margosos convierten la torrencialidad en uno de los rasgos dominantes del Mar Menor (LILLO CARPIO, 1981: 18). Las precipitaciones son reducidas, con una media anual cercana a los 300 mm, mientras que la evapotranspiración potencial alcanza aproximadamente los 900 mm, generando un fuerte déficit hídrico (PÉREZ RUZAFÁ *et al.*, 2005). La laguna recibe así la escorrentía procedente de las ramblas de la Sierra de Cartagena-La Unión y de la llanura prelitoral del Campo de Cartagena. Estos cursos de agua, generalmente secos, solo transportan caudales significativos durante episodios de lluvias torrenciales. En la mayor parte de los casos, el agua se evapora o infiltra antes de alcanzar la laguna (LILLO CARPIO, 1981). La pérdida de agua dulce se compensa mediante las entradas de agua marina a través de las golos que conectan el Mar Menor con el Mediterráneo (CONESA, JIMÉNEZ-CÁRCELES, 2007). Este carácter endorreico y restringido explica la hipersalinidad característica de la laguna.

El litoral en el que se enmarca presenta mareas semidiurnas de escasa amplitud, apenas perceptibles en el interior de la laguna (MARTÍNEZ-ÁLVAREZ *et al.*, 2011). La circulación interna del agua depende principalmente de

la acción de los vientos dominantes, especialmente los de Levante, seguidos por los de poniente y suroeste (Lebeche). Las dinámicas de corrientes se configuran de esta manera diferenciadas entre los sectores central y meridional de la cuenca (DE PASCALIS *et al.*, 2012: 126) (Fig.3). De hecho, estos factores y su singularidad ambiental han dificultado enormemente su clasificación. Aunque el reducido aporte de agua dulce impide incluirlo estrictamente dentro de las *transitional waters* definidas por la normativa europea (PÉREZ-RUZAFÁ *et al.*, 2011), sus características permiten considerarlo una *restricted lagoon* según la clasificación propuesta por Kjerfve (1994).

El origen y la evolución de la laguna del Mar Menor han estado condicionados por diversos factores, entre los que destacan los cambios en el nivel del mar durante el Tortonense, la actividad volcánica del Plioceno – responsable de la formación de pequeñas colinas e islas en la cuenca– y los fenómenos compresivos del Cuaternario, que contribuyeron al desplazamiento de la barrera arenosa que encierra la laguna (PÉREZ RUZAFÁ *et al.*, 2005). Esta última se ha ido formando por el impulso del oleaje producido por los vientos dominantes del NE y el suministro arenoso de

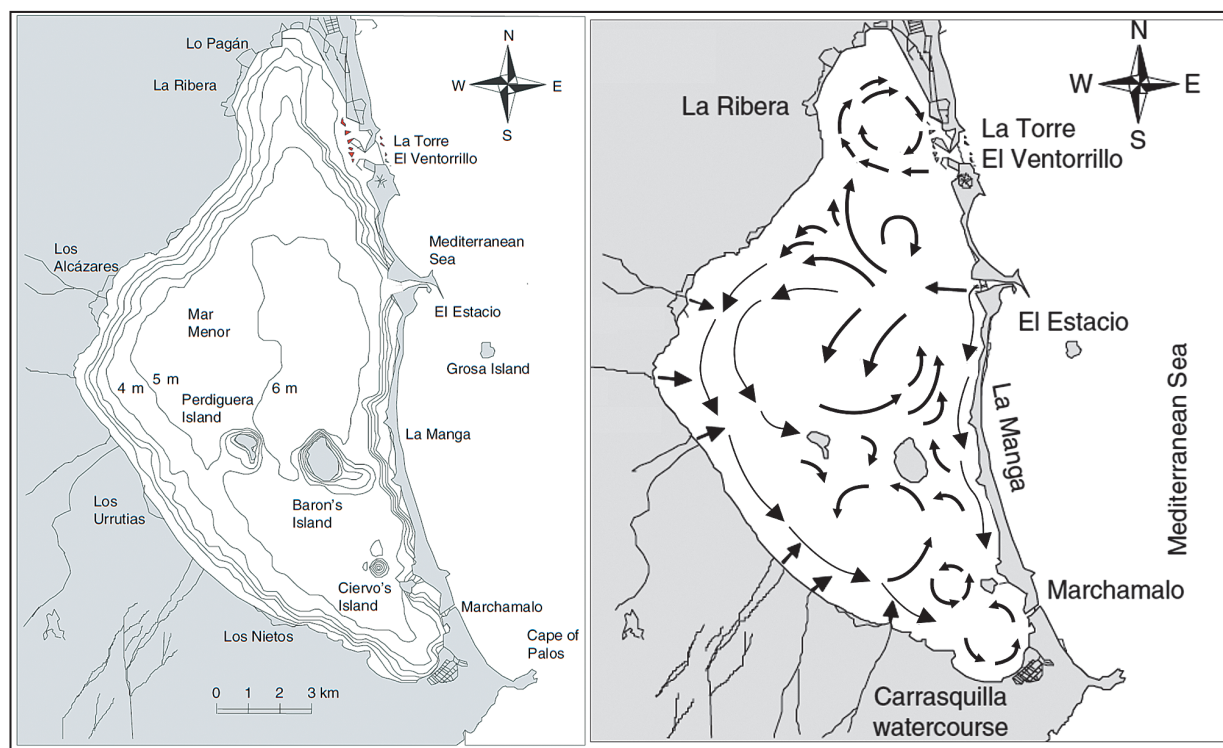


Figura 3. Batimetría y circulación de las principales corrientes dentro del Mar Menor (PÉREZ-RUZAFÁ *et al.*, 2005: 393-394).

origen fluvial que se ha depositado sobre los lechos rocosos del Plioceno y las formaciones volcánicas (CONESA, JIMÉNEZ-CÁRCELES, 2007; LILLO CARPIO, 1981; ROSSELLÓ, 1993). De hecho, el conjunto de escollos e islas que se localiza en la fachada mediterránea de La Manga, donde Isla Grosa debe de haber tenido el rol más relevante, sirvió de apoyo a la serie de depósitos arenosos longitudinales que empezaron a cerrar la extensa bahía. El sistema de dunas que componen, a día de hoy, La Manga está prácticamente destruido. Si la mayor parte de la aportación sedimentaria a la restinga procede de la desembocadura del río Segura, también contribuyen a su alimentación, aunque en menor medida, la dinámica litoral y los detritus arrastrados por las ramblas (HERNÁNDEZ, 1996).

