



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

## El yacimiento subacuático de Cala Culip.

Evaluación de su función a partir del análisis del Paisaje Cultural Marítimo

TREBALL FINAL DE GRAU D'ARQUEOLOGIA

CURS 2018/2019

Mauro Frontini Miguel

NIUB: 16706395

Arqueologia Clàssica i Antiguitat Tardana

Tutor: Verònica Martínez Ferreras

## **Agradecimientos**

Quisiera agradecer, sobre todo, a la Dra. Verònica Martínez Ferreras por sus aportaciones que han sido de gran valor para la realización de este trabajo y por su dedicación. Darle las gracias no solo por su apoyo en este Trabajo de Final de Grado sino por su implicación y consejos en otros ámbitos académicos.

También agradecer a los miembros del Departament de Geografia de la Universitat de Barcelona, en concreto, al Dr. Antoni Carneros Escudero y el Dr. Filipe Ferreira Carvalho por su tiempo y ayuda en la implementación de los Sistemas de Información Geográfica para realizar los análisis espaciales.

## **Resumen**

En el presente trabajo se han analizado los restos materiales del yacimiento de Cala Culip (Cap de Creus, Girona), y los condicionantes náuticos y técnicos de la zona, con el fin de evaluar la función de la cala en relación a las rutas marítimas del Mediterráneo noroccidental en época tardo-republicana y alto-imperial romana. Desde la perspectiva metodológica del estudio del Paisaje Cultural Marítimo y haciendo uso de las nuevas tecnologías y bases de datos disponibles, este trabajo permite descartar las hipótesis planteadas hasta el momento sobre el uso de la Cala como fondeadero. Si bien no se trata de un estudio concluyente ni excluyente, sí contribuye al conocimiento de los sistemas y dinámicas de navegación comercial, en ambas direcciones, entre *Hispania Citerior-Tarraconensis* y la *Gallia Narbonensis*.

Palabras Claves: Cala Culip; rutas marítimas; fondeadero; época tardo-republicana romana; época alto-imperial romana; Paisaje Cultural Marítimo; Condicionantes náuticos.

## **Abstract**

*The present paper analyzes the material remains of the archeological site in “Cala Culip” (Cap de Creus, Girona) as well as the nautical and technical constraints of the area. The goal of that is to evaluate the role of the cove regarding the maritime routes of the Northwestern Mediterranean Sea in late Roman-Republican era and high-imperial era. Through the methodological perspective of Cultural Maritime Landscape studies and having used the latest technologies and databases available, the results allow for the rejection of the hypothesis supporting the usage of “Cala Culip” as an anchorage in those periods. Considering this paper as neither conclusive nor excluding, it contributes to the knowledge and understanding of the commercial navigation dynamics in both Hispania Citerior-Tarraconensis and Gallia Narbonensis ways.*

*Keywords: Cala Culip; maritime routes; anchorage; Late Roman-Republican era; Roman high-imperial period; Cultural Maritime Landscape; nautical constraints.*

# ÍNDICE

## Agradecimientos

<b>1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Estado de la cuestión</b> .....	<b>3</b>
<b>3. Metodología</b> .....	<b>7</b>
<b>4. Análisis de los materiales</b> .....	<b>12</b>
4.1 Análisis de los pecios: El Culip IV y el Culip VIII .....	12
4.2 Análisis del Culip I, II, III, V y VII: .....	18
4.3 El flujo comercial marítimo y caracterización inicial del complejo arqueológico entre época tardo-republicana y época alto-imperial romana .....	19
<b>5. Análisis de los condicionantes náuticos</b> .....	<b>20</b>
5.1 Condiciones generales del Mediterráneo .....	20
5.2 Análisis de los vientos .....	21
5.3 Análisis del oleaje .....	25
5.4 Efectos del viento y el oleaje provocados por la orografía del territorio .....	28
5.5 Análisis de las corrientes .....	29
5.6 Análisis de visibilidad .....	30
<b>6. Discusión</b> .....	<b>32</b>
<b>7. Conclusiones</b> .....	<b>38</b>
<b>8. Bibliografía</b> .....	<b>40</b>
8.1. Páginas web .....	48

Anexo 1

Anexo 2

## 1.Introducción

Cala Culip se sitúa geográficamente al noreste de Catalunya, en la cara norte del promontorio de Cap de Creus. Éste se formó a partir del contacto de los Pirineos con el Mar Mediterráneo Noroccidental, y responde a un accidente orográfico que separa dos regiones climáticas: Al norte el Golfo de León y al sur el Golfo de Roses. Esta ubicación particular del cabo genera unas condiciones náuticas de riesgo, pero es un punto de paso obligado para las rutas que unen la Península ibérica y el suroeste francés (Nieto *et al.*, 1989; Carreras *et al.*, 2004). Cala Culip es una cala abierta al norte y protegida de los vientos y el oleaje que vienen del oeste, sur y este (fig. 1).