Con las transgresiones y regresiones marinas cuaternarias –ligadas al glacioeustatismo–, junto a los fenómenos neotectónicos y la regresión de la línea de costa, la extensa bahía abierta que conformaba el Campo de Cartagena empieza a reducirse: las barreras arenosas formadas por los sedimentos de origen fluvial, paralelas a la actual línea de costa, van retrocediendo hacia tierra y consolidándose, hasta el definitivo cierre de la laguna y alcanzar una conformación semejante a la actual (HERNÁNDEZ, 1996). Dicho proceso, según algunos autores (LILLO CARPIO, 1981), habría sido completado hacia 12.000-7.500 años BP. Según otros (LEYVA CABELLO, CABRA GIL, 2010; SOMOZA, 1989), la construcción del cordón litoral se produciría durante el Holoceno, incluso en tiempos históricos en su última fase. Estudios morfo-tectónicos realizados a través de ecosondas Multibeam y perfiladores sísmicos con alta resolución han detectado las trazas de ocho paleo barreras litorales –interpretadas como pertenecientes a la trasgresión marina holocena– en la plataforma continental adyacente a La Manga (ACOSTA *et al.*, 2013).

Algunos estudios (PÉREZ-RUZAFA *et al.*, 1987: 56) afirman que, en época antigua, el nivel de las aguas lagunares fuera más alto que el actual y que la superficie de la cubeta fuera más extensa. Sin embargo, los restos arqueológicos de asentamientos instalados en el mismo borde interior –como el poblado ibérico de Los Nietos, la villa romana de Los Alcázares, la factoría de salazones de Castillitos en Playa Honda o los restos de piletas documentados en el Estacio– indican que, por lo menos desde el I milenio a.C. el nivel del mar no ha podido ser más alto que el actual. Además, el poblado neolítico de Las Amoladeras, en el borde exterior de la restinga meridional e instalado sobre una duna fósil, testifica su existencia por lo menos desde el Neolítico (García del Toro, 1987), así como el yacimiento de Cala del Pino atestigua la ocupación de los promontorios volcánicos

de la restinga litoral durante el Bronce Tardío (MARTÍN Y ROLDÁN, 1995; LÓPEZ-LÓPEZ, 2025).

En la evolución histórica del Mar Menor, los procesos sedimentarios han desempeñado un papel fundamental en su propia configuración. La colmatación progresiva de la cuenca redujo paulatinamente su superficie y profundidad, favoreciendo además el aumento de la salinidad. Hasta los siglos XVI y XVII, estos procesos estuvieron dominados principalmente por dinámicas naturales (PÉREZ-RUZAFA *et al.*, 1987; PÉREZ-RUZAFA *et al.*, 2005). Posteriormente, la deforestación, la expansión agrícola y ganadera, el desarrollo de la minería y la explotación salinera aceleraron notablemente la sedimentación. Además, a lo largo de su historia reciente una serie de actividades descontroladas lo han convertido en uno de los ejemplos más paradigmáticos de extrema contaminación ambiental, incluyendo el relleno de áreas marinas, la apertura y dragado de canales, los vertidos mineros, urbanos y agrícolas, el descontrolado desarrollo urbano, la construcción de puertos deportivos o la creación de playas artificiales, entre otros.

Las condiciones derivadas de estas actividades, sobre todo de las mineras en el pasado reciente y de las agrícolas a día de hoy, lo convierten en uno de los ejemplos más paradigmáticos de extrema contaminación ambiental, ocasionando una degradación del ecosistema muy grave. Tanto ha sido así, que a partir de septiembre 2022, gracias a la recogida de más de 600.000 firmas y la presentación en el Congreso de los Diputados de una Iniciativa Legislativa Popular, el Mar Menor se ha convertido en el primer ecosistema de Europa con personalidad jurídica propia², marcando un hito importante en materia de protección, conservación y restauración de los ecosistemas (CANALS GARCÍA, 2023).

3. Objetivos de la prospección geofísica

La complejidad de abordar un estudio de estas características en una laguna de 135 km² requirió una fase previa de conceptualización y preparación, indispensable para definir tanto los objetivos de la investigación como la propia estrategia de medición. Más allá de la cuestión de los equipos seleccionados y su disponibilidad, que expondremos a continuación, el reto era obtener una serie de perfiles y áreas significativas para el conjunto de la laguna ante la imposibilidad de realizar un barrido completo del Mar Menor por cuestiones de magnitud espacial del área de estudio y coste de tiempo necesario para ello. A ello se unía, además, que algunas de las preguntas de investigación

² Con el Boletín Oficial del Estado núm. 237.



Figura 4. Fotografías de detalle durante la prospección geofísica del Mar Menor, incluyendo la instalación del perfilador sub-fondo, IMU y GNSS (dcha.) y área de control y dirección de los equipos en el interior de la embarcación (izq.).

relativas a la propia configuración de la laguna incluían la investigación de la fachada mediterránea del brazo litoral de La Manga, ampliando nuestra zona de actuación.

Bajo estas circunstancias, el objetivo principal de esta campaña de investigación fue realizar estudios geofísicos del fondo marino del Mar Menor y de diversas zonas a lo largo de la costa mediterránea asociada para reconstruir la evolución paleogeográfica y sedimentológica de esta laguna marina. La identificación de estas capas, su adscripción temporal y la configuración del paleofondo de la zona permitiría comprender su configuración a lo largo de la transgresión holocena, sentando unas bases sólidas a partir de las que reconstruir el paleopaisaje en torno a la laguna y los diversos escenarios con los que las comunidades humanas interactuaron desde la Prehistoria.

Para abordar dichos objetivos, el trabajo partió de una aproximación multiescalar que integró la información generada en diversos proyectos de investigación de corte arqueológico, geográfico, cartográfico e historiográfico (entre otros, CEREZO, 2014; RAMALLO *et al.*, 2016; 2020) con el fin de definir áreas prioritarias de estudio atendiendo a cuestiones de tipo arqueológico o geológico. Tras fijar estos ejes de interés, el diseño de la prospección geofísica del

medio submarino se centró en el desarrollo de una campaña de navegación mediante la que llevar a cabo lecturas del fondo y paleofondo marino a partir de la aplicación de ecosondas sedimentarias, específicamente en el *parametric Sub-Bottom Profiler* (SBP) de la empresa INNOMAR.

4. Metodología de medición

El sistema de ecosondas sedimentarias utilizado fue el perfilador paramétrico de sub-fondo INNOMAR SES-2000, el cual posee un tamaño suficientemente reducido para ser utilizado en pequeñas embarcaciones en aguas interiores como el Mar Menor. La mayor parte del equipamiento científico necesario para el desarrollo de las actividades de investigación fue proporcionada por la *University of Natural Resources and Life Sciences, BOKU University Vienna*. Asimismo, el Departamento de Arqueología de la Universidad de Cádiz proporcionó un segundo sistema SBP (“SES2000 Standard”), algo más potente, que también es adecuado para mar abierto.

Los SBP se instalaron a babor y estribor del buque de medición, en este caso el barco “Betsaida” del Área Científica y Técnica de Investigación de la Universidad

de Murcia (ACTI), así como un centro de control y revisión en el interior del puente de la nave para controlar el correcto funcionamiento de los equipos (Fig. 4). El control de la emisión de las ondas sonoras acústicas de los dos instrumentos se realizaba alternativamente, de modo que no pudiera producirse interferencia en las señales de reflexión recibidas. La disposición paralela de los dos ecosondeadores proporcionaba dos líneas de medición paralelas a una distancia de dos metros por trayecto, aumentando así la posibilidad de detectar estructuras geológicas más pequeñas o elementos antropolares, especialmente relevantes para la localización de yacimientos arqueológicos.