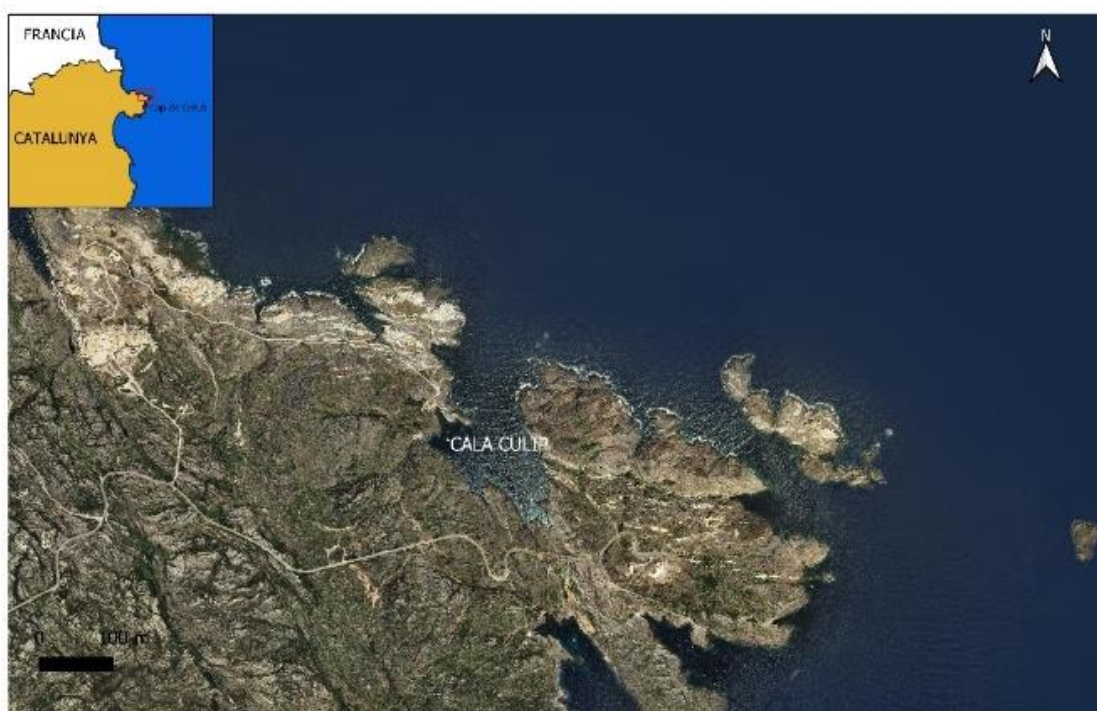


Figura 1: Ubicación de Cala Culip. Mapa de elaboración propia.

A partir de las investigaciones y las excavaciones arqueológicas realizadas a finales del siglo pasado y a principios de éste, se ha caracterizado Cala Culip como un yacimiento arqueológico subacuático de gran relevancia, constituido por siete pecios de época romana y uno de época medieval. A raíz de las intervenciones arqueológicas intensivas realizadas en los pecios Culip IV (Nieto *et al.*, 1989) y Culip VIII (Carreras *et al.*, 2004), se ha propuesto la utilización de la cala como un lugar de fondeo en las rutas que unían *Hispania Citerior (Tarraconensis)* a partir de Augusto) y la *Gallia Narbonensis* entre el siglo I a.C. y el siglo I d.C (Nieto, 1989a, 1989f, 2004b). Esta hipótesis ha sido fundamentada en las características físicas del accidente geográfico y en su ubicación. De sus características físicas se destaca que es una cala de medias dimensiones, que cuenta con una pequeña zona a rasero para pernoctar situada al suroeste y que, actualmente, existe una fuente de agua dulce. Otro elemento determinante para atribuirle una posible función de fondeadero es su ubicación. En los casos de Culip IV y Culip VIII, dos barcos que seguían la ruta norte-sur, procedentes seguramente de Narbona, la ubicación de Cala

Culip permitiría una parada técnica realizada con luz diurna en su ruta hacia el puerto de destino, posiblemente Empúries.

Si bien la función de Cala Culip como fondeadero ha sido comúnmente aceptada, creemos que las particularidades orográficas de la Cala y las singularidades climatológicas del Cap de Creus no se corresponden a las esperadas en un área de descanso de embarcaciones comerciales a vela. Por otro lado, se hace necesaria una reevaluación de los materiales arqueológicos recuperados para evaluar si corresponden a los característicos de un área de fondeo de barcos. En el presente trabajo aplicamos nuevas técnicas de análisis centradas en la evaluación de los condicionantes náuticos para, desde la aproximación metodológica del Paisaje Cultural Marítimo, evaluar la idoneidad o no de Cala Culip como lugar de fondeo de las embarcaciones que seguían la ruta comercial marítima ya mencionada en ambas direcciones.