El geoposicionamiento de los equipos de detección se realizó con un receptor GNSS diferencial que utilizaba datos de corrección del Servicio de Posicionamiento del Instituto Geográfico Nacional (IGN) transmitidos por redes celulares. Las ventajas de contar con este tipo de equipo consisten en el registro de las posiciones sondeadas con precisión centimétrica, la detección de las variaciones del nivel del agua durante la encuesta y el rumbo real de la matriz de transductores. Para su calibración constante, se utilizó un sensor de movimiento (IMU) para registrar los movimientos de levantamiento, alabeo y cabeceo del conjunto de los dos transductores situado en los lados de estribor y babor del barco.

Todo este equipamiento hidrográfico, de gran tamaño y complejidad, fue ensamblado y mantenido en el Área Científica y Técnica de la Universidad de Murcia (ACTI-UM) para su utilización a bordo de la embarcación de investigación. Estos trabajos preparatorios incluyeron el diseño e instalación de estructuras de soporte y de la infraestructura eléctrica necesaria para montar los equipos hidrográficos a bordo de la embarcación, labor para la que se contó con el apoyo de la Sección de Talleres de Apoyo a la Investigación de la UM. De esta colaboración interdisciplinar, la embarcación “Betsaida” de la Universidad de Murcia se transformó en una auténtica embarcación de investigación hidrográfica, preparada para la instalación de equipos de alta tecnología y operar incluso en condiciones meteorológicas adversas.

5. Resultados y discusión

La campaña de navegación tuvo lugar a lo largo del segundo trimestre del año 2019, teniendo que adaptar los días de medición a aquellas jornadas en las que se reunían las condiciones adecuadas de navegación y toma de datos. Como se ha apuntado anteriormente, esta etapa se centró en el levantamiento geofísico del fondo marino del Mar Menor y de diversos sectores de la costa mediterránea

adyacente mediante sistemas SBP. La extensión de la laguna salada nos llevó a diseñar rutas preestablecidas con el fin de obtener una imagen holística de los paleofondos del Mar Menor, así como la selección de diversas áreas prioritarias cerca de yacimientos arqueológicos o conexiones insulares en los que se realizó una malla más densa de medición.

Las líneas de prospección se diseñaron con orientaciones norte-sur y este-oeste, rodeando las islas, siguiendo la línea de costa y extendiéndose tanto por el interior del Mar Menor como por su prolongación mediterránea en La Manga. Este planteamiento permitió investigar el grado de aislamiento de las capas sedimentarias en la cuenca del Mar Menor y analizar la continuidad de las estructuras geológicas bajo la franja terrestre de La Manga. La supervisión de los datos desde la propia embarcación también permitió realizar algunos tracks específicos en aquellas zonas donde se documentaron anomalías de interés. El resultado del

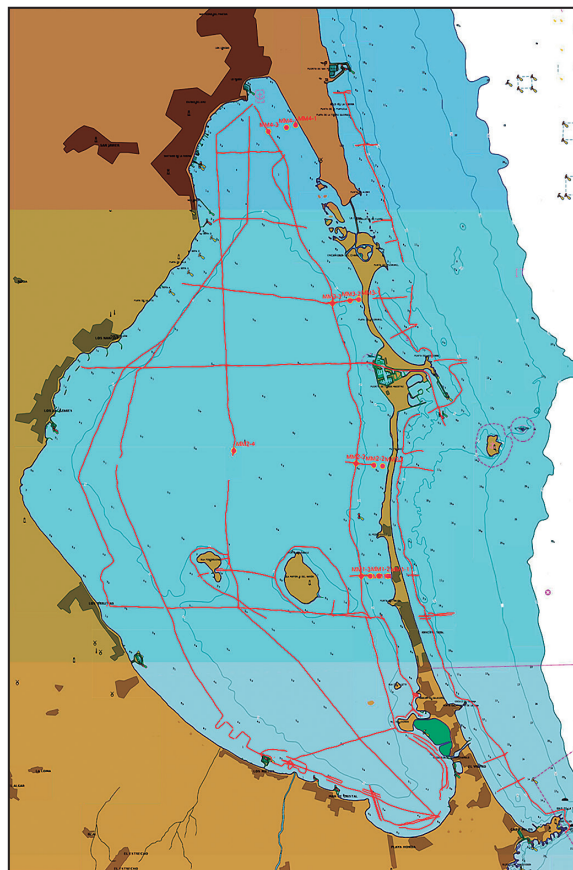


Figura 5. Área de investigación con trayectorias del perfilador sub-fondo durante la prospección geofísica del Mar Menor (líneas rojas).

conjunto de mediciones por SBP se presenta con claridad en la Fig. 5.

El perfilado acústico paramétrico resultó en una penetración de sedimentos de hasta 9 m bajo el lecho marino. Debido a la frecuencia dominante seleccionada de 8 kHz, se logró una resolución vertical capa a capa superior a 10 cm. Los resultados de la batimetría del Mar Menor realizada por nosotros revelaron una máxima profundidad de 7,27 m alcanzada en las proximidades de la isla de El Barón. Excepto en esta zona, la profundidad media del resto de la laguna oscila entre los 5 y los 6 metros, con fondos aplacerados entre ambos veriles (GÓMEZ-BALLESTEROS *et al.*, 2017). Basándose en la transmisión intermitente de los transductores individuales, la tasa de ping y la velocidad de la encuesta, se determinó la georreferenciación de las rutas efectuadas y medidas tomadas, además de obtener una resolución en detalle de especial valor para las interpretaciones posteriores.

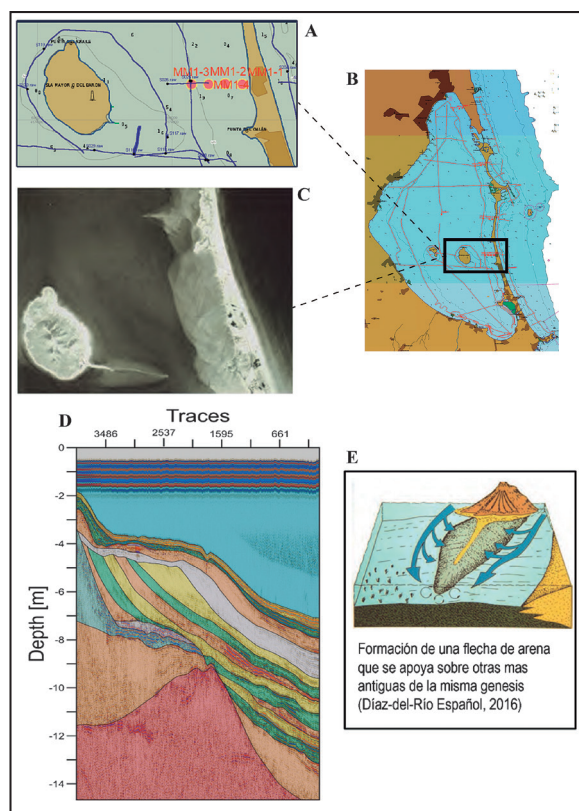


Figura 6. A-B) Localización de la trayectoria S116 del SBP en dirección norte, pasando por la flecha de arena de la Isla Mayor; C) Foto aérea del IGN 1973 (Díaz-del-Río Español, 2016); D) Interpretación geofísica de la imagen del SBP de la trayectoria S116; E) Explicación sobre la formación de la flecha de arena revisada según Díaz-del-Río, 2016.