Como hipótesis explicativa de la concentración de naufragios en la cala, proponemos que este hecho se deba al uso de la cala no como área de fondeo, sino como zona de refugio y protección de las embarcaciones ante una situación de navegación adversa.

La metodología del Paisaje Cultural Marítimo (Westerdahl, 1992; Ford, 2011) nos dice que hay una interacción entre la cultura, el tiempo y el espacio, que no existe el uno sin el otro. Indica que, cuando realicemos un estudio de los yacimientos arqueológicos, debemos hacerlo con una mirada multidisciplinar, atendiendo a que no hay un solo factor que nos individualiza el complejo, sino que es fruto de varios agentes que intervienen en ese lugar y lo caracterizan a través del tiempo. El análisis del Paisaje Cultural Marítimo es una herramienta, un enfoque, que abre una nueva vía para seguir progresando en el estudio de los yacimientos arqueológicos subacuáticos atendiendo y respondiendo, en la medida de lo posible, a cuestiones que en ocasiones no han tenido un papel destacado en las investigaciones arqueológicas (Cerezo, 2016).

Utilizando este enfoque, pretendemos, en primera instancia, analizar el conjunto material derivado de las investigaciones arqueológicas previas realizadas en el yacimiento para establecer una primera caracterización de la cala (Nieto *et al.*, 1989 y 2001; Carreras *et al.*, 2004). Este análisis se centrará en cuatro factores fundamentales y recíprocos: Una ubicación de los materiales, su representatividad, un marco cronológico de estudio y un flujo marítimo comercial.

En nuestro caso, el yacimiento será estudiado desde una cronología entre el cambio de Era y la época Alto-imperial romana, momento en el que se intensifican las dinámicas comerciales marítimas estableciendo nuevas rutas y flujos entre la *Hispania Citerior-Tarraconensis* y la *Gallia Narbonensis* (Martínez, 2015).

En segunda instancia, estudiaremos las causas del hundimiento en la Cala Culip de los pecios de época romana identificados hasta el momento. Analizaremos los condicionantes náuticos (Izquierdo, 1996; Arnaud, 2005; Ayuso, 2005; Díez Cusí, 2005; Cerezo, 2016) que presenta la ubicación de nuestro yacimiento, para poder profundizar en los fenómenos que pudieron provocar la localización del material en un punto geográfico determinado.

Empleando las nuevas tecnologías y las bases de datos recientemente disponibles, hemos podido aproximarnos al estudio y análisis de los parámetros climáticos, meteorológicos y orográficos que caracterizan a Cala Culip, representando un *corpus* de información amplio que nos permitirá examinar el yacimiento desde el punto de vista arqueológico, marítimo y náutico. Una vez establecida la caracterización arqueológica y náutica, las relacionaremos con las características arquitectónicas (De Juan, 2013) y la capacidad de maniobra (Medas, 2004 y 2009) de las embarcaciones.

La intención de este trabajo es ampliar e innovar en los elementos de caracterización del yacimiento arqueológico subacuático de Cala Culip incorporando uno de los múltiples enfoques analíticos que engloba la metodología del Paisaje Cultural Marítimo, con el objetivo de determinar si esta cumplía las condiciones para ser usada como fondeadero entre el siglo I a.C. y el siglo I d.C.

## **2. Estado de la cuestión**

Las primeras noticias de la presencia de material arqueológico en Cala Culip proceden de 1918 cuando unos pescadores de coral exploraron el fondo de la cala encontrando fragmentos y ánforas completas que, supuestamente, acabaron vendiéndose en mercados de Barcelona<sup>1</sup>.

En 1955 y 1956, un equipo del Centro de Recuperación e Investigaciones Submarinas (CRIS), dirigido por el Dr. Miquel Oliva i Prat efectuó algunas inmersiones a la entrada de la cala, pudiendo recuperar 73 fragmentos de ánforas asociados a la tipología Pascual 1 y objetos de cerámica comuna. Estas investigaciones se realizaron sin la individualización de los yacimientos y solo se constató la existencia de material arqueológico (fig. 2) (Nieto y Raurich, 1998; Millet 1998).

---

<sup>1</sup> Información extraída del fondo documental del CASC. Miró y Canals, J. *Aproximació a la Carta Arqueològica Submarina de Catalunya*. Tesis de Licenciatura. Barcelona: Departament de Prehistòria i Història Antiga, Universitat de Barcelona, 1980.



Figura 2: Mapa de la Zona de investigación realizado por el CRIS. Extraído del fondo documental del Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya.

En 1958 miembros del CRIS, encontraron en la zona de la entrada de la cala (peu del Faralló) diversos restos de ánforas homogéneos asociados a la tipología Dressel 38/Pelichet 46, y asumieron que se trataba del cargamento de un pecio. También se encontró en proximidad a esta zona un cepo de plomo.<sup>2</sup>

Las intervenciones arqueológicas realizadas por el *Centre d'Investigacions Arqueològiques de Girona* entre 1984 y 1988 (Nieto *et al.*, 1989) con el motivo de identificar los diferentes yacimientos arqueológicos situados en la cala, resultaron en la individualización de seis pecios, que fueron denominados Culip I, II, III, IV, V, VI.

Culip I estaba situado al sur de la cala, donde se recogieron diversos fragmentos de Pascual 1. No se detectaron indicios de restos de la embarcación o de otros materiales. La localización del Culip II se enmarcaría en la misma zona, pero fue expoliado hasta el punto de no poder realizar ninguna investigación (Nieto *et al.*, 1989). El Culip III se localizó en la entrada de la cala y se le atribuyó un cargamento de ánforas vinarias Pascual 1, el ya mencionado en las investigaciones de 1956 (Nieto y Raurich, 1998), si bien en los años 1980 se individualizó como pecio (Nieto *et al.*, 1989).

En el transcurso de estas campañas arqueológicas (Nieto *et al.*, 1989), se realizó la primera excavación completa de un pecio en Catalunya por una institución arqueológica: el Culip IV, situado al sur de la cala, a pocos metros del Culip I. Culip IV es uno de los pecios de esta cala que proporciona más información debido a la gran evidencia de material arqueológico recuperado, que presenta una cronología Vespasiana. El cargamento principal de este pecio está compuesto mayoritariamente por ánforas Dressel 20 y piezas de vajilla de *Terra Sigillata* sud-gálica asociada a las producciones de la Graufesenque (Millau, Francia), así como cerámica de paredes finas, lámparas y diversas

<sup>2</sup> Información extraída del fondo documental del CASC. Miró y Canals, J. *Aproximació a la Carta Arqueològica Submarina de Catalunya*. Tesis de Licenciatura. Barcelona: Departament de Prehistòria i Història Antiga, Universitat de Barcelona, 1980.

tipologías de ánforas que complementan el cargamento principal, al que cabe sumar los objetos de la tripulación. Gracias a los estudios realizados se ha podido establecer una cronología enmarcada en la segunda mitad del siglo I d.C., una ruta de la nave y del cargamento y varias hipótesis relativas a la arquitectura naval (Nieto *et al.*, 1989).

Por otro lado, también se individualizó el material homogéneo encontrado en los *farallons*, a la entrada de Cala Culip, y se interpretaron como pertenecientes al pecio Culip V, caracterizado por un cargamento de ánforas del tipo Pelichet 46, también denominadas Dressel 38 o Beltrán IIA (Nieto *et al.*, 1989). Estos envases fueron fabricados en la costa bética durante el siglo I d.C. y hasta mediados del s. II d.C. para transportar el salsas y conservas de pescado producidas en la zona (García y Bernal, 2008).

Aunque no formará parte de nuestro trabajo, mencionamos que estas investigaciones de los años 80 y 90 atestiguaron el pecio Culip VI al sur de la cala, a pocos metros del Culip I y el Culip IV, de cronología medieval (Nieto *et al.*, 1989; Palou *et al.*, 1998).

El avance de las investigaciones en la zona donde se encontraron el Culip IV y el Culip VI concluyó que había indicios de la posible localización de otro pecio en la zona, con un cargamento de ánforas vinarias Dressel 1, que posteriormente ha sido individualizado como Culip VII (Nieto *et al.*, 1989).

Las nuevas campañas arqueológicas realizadas en la cala por El *Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya* entre 2002 y 2003 permitieron la localización de un estrato de fragmentos de ánforas Haltern 70 de origen Bético y fechadas entre mediados del s. I a.C. y finales del s. I d.C. A partir de ese hallazgo, se sucedieron los trabajos arqueológicos individualizando, al término de estos, el pecio Culip VIII, situado en la zona este de la cala a la altura de Punta Blanca. Este pecio, fechado en época del emperador Augusto, presenta un cargamento homogéneo principal de Haltern 70 y un cargamento adscrito a la tripulación de ánforas vinarias Pascual 1 de la *Tarraconensis* y ánforas oleícolas Dressel 20 del Guadalquivir. Se le ha atribuido una ruta comercial redistributiva desde el puerto de Narbona (Carreras *et al.*, 2004).

En base a los datos aportados por estas investigaciones arqueológicas desarrolladas en la cala, algunos investigadores han propuesto un uso del enclave como fondeadero en las rutas comerciales que unían *Hispania* con el sur de la *Gallia* (Nieto *et al.*, 1989; Carreras *et al.*, 2004).