Tras la finalización de la campaña de campo, se adquirieron cientos de kilómetros de perfiles de subfondo con el objetivo de obtener información geofísica detallada del lecho marino que todavía se encuentran en estudio. En áreas consideradas de especial interés (Figs. 6-7), se emplearon simultáneamente dos sistemas del fabricante alemán INNOMAR —el SES200-Compact y el SES2000-Standard— para verificar los ecos acústicos registrados en un perfil mediante la comparación con los datos obtenidos por el segundo sistema, mejorando así la interpretación de las estructuras geológicas y de las capas sedimentarias, además de detectar estructuras geológicas más pequeñas y la localización de potenciales yacimientos arqueológicos.

Con todo ello, no podemos dejar de señalar el carácter abierto y colaborativo de este proyecto con el fin de obtener una información paleohistórica que revierta sobre un mejor conocimiento del propio Mar Menor. En esta dirección, el vaciado bibliográfico previo que se realizó sobre la laguna nos permitió también encontrar posibles puntos de convergencia con otros equipos y proyectos de investigación que nos han precedido —entre otros, el Instituto Oceanográfico de España, la Universidad Politécnica de Madrid o la Universidad de Murcia—, adaptando algunos de nuestros tracks a caracterizar determinadas áreas del fondo por su interés (Fig. 7) o por la existencia de sondeos ya realizados que permitirían afinar la interpretación de las capas reconocidas a partir de nuestra prospección geofísica (Fig. 8). La complejidad de estas tareas, incluyendo los propios resultados de investigación, han condicionado nuestros progresos en este sentido, pero nos encontramos activamente trabajando en estos datos y en colaboración con miembros de otras instituciones para que, a la mayor brevedad posible, puedan publicarse nuevos trabajos con datos sólidos que profundicen en esas dinámicas evolutivas del Mar Menor y su paisaje inmediato.

6. Una laguna viva, también desde perspectivas geoarqueológicas

Esta primera publicación, aunque tardía, sienta las bases metodológicas de un proyecto en el que llevamos trabajando intensamente desde hace años. La concepción y el desarrollo de una aproximación paleogeográfica y paleopaisajística al marco físico del entorno del Mar Menor constituyen una prioridad tanto por motivos ambientales como, por ende, arqueológicos y geoarqueológicos.

Un mejor conocimiento de la dinámica de formación del Mar Menor y de su evolución hasta la actualidad es un recurso trascendental no solo desde el punto de vista científico, sino también como un banco excepcional de

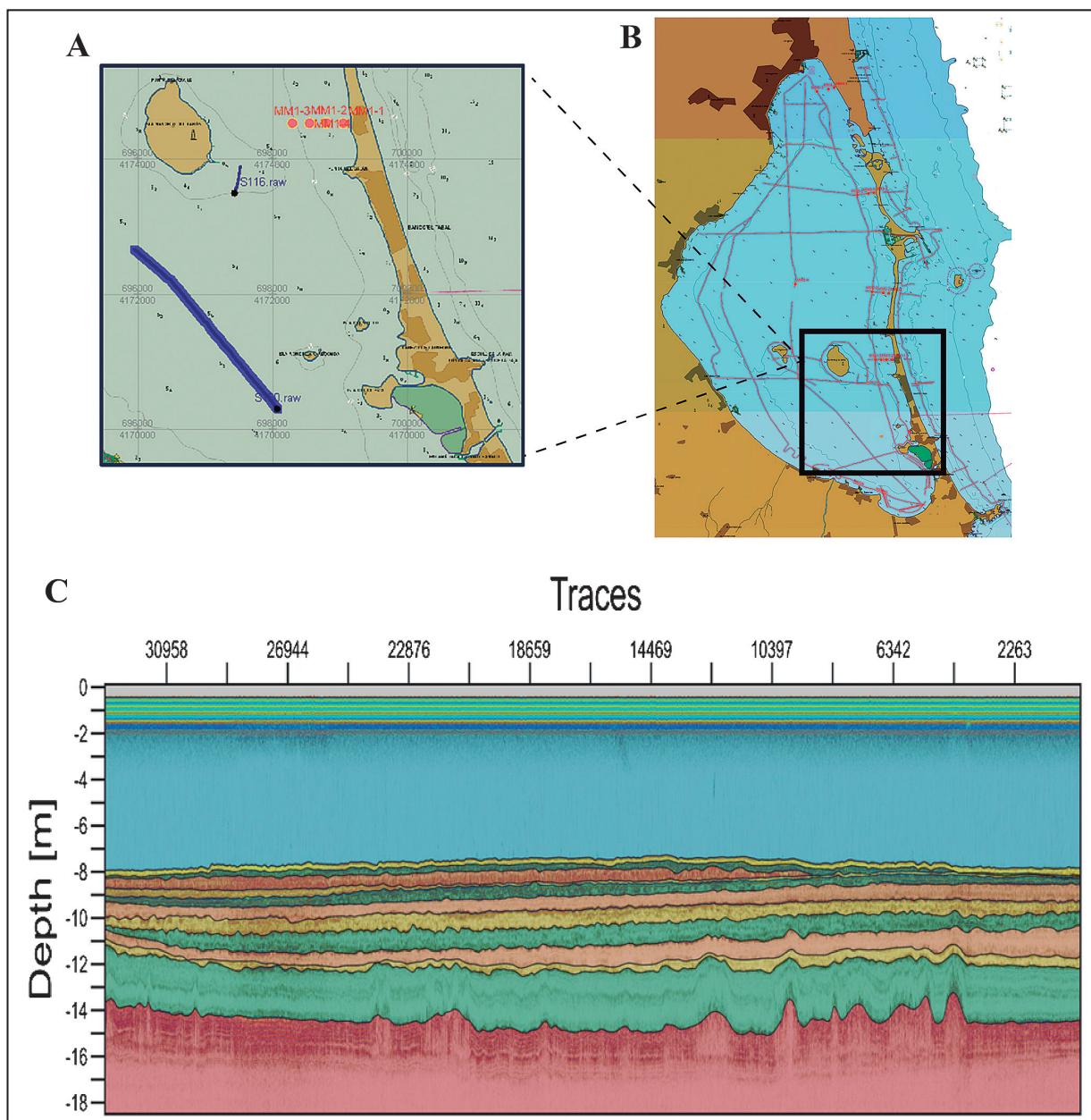


Figura 7. A-B) Localización de la trayectoria S130 del SBP en la zona profunda al sur de la laguna del Mar Menor: C) Interpretación geofísica del perfil SBP de la trayectoria S130.

conocimiento que puede contribuir a una mejor gestión de la laguna —tan amenazada en la actualidad— y servir como punto de referencia para su comprensión presente y para la planificación futura, tanto a corto como a medio plazo.