El yacimiento arqueológico subacuático de Cala Culip se enmarca en una zona de riesgo para la navegación marítima, atestiguada por la gran cantidad de yacimientos subacuáticos y, en especial, pecios de época romana, que se encuentran en las calas, islas y bahías circundantes y que presentan unas cronologías parecidas (fig. 3) (Nieto *et al.*, 1989).





Figura 3: Mapa de la Zona de investigación donde se marca la dispersión de restos arqueológicos subacuáticos encontrados. Extraído del fondo documental del *Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya*.

Existen diversas recopilaciones de yacimientos subacuáticos de la zona de Cap de Creus clasificados por su cargamento. Entre estos destacan el trabajo de Millet (Millet, 1998), en el que nos ofrece una distribución espacial de los yacimientos subacuáticos que presentan una tipología de ánforas asociada a un origen bético, o el estudio de Nieto y Raurich (1998), que ofrece la distribución espacial de los yacimientos que presentan ánforas Pascual 1. La información que nos ofrecen estas recopilaciones pone de relieve que la zona de nuestro estudio presenta un complejo arqueológico material de gran relevancia para la investigación.

Como hemos apuntado, Cala Culip ha sido el escenario de diversas actividades relativas a la localización de material arqueológico y al estudio y análisis de este, desde los años 1950 del siglo pasado (Nieto y Raurich, 1998; Nieto *et al.*, 1989; Carreras *et al.*, 2004). Estas investigaciones, sobre todo las más tempranas, sirvieron para hacer conocer el yacimiento, hecho que posteriormente favoreció la investigación. Pero también provocaron muchos de los problemas de documentación arqueológica debido a sus carencias metodológicas, que actualmente dificultan la investigación. Relacionado con las noticias de los primeros hallazgos y a raíz de las publicaciones posteriores, el complejo arqueológico sufrió continuamente expolios por parte de submarinistas, creando un vacío material y documental que ha condicionado las investigaciones posteriores (Nieto y Raurich, 1998).

Las campañas arqueológicas y las investigaciones sistemáticas realizadas por *el Centre d'Investigacions Arqueològiques de Girona* en la década de 1980 y más adelante por *el Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya*, nos han aportado el corpus de conocimientos sobre la que basamos en gran medida este trabajo (fig. 4).

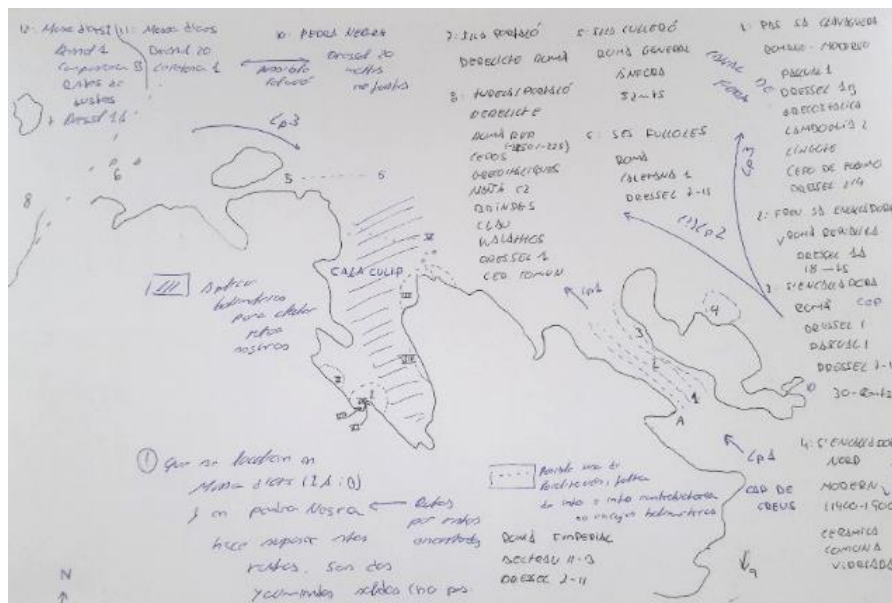


Figura 4: Mapa de distribución aproximativa de los materiales arqueológicos de Cala Culip derivado de la investigación y análisis realizada en del fondo documental del *Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya* en relación con la zona de Cap de Creus. (elaboración propia)