Desde la óptica arqueológica, la restitución del paisaje litoral y lagunar a lo largo del Pleistoceno y el Holoceno será

una labor clave para comprender las ocupaciones humanas en torno a la laguna salada y la evolución de la interacción entre el ser humano y el medio. Desde las comunidades prehistóricas asentadas en zonas próximas al Mar Menor durante el Paleolítico Inferior —como Cueva Victoria— y el Paleolítico Medio —como la Sima de las Palomas—, hasta los modelos de explotación económica y ocupación

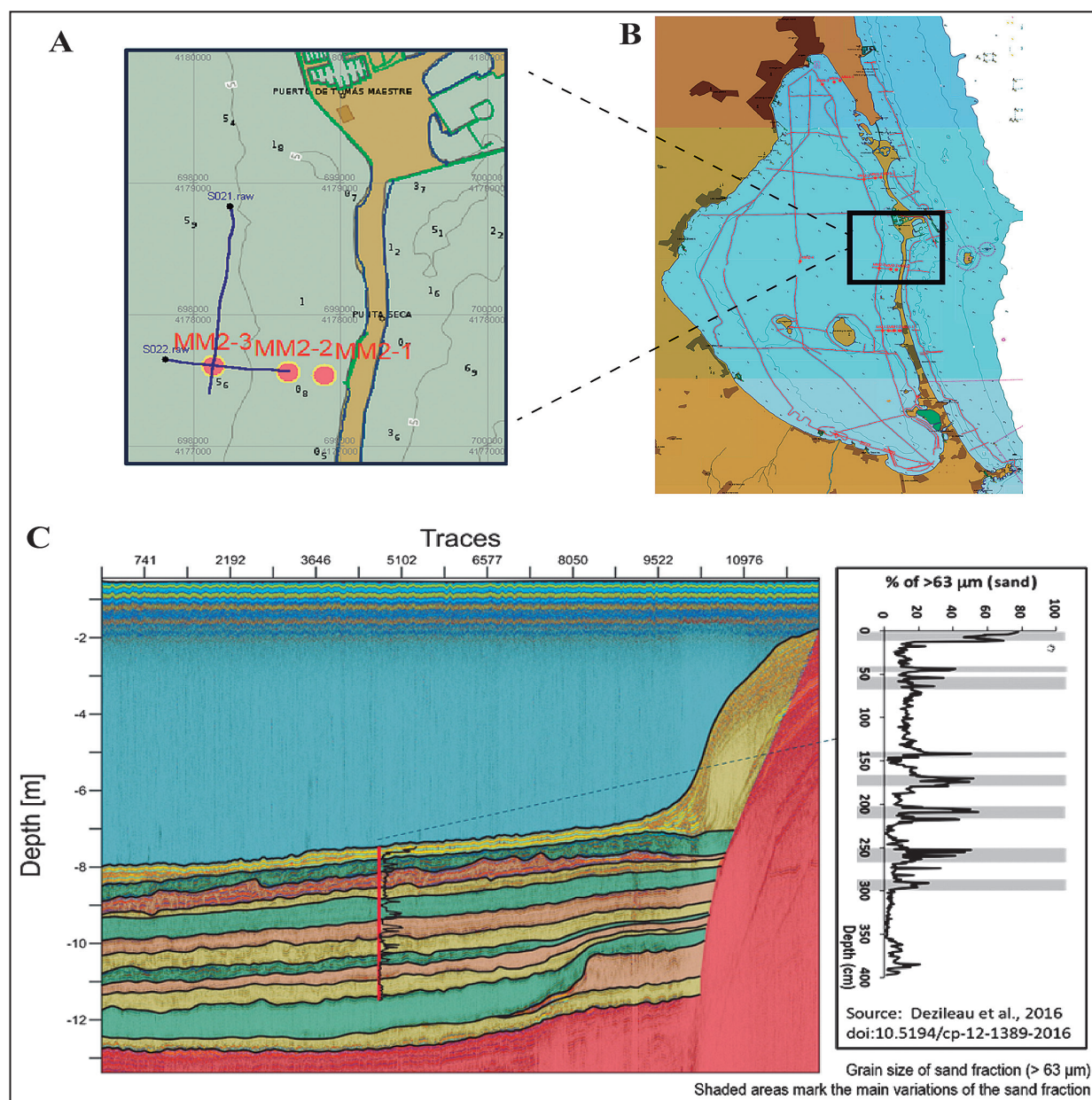


Figura 8. A-B) Localización de las trayectorias S021 y S022 del SBP, con detalle de localización de los sondeos geológicos practicados por Dezieau y otros (2016) con anterioridad: MM2-1, MM2-2 y MM2-3; C) Interpretación geofísica de la imagen del SBP de la trayectoria S022 en base a los datos del sondeo MM2-3 (información del sondeo: Dezieau *et al.*, 2016).

desarrollados en las últimas décadas (Fig. 9), el valor de la laguna ha sido determinante en cada uno de sus periodos ya que estas comunidades litorales únicamente pueden entenderse según las características y la propia morfología de la laguna, dinámica y no siempre estable como hemos expuesto en este trabajo.

Con el Mar Menor como eje vertebrador, nuestro objetivo es continuar trabajando sobre los datos geofísicos cuya metodología se ha expuesto a lo largo de este trabajo. No obstante, este eje de investigación no puede considerarse desconectado de otros datos, tanto aquellos procedentes de otros estudios de corte geológico, biológico o ambiental,



Figura 9. La Cala del Pino es uno de los escasos reductos naturales que quedan en La Manga del Mar Menor, amenazado por el modelo de construcción salvaje de finales del siglo XX e inicios del siglo XXI. A la derecha de la imagen se aprecia la elevación del mismo nombre y dónde, bajo las construcciones contemporáneas, se encuentra el yacimiento arqueológico del Bronce Tardío.

entre otras, como las propias actuaciones e investigaciones arqueológicas centradas en las ocupaciones humanas alrededor de la laguna salada más extensa de toda Europa. Esta perspectiva holística es la raíz que permitirá articular investigaciones de corte interdisciplinar y de gran calado para comprender con mayor profundidad la evolución del Mar Menor y de las comunidades que hemos y estamos interactuando con ella, además de ser los garantes de su preservación futura.