### 3. Metodología

Cala Culip es un yacimiento arqueológico subacuático localizado en un paisaje marítimo. Para poder ser analizado, hemos de aplicar una metodología que nos permita establecer las relaciones culturales que tienen lugar o derivan del contacto de lo marítimo y lo terrestre. En este trabajo, aplicaremos las bases metodológicas del Paisaje Cultural Marítimo desarrollado por Westerdahl (Westerdahl, 1992) y más recientemente por B. Ford (Ford, 2011). En el ambiente marino, los agentes climáticos y meteorológicos son fundamentales para el desarrollo de las actividades marítimas, caracterizando los espacios y la navegación. Para ello, utilizaremos la metodología de análisis de los condicionantes náuticos y técnicos desarrollados por Izquierdo (1996, 2009), Díez Cusí (2005), Ayuso (2005). Además, este estudio se enmarca en las líneas de investigación aplicadas recientemente por F. Cerezo en yacimientos marítimos del sureste de España (Cerezo 2012, 2014a, 2014b, 2015, 2016) quién utiliza e implementa los Sistemas de Información Geográfica para realizar análisis espaciales que complementan y respaldan sus estudios. El objetivo es comprender cuál es la función marítima del espacio de Cala Culip y acercarnos a las características de la navegación en esa zona determinada en época romana. Estas propuestas metodológicas se asientan sobre la base del estudio previo del yacimiento arqueológico. En este trabajo, analizaremos los restos arqueológicos pertenecientes a las embarcaciones y al cargamento encontrados en Cala Culip, con vistas de asociar estos restos a un flujo comercial y poder otorgar una funcionalidad al yacimiento.

Como hemos observado en el apartado dedicado al estado de la cuestión, este yacimiento presenta un alto grado de expolio y unas carencias documentales derivadas de las actuaciones realizadas a principios de la segunda mitad del siglo XX. En este sentido, atendemos a que la historia de la investigación del yacimiento está sesgada y

condicionada por la historia de su expolio. Así se ha evidenciado, principalmente, en cinco de los ocho pecios identificados hasta el momento en la cala, los denominados Culip I, Culip II, Culip III, Culip V y Culip VII.

Según calificaría Nieto y Raurich (1998, 113) “*Les mancances a les que ens referim procedeixen, prinipalment, de les actuacions que es feren en la dècada dels 60 y 70, les quals no destacaven precisament per la sistematització i la metodologia del treball de documentació. Manquen els inventaris dels materials, no es realitzen les planimetries adequades ni tampoc es féu gaire cas del objectes molt fragmentats o poc espectaculars, i, per tant, es van perdre informacions que avui en dia son imprescindibles en tota anàlisi d’un jaciment subacuàtic. No cal, evidentment oblidar el paper de l’espoliació de vaixells sencers, fins a dates massa recents i el que això suposa per al coneixement d’aquests derelictes.*”

Derivado de estos fenómenos, el material arqueológico de que disponemos en Cala Culip presenta diversos problemas cuando queremos realizar un estudio de los materiales. Estos han sido individualizados y catalogados como restos del cargamento o de la nave de ocho pecios de los cuales solo se han investigado en profundidad dos de ellos (Nieto *et al.*, 1989; Carreras *et al.*, 2004). Del resto de pecios, *a priori*, es difícil extraer datos completos de su situación exacta, de su cargamento o del tipo de embarcación, entre otras consideraciones.

El análisis de los materiales se realizará en dos bloques. En primera instancia, se estudiarán los pecios que han sido investigados más intensamente, el Culip IV y el Culip VIII. El volumen de datos sobre los materiales arqueológicos generados por las investigaciones de estos dos pecios es fundamental en nuestro estudio. En segunda instancia se analizarán de manera conjunta los materiales que no se han estudiado sistemáticamente y que se han atribuido a los pecios Culip I, Culip II, Culip III, Culip V y Culip VII. Este conjunto de materiales arqueológicos subacuáticos, aunque no hayan sido estudiados en profundidad, caracterizan el yacimiento arqueológico (Nieto *et al.*, 1989) y, por lo tanto, creemos necesario incluirlos en el análisis. Con el estudio de los restos arqueológicos relacionados con cada pecio pretendemos enmarcar cronológicamente nuestro yacimiento, y caracterizar los materiales a partir de las monografías de referencia (Nieto *et al.*, 1989; Carreras *et al.*, 2004) para finalmente establecer un flujo marítimo derivado de unas rutas comerciales determinadas asociadas a estos materiales arqueológicos.

Estas rutas han sido establecidas según el modelo de comercialización marítimo (fig. 5) propuesto por X. Nieto (Nieto, 1989f), basado en la centralización del comercio en puertos principales (De Juan, 2013).

Según la organización expuesta por Nieto y otros (1989), el comercio romano se desarrollaría siguiendo un modelo de distribución y redistribución, estableciendo puertos principales donde llegarían mercancía de diferentes áreas geográficas y áreas de influencia de estos puertos donde se redistribuirían los objetos almacenados en el puerto principal (fig. 5).

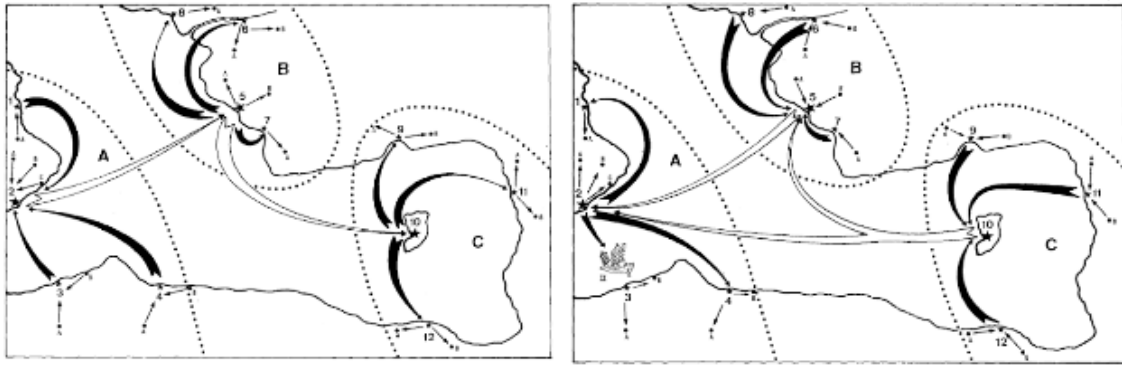


Figura 5. Modelo 160 A y 160 B de la explicación del comercio propuesto por Nieto y otros (1989), en el que se indica la existencia de unos puertos principales que originan áreas de influencia a la cual distribuyen productos y del cual importan productos, respectivamente.

Una vez caracterizado el yacimiento y establecido un flujo comercial cobra relevancia la localización y la categorización o clasificación del yacimiento. Si consideramos que un pecio es un accidente en una ruta comercial marítima (Nieto, 1997) y, se halla en un lugar determinado, es indicado investigar las causas de que se encuentren en ese sitio y no en otro.

El estudio de los condicionantes náuticos como parte del análisis del Paisaje Cultural Marítimo, se enfoca actualmente como una herramienta útil y capaz de proporcionarnos información determinante para poder analizar las causas de la localización del material arqueológico (Cerezo, 2012, 2016; Izquierdo, 2018). Entender el funcionamiento náutico y climático de la región donde se ubica el yacimiento arqueológico subacuático es fundamental para comprender las dinámicas marítimas y culturales que lo constituyen (Cerezo, 2012).

Desde el punto de vista interpretativo, el estudio del Paisaje Cultural Marítimo permite realizar análisis desde dos enfoques, siendo ambos complementarios y recíprocos, el análisis microespacial y el análisis macroespacial, en vistas de proporcionar información relevante (Cerezo, 2016). Por tanto, no solo es necesario de caracterizar Cala Culip, sino que además debemos establecer las dinámicas generales marítimas que caracterizan el Cap de Creus.

Los factores que condicionan la navegación serán abordados siguiendo el enfoque metodológico y las aplicaciones técnicas propuestas por autores que son referencia en esta línea de investigación (Izquierdo 1996; Arnaud, 2005; Ayuso, 2005; Díez Cusí, 2005; Cerezo, 2016). Estos han determinado que los factores más relevantes o condicionantes de la navegación recaen sobre la dirección y fuerza de los vientos, el oleaje, la orografía, la estacionalidad y la visibilidad. En el presente trabajo pretendemos hacer un análisis aproximativo al comportamiento de estos condicionantes marítimos en la zona de Cala Culip y de Cap de Creus en vistas de caracterizar el yacimiento según estos parámetros y comprobar cómo han podido beneficiar y/o afectar a la navegación marítima en época romana. Para analizar estos factores se utilizarán datos océano-meteorológicos desarrollados por Puertos del Estado en la zona, con un rango de análisis de 60 años. Este análisis deriva de la aceptación por diversos autores de que las corrientes y los vientos se

han mantenido presumiblemente estables desde el holoceno (Giralt *et al.*, 1999; Davis *et al.*, 2003; Wanner *et al.*, 2008; Peyron *et al.*, 2011; Mauri *et al.*, 2014).

- El régimen de vientos: Las cualidades únicas del Mar Mediterráneo generan y establecen unas condiciones específicas tanto en la regularidad, la localización, la dirección y la fuerza de los vientos que, atendiendo a la tecnología de propulsión náutica en época romana, principalmente a vela (Medas, 2009), establecen unos parámetros estrictos de navegación que condicionan y supeditan en gran medida el desarrollo de la actividad marítima (Díez Cusí, 2005; Cerezo, 2016).

- El concepto de estacionalidad: Siguiendo las fuentes clásicas romanas, observamos el ímpetu con el que describen la importancia del régimen estacionario del Mediterráneo en cuanto a establecer épocas propicias para la navegación, hecho que también vemos reflejado en los derroteros de épocas más actuales (Rougé, 1975; Arnaud, 2005; Cerezo, 2016).