Agradecimientos

Los trabajos y resultados obtenidos se enmarcan en los proyectos de investigación: 1) Carthago Nova desde su entorno litoral: Paleotopografía y evolución medioambiental del Sector central del Sureste Ibérico. Dinámica poblacional y productiva (HAR2017-85726-C2-1-P) del Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN)/ Agencia Estatal de Investigación (AEI)/ 10.13039/501100011033/ y fondos FEDER: Una manera de hacer Europa (ARQUEOTOPOS III) y 2) *Análisis ambiental del entorno costero del SE Ibérico y su dinámica Poblacional Antigua* (PID2021-123549NB-I00), (AMECOPA) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España. (MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033). La Fundación Séneca-Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de

Murcia, financió, en el marco de su Programa “Estancias de Investigadores visitantes en Universidades y OPIs de la Región de Murcia, la dl Prof. Erwin Heine en la Universidad de Murcia. El Servicio de Medio Acuático (SEMA) encuadrado dentro del Área Científica y Técnica de Investigación (ACTI) ha procurado las embarcaciones para el desarrollo de las campañas. Agradecemos al patrón, D. José Antonio Rodríguez Navarro su disponibilidad y ayuda para solventar todos los problemas logísticos.

7. Referencias finales

- ACOSTA, J., FONTÁN, A., MUÑOZ, A., MUÑOZ-MARTÍN, A., RIVERA, J., UCHUPI, E. (2013): “The morpho-tectonic setting of the Southeast margin of Iberia and the adjacent oceanic Algero-Balearic Basin”, *Marine and Petroleum Geology*, 45, pp. 17-41.
- BALBO, A.L., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J., ESTEVE-SELMA, M.-A. (2017): “Mediterranean wetlands: archaeology, ecology, and sustainability”, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 4(6), 1238.
- BALLESTER, R., VIDAL-ABARCA, M.L., ESTEVE, M., SUÁREZ, M.L., FERNÁNDEZ, A.I., GÓMEZ, R. (2003): *Humedales y ramblas de la Región de Murcia*. Murcia.

- BLÁZQUEZ-MORILLA, A.M., LÓPEZ-BELZUNCE, M., RODRÍGUEZ-PÉREZ, A.E., GUILLEM, J., FERRER GARCÍA, C., NIETO, M., TORRES, T., ORTIZ, J.E. (2024): "The role of the Holocene transgression in the environmental changes of lagoons and marshes of the Mediterranean coast", *Marine Geology*, 471.
- CANALS GARCÍA, L. (2023): *La naturaleza como sujeto de derechos: el caso del Mar Menor*. Alicante.
- CEREZO ANDREO, F. (2014): "Paisajes culturales marítimos: georreferenciación de planos históricos". en Nieto Prieto, F.X., Bethencourt Núñez, M. (coords.), *Arqueología subacuática española: Actas del I Congreso de Arqueología Náutica y Subacuática Española*, vol. 1, pp. 363-368. Cartagena.
- CEREZO ANDREO, F., HEINE, E., RAMALLO ASENSIO, S.F. (2026): "Sub-Bottom Profiler in Underwater Archaeology: Study of the Palaeolandscape and Shipwreck Alteration Processes at Carthago Nova", *Journal of Applied Hydrography*, 3, pp. 24-29. Rostock.
- CONESA, H.M., JIMÉNEZ-CÁRCELES, F.J. (2007): "The Mar Menor lagoon (SE Spain): A singular natural ecosystem threatened by human activities", *Marine Pollution Bulletin*, 54(7), pp. 839-849.
- DEZILEAU, L., PÉREZ-RUZAFÁ, A., BLANCHEMANCHE, P., DEGEAI, J.-P., RAJ, O., MARTÍNEZ, P., MARCOS, C., VON GRAFENSTEIN, U. (2016): "Extreme storms during the last 6500 years from lagoonal sedimentary archives in the Mar Menor (SE Spain)", *Climate of the Past*, 12, pp. 1389-1400.
- DÍAZ-DEL-RÍO ESPAÑOL, V. (2016): "Aproximación geocientífica al Mar Menor: del margen continental al dominio litoral". En León, V.M., Bellido, J.M. (eds.), *Mar Menor: una laguna singular y sensible. Evaluación científica de su estado*, pp. 217-229. Madrid.
- GARCÍA DEL TORO, J.R. (1987): "El hábitat costero-mediterráneo eneolítico de Las Amoladeras (Cabo de Palos, Cartagena)", en *Crónica del XVIII Congreso Arqueológico Nacional*, pp. 271-284. Murcia.
- GHILARDI, M., PATEAU, M. (2023): *Paléoenvironnements et sociétés humaines*. París.
- GÓMEZ-BALLESTEROS, M., BRUQUE CARMONA, G., RIOJA, L.M., FRAILE-NÚÑEZ, E., RAMOS-SEGURA, A., BERMEJO, J.I., GARCÍA-MUÑOZ, R., BERNARDEAU-ESTELLER, J., BELANDO TORRENTE, M., GONZÁLEZ, A., BARDISA, E., ARRESE, B., RUÍZ-FERNÁNDEZ, J.M. (2017): *Estudio del fondo marino de la laguna costera del Mar Menor, Murcia. Informe final (Abril-Junio 2017)*. Madrid.
- GONZÁLEZ-BERNÁLDEZ, F. (1981): *Ecología*. Barcelona.
- Gusick, A.E., Maloney, J., Braje, T.J., Retallack, G.J., Johnson, L., Klotsko, S., Ainis, A.F., Erlandson, J.M.. (2022): "Soils and terrestrial sediments on the seafloor: Refining archaeological paleoshoreline estimates and paleoenvironmental reconstruction off the California coast", *Frontiers in Earth Science*, 10, pp. 1-18.
- HEINE, E. (2017): "Pfahlbausiedlung 'See' am Mondsee: Multischwinger-Sub-Bottom-Profiler und hochauflösende Fächerecholote für die umweltwissenschaftliche und archäologische Prospektion", en Hanke, K., Weinold, T. (eds.), *19. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2017*, pp. 253-257. Berlin/Offenbach.
- HEINE, E., KOGELBAUER, I., PROKOPH, A., LOISKANDL, W. (2014): "Hydrographic Surveying of the Steppe Lake Neusiedl. Mapping the Lake Bed Topography and the Mud Layer", *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation (PFG)*, 5, pp. 339-350.
- HERNÁNDEZ, J.M. (1996): "El Mar Menor. Relaciones, diferencias y afinidades entre la laguna costera y el Mar Mediterráneo adyacente", *Instituto Español de Oceanografía-Misc.*, 7, pp. 1-301.
- LEYVA CABELLO, F., CABRA GIL, P. (2010): *Memoria del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, 2ª serie, 1ª edición, Hoja nº 956, San Javier*. Madrid.
- LI, T., HUANG, Z., ZHANG, X., MENG, F., PEI, Y., GUO, J. (2023): "Application of pseudo-3D sub-bottom profile imaging technology in small submarine target detection", *Research Square*, 73, pp. 393-405.
- LILLO CARPIO, M.J. (1981): "Geomorfología litoral del Mar Menor", *Papeles del Departamento de Geografía*, 8 (1), pp. 281-295.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F., CALVO GARCÍA-TORNEL, F., MORALES GIL, A. (1986): *Geografía de la Región de Murcia*. Barcelona.
- LÓPEZ LÓPEZ, A. (2025): "Datos sobre algunos vasos cerámicos del Bronce Tardío de Cala del Pino (Cartagena, Murcia)", *Mastia: Revista del Museo Arqueológico Municipal de Cartagena*, 18, pp. 31-38.
- LOWAG, J., PYDYN, A., POPEK, M., WUNDERLICH, J. (2026): "Rapid investigation of shallow underwater archaeological sites with parametric multi-transducer sub-bottom profilers", *Journal of Applied Hydrography*, 3, pp. 16-22.
- MARTÍN CAMINO, M., ROLDÁN BERNAL, B. (1995): "Informe de la excavación de urgencia en el Cerro de Calnegre (Cala del Pino, La Manga del Mar Menor). Año 1987", *Memorias de Arqueología*, 3, pp. 99-108.

MARTÍNEZ, J., ESTEVE, M. (2007): “Gestión integrada de cuencas costeras: dinámica de los nutrientes en la cuenca del Mar Menor (sudeste de España)”, *Revista de Dinámica de Sistemas*, 3, pp. 2-23.

MISSIAEN, T. (2010): “The potential of seismic imaging in marine archaeological site investigations”, *Relicta*, 6, pp. 219-236.

MISSIAEN, T., EVANGELINOS, D., CLAERHOUT, C. *et al.* (2018): “Archaeological prospection of the nearshore and intertidal area using ultra-high resolution marine acoustic techniques: Results from a test study on the Belgian coast at Ostend-Raversijde”, *Geoarchaeology*, 33 (3), pp. 386-400.

MISSIAEN, T., SLOB, E., DONSELAAR, M.E. (2008): “Comparing different shallow geophysical methods in a tidal estuary, Verdrongen Land van Saeftinge, Western Scheldt, The Netherlands”, *Netherlands Journal of Geosciences*, 87 (2), pp. 151-164.

NIETO PRIETO, X. (2019): “La evolución conceptual de la arqueología subacuática”, *Pyrenae*, 50(1), pp. 7-29.

PÉREZ-RUZAF, A., MARCOS, C., GILABERT, J. (2005): “The Ecology of the Mar Menor Coastal Lagoon: a fast changing ecosystem under human pressure”, en Gönenç, I.E., Wolflin, J.P. (eds.), *Coastal lagoons. Ecosystem processes and modeling for sustainable use and development*, pp. 392-422. Boca Ratón.

PÉREZ-RUZAF, A., MARCOS, C., ROS, J.D. (1987): “Evolución de las características ambientales y de los poblamientos del Mar Menor (Murcia, SE de España)”, *Anales de Biología*, 12, pp. 53-65.

RAMALLO ASENSIO, S.F., ROS SALA, M.M., CEREZO ANDREO, F., MANTECA MARTÍNEZ, J.I., RODRÍGUEZ ESTRELLA, T., NAVARRO HERVÁS, F., MARTÍNEZ ANDREU, M., TORRES PÉREZ-HIDALGO, T., GARCÍA LEÓN, J., FERNÁNDEZ DÍAZ, A. (2016): “Carthago Nova: topografía y urbanística de una urbe mediterránea privilegiada: el Proyecto Arqueotopos”, *Actas del V Congreso Internacional de Arqueología Subacuática (IKUWA V)*, pp. 513-528. Madrid.

RAMALLO ASENSIO, S.F., ROS SALA, M.M., CUTILLAS VICTORIA, B., CEREZO ANDREO, F. (2020): “Interacción fenicia y púnica en el sector central del sureste ibérico: aportaciones desde el proyecto Arqueotopos III”, en Celestino Pérez, S., Rodríguez González, E. (coords.), *Un viaje entre el Oriente y el Occidente del Mediterráneo: IX Congreso Internacional de Estudios Fenicios y Púnicos*, vol. 4, pp. 1813-1820. Mérida.

RIZZO, A., SCICCHITANO, G., MASTRONUZZI, G. (2024): “A set of guidelines as support for the integrated geo-environmental characterization of highly contaminated coastal sites”, *Scientific Reports*, 14 (1), pp. 1-19.

ROMERO DÍAZ, A., BELMONTE SERRATO, F. (2011): “El Campo de Cartagena: una visión global”, *Instituto Mediterráneo del Agua*, pp. 17-48.

ROSSELLÓ, V.M. (1993): “Albuferas mediterráneas”, *Cuadernos de Geografía de la Universitat de València*, 53, pp. 35-64.

SEISDEDOS, J., MULAS, J., GONZÁLEZ DE VALLEJO, L.I., RODRÍGUEZ FRANCO, J.A., GRACIA, F.J., DEL RÍO, L., GARROTE, J. (2013): “Estudio y cartografía de los peligros naturales costeros de la región de Murcia”, *Boletín Geológico y Minero*, 124 (3), pp. 505-520.

SOMOZA, L. (1989): *Estudio del Cuaternario litoral entre Cabo de Palos y Guardamar (Murcia-Alicante). Las variaciones del nivel del mar en relación con el contexto geodinámico*. Madrid.

WILKEN, D., HADLER, H., WUNDERLICH, T. *et al.* (2022): “Lost in the North Sea – Geophysical and geoarchaeological prospection of the Rungholt medieval dyke system (North Frisia, Germany)”, *PLoS ONE*, 17 (4), pp. 1-22.

WILKEN, D., WUNDERLICH, T., HOLLMANN, H. *et al.* (2019): “Imaging a medieval shipwreck with the new PingPong 3D marine reflection seismic system”, *Archaeological Prospection*, pp. 211-223.

WINTON, T. (2023): “Application of Parametric Sub-Bottom Profilers for Responsible in Situ Management of Underwater Shallow-Buried Archaeological Materials”, *Historical Archaeology*, 57(1), pp. 188-208.

WUNDERLICH, J., WENDT, G., MÜLLER, S. (2005): “High-resolution Echo-sounding and Detection of Embedded Archaeological Objects with Nonlinear Sub-bottom Profilers”, *Marine Geophysical Researches*, 26, pp. 123-133.

LISTADO DE PARTICIPANTES

LISTADO DE PARTICIPANTES EN EL VOLUMEN

Dr. Albert Ribera i Lacomba. Institut Català d'Arqueologia Clàssica.

Dra. Ana Blázquez. Instituto Universitario de Medio Ambiente y Ciencias Marinas, Universidad Católica de Valencia.

D. Antonio P. Guilabert Mas. Museo Arqueológico de Alicante (MARQ).

Dr. Benjamín Cutillas Victoria. Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología. UCM.

Dr. Carlo Beltrame. Dipartimento di Studi Umanistici. Università Ca'Foscari, Venezia,

Dra. Carlotta Lucarini. Dipartimento di Studi Umanistici. Università Ca'Foscari, Venezia -

Dra. Corinne Rousse. Aix Marseille Université, CNRS, Centre Camille Jullian, Aix-en-Provence, France.

Dra. Corinne Sanchez. CNRS, Laboratoire Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, Montpellier, France).

Dr. Daniel Mateo Corredor. Instituto de Arqueología y Patrimonio Histórico – (INAPH). Universidad de Alicante.

Dra. Dirce Marzoli. Instituto Arqueológico Alemán.

Dña. Elisa Hernández Pastor. Museu d'Arqueologia de Catalunya, Empúries.

Dr. Enrico Giorgi. Dipartimento di Storia Culture Civiltà. Università di Bologna.

Dr. Erwin Heine. BOKU University, Vienna.

Dña. Eva Tendero Porras. Museo Arqueológico de Alicante (MARQ).

Dra. Federica Carbotti. Dipartimento di Storia Culture Civiltà. Università di Bologna-Università del Salento.

D. Felipe Poquet Domenech. Instituto de Arqueología y Patrimonio Histórico. (INAPH). Universidad de Alicante.

Dr. Ferréol Salomon. CNRS, Université de Strasbourg, LIVE, Strasbourg, France.

Dra. Francisca Navarro Hervás. Departamento de Geografía, Universidad de Murcia

D. Giacomo Sigismondo. Dipartimento di Beni Culturali–Università di Bologna-Università del Salento.

Dr. Ignacio Grau. Instituto de Arqueología y Patrimonio Histórico (INAPH.). Universidad de Alicante.

D. Ignacio López-Cilla. Departamento de Infraestructura Geocientífica y Servicios, IGME. Madrid.

Dr. Jaime Molina Vidal. Instituto de Arqueología y Patrimonio Histórico (INAPH). Universidad de Alicante.

Dr. Joaquim Tremoleda i Trilla. Museu d'Arqueologia de Catalunya, Empúries.

Dr. Joé Juncker. CNRS, Université de Strasbourg, LIVE, Strasbourg, France.

Dr. Jose Eugenio Ortiz Menéndez. Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular, E.T.S.I. Minas y Energía de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.

D. José Iborra Rodríguez. Arqueólogo posgrado Col.4437 CDLRM

Dr. José Luis Menéndez Fueyo. Museo Arqueológico de Alicante (MARQ).

D. Luis A. Galán de Frutos. Departamento de Infraestructura Geocientífica y Servicios, IGME. Madrid.

Dr. Manuel Olcina Domenech. Museo Arqueológico de Alicante (MARQ).

Dr. Marc Bouzas Sabater. Departament Història i Història de L'art . Universitat de Girona.

Dña. Marta Santos Retolaza. Museu d'Arqueologia de Catalunya, Empúries.

Dra. Milagros Ros Sala. Departamento de Prehistoria, Arqueología, Historia Antigua Historia Medieval y Ciencias y Técnicas Historiográficas, Universidad de Murcia.

Dr. Paolo Mozzi. Dipartimento di Geoscienze. Università degli studi di Padova.

D. Pere Rosello Sendra. Instituto de Arqueología y Patrimonio Histórico – INAPH. Universidad de Alicante

Dr. Pere Castanyer i Masoliver. Museu d'Arqueologia de Catalunya, Empúries.

Dr. Marcos A. Martínez Segura. Depto. Geodesia, E. Minas. Universidad Politécnica de Cartagena.

Dr. Ramon Julià Brugués. Grup de Recerca SERP. Universitat de Barcelona.

D. Santiago A. Romero. Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular, E.T.S.I. Minas y Energía de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.

Dr. Sebastián F. Ramallo Asensio. Departamento de Prehistoria, Arqueología, Historia Antigua Historia Medieval y Ciencias y Técnicas Historiográficas, Universidad de Murcia.

Dr. Stefano Medas. Dipartimento di Beni Culturali .Università di Bologna.

Dra. Tiphaine Salel. Université Montpellier Paul-Valéry, Laboratoire Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, Montpellier, France.

Dr. Tomás Rodríguez-Estrella. Departamento de Ingeniería Minera, Geológica y Cartográfica, Universidad Politécnica de Cartagena.

Dr. Trinidad Torres Pérez Hidalgo. Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular, E.T.S.I. Minas y Energía de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.

Dra. Yolanda Sánchez-Palencia. Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular. E.T.S.I. Minas y Energía de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.

Medios lagunares y húmedos costeros: problemáticas terminológicas, tipológicas y perspectivas arqueológicas.

Carlotta Lucarini.

Investigaciones arqueológicas marítimas en la laguna de Butrinto, Albania.

Stefano Medas, Enrico Giorgi, Federica Carbotti y Giacomo Sigismondo.

La laguna di Venezia in età romana. Nuovi dati sullo studio dei paesaggi sommersi.

Carlo Beltrame y Paolo Mozzi.

Las áreas lagunares de la desembocadura del Ródano y la región de Narbona.

Corinne Rousse, Ferreol Salomon, Joe Juncker, Tiphaine Salel y Corinne Sánchez.

Paleopaisaje y poblamiento en el territorio de Empúries (Girona).

Pere Castanyer, Ramón Juliá, Dirce Marzoli, Marc Bouzas, Marta Santos, Elisa Hernández y Joaquim Tremoleda.

La llanura aluvial de Valencia: historia y arqueología de la radical transformación del entorno y de la topografía de la urbe.

Albert Ribera i Lacomba.

La albufereta de Alicante. Evolución de un paraje histórico.

Antonio Gilabert Mas, José Luis Menéndez Fueyo, Manuel Olcina Doménech y Eva Tendero Porras.

Paisaje, poblamiento y gestión del agua entre el *sinus sucronensis* y el *sinus ilicitanus*.

Ignacio Grau Mira, Jaime Molina Vidal, Pere Rosselló Sendra, Felipe Poquet Doménech y Daniel Mateo Corredor.

Inmensa Palus: estudio geofísico y arqueológico de la laguna del Mar Menor y su litoral mediterráneo.

Erwin Heine, Carlotta Lucarini, Benjamín Cutillas Victoria y Sebastián F. Ramallo Asensio.

Biomarcadores lipídicos y contaminación por metales en el registro del holoceno de la bahía de Cartagena (Sureste de España): historia ambiental, natural y antropogénica combinada en la época púnica y romana.

José Eugenio Ortiz, Trinidad Torres, Yolanda Sánchez-Palencia, Milagros Ros Sala, Sebastián F. Ramallo Asensio, Ignacio López-Cilla, Luis A. Galán, Ignacio Manteca, Tomás Rodríguez-Estrella y Ana Blázquez.

El registro pleistoceno y holoceno de la cuenca de Mazarrón (Sureste de España).

Trinidad Torres, José Eugenio Ortiz, Yolanda Sánchez-Palencia, Milagros Ros Sala, Francisca Navarro Hervás, Ignacio López-Cilla, Luis A. Galán, Sebastián F. Ramallo Asensio, Tomás Rodríguez-Estrella y Ana Blázquez.

La costa de Almería, San Juan de los Terreros: cuantificación de los procesos naturales y antrópicos durante el holoceno.

Santiago Alejandro Romero García, Trinidad Torres, José Eugenio Ortiz y Yolanda Sánchez-Palencia.

La villa romana de Los Alcázares: un gran complejo arquitectónico en el borde del Mar Menor.

José Iborra Rodríguez, Sebastián F. Ramallo Asensio y Marcos A. Martínez Segura.