- El oleaje: Con intrínseca relación con el viento, como veremos en el apartado correspondiente, el oleaje representa otro factor que condiciona la navegación y los espacios costeros, pudiendo llegar a ser determinante para el desarrollo del devenir de una embarcación (Izquierdo, 1996, 2009; Cerezo, 2016). El oleaje establece tensiones internas en la embarcación que podría llegar a degenerar en roturas tanto del cargamento como de la integridad de la nave, además de los procesos de deriva que genera en el rumbo de la misma (Izquierdo, 2018).

- La orografía: Uno de los factores que más condicionan el tipo de la actividad marítima. Ésta determinará, generará, agudizará y condicionará el comportamiento de los agentes meteorológicos y físicos y, por lo tanto, influirá en la navegación (Arnaud, 2005; Izquierdo, 2018).

- Las corrientes dominantes del Mediterráneo: Han de ser tratadas en su justa medida en el análisis de los condicionantes náuticos debido a que, si bien condicionan la navegación, estudios actuales promueven un carácter residual de su valor determinante estableciendo que no es sino un factor que favorece, pero que no tiene una gran repercusión como condicionante náutico (Ayuso, 2005).

- La visibilidad: En épocas antiguas y también actualmente, la visibilidad es un factor muy importante a tener en cuenta en la navegación en calma, debido a que es un eje vertebrador de orientación costera. No obstante, se vuelve un importante condicionante cuando los fenómenos meteorológicos hacen decrecer u obstaculizar la visión de la costa, perdiendo así las referencias visuales (Cerezo, 2016).

El análisis de estos condicionantes náuticos, dentro de los estudios del Paisaje Cultural Marítimo, nos aportan información complementaria a las investigaciones precedentes sobre los hallazgos documentados en Cala Culip (ver apartado de estado del conocimiento), permitiendo contrastar hipótesis que generen el desarrollo de la investigación y un conocimiento más extendido de este yacimiento subacuático.

En este trabajo pretendemos analizar estos condicionantes náuticos que actualmente están siendo considerados en estudios de ingeniería costera (Camus *et al.*, 2013; Pérez y Losada, 2017), de dinámicas oceanográficas (Nicolle *et al.*, 2009) o de oceanografía y

meteorología. Además, se ha hecho uso de bases de datos abiertas, geoportales y visores de acceso digital que aportan datos de interés para nuestro estudio<sup>3</sup>. La finalidad es conformar una base de datos que permita analizar el paisaje marítimo de Cala Culip desde los condicionantes náuticos para caracterizar el yacimiento arqueológico.

Una vez caracterizado culturalmente el yacimiento arqueológico mediante el análisis de los materiales y paisajísticamente a través de los análisis de los condicionantes náuticos, necesitamos relacionar estos dos enfoques. Por un lado, se requieren conocimientos de arqueología naval, debido a que el estudio de los condicionantes náuticos están intrínsecamente relacionados con el tipo de estructura en la que se navegaba, es decir, la embarcación (De Juan, 2009; Izquierdo, 2018). El conocimiento de las características arquitectónicas de las embarcaciones y de su capacidad de maniobra es imprescindible como base sobre la que se constatarán y se medirán los condicionantes (Gianfrotta *et al.*, 1997; Medas, 2004, 2009; Pomey y Rieth, 2005). Por otro lado, se precisan conocimientos sobre arqueología portuaria, especialmente sobre la terminología aplicada a los contextos portuarios y de fondeadero (Cerezo, 2016), por ejemplo, así como a los diversos métodos de análisis de estas estructuras.

Complementaremos nuestros análisis de materiales y de los condicionantes náuticos y técnicos aplicando las mejoras que ofrecen los Sistemas de Información Geográficos en el manejo y análisis de los datos arqueológicos y físicos y su representación sobre un marco geográfico referenciado utilizando el *software* libre QGIS 3.6.2. NOOSA y la aplicación GRASS que permite realizar mapas de densidad de puntos (*heatmaps*) y análisis de visibilidad (*Viewshed análisis*). Los mapas de densidad de puntos se crean mediante el modelo de Estimación de Densidad de Kernel (*kernel density estimation*) y una capa de puntos de entrada. La densidad se calcula con base a la vecindad (al número de puntos en una ubicación), de forma que, a partir de las diferencias entre concentraciones de puntos, se diferenciarán áreas geográficas (Cerezo, 2016). El mapa de densidad nos servirá para establecer geográficamente los niveles de concentración y distribución del material arqueológico de Cala Culip, para realizar una interpretación de las causas que pudieran provocar las concentraciones de material en esas ubicaciones.

Los análisis de visibilidad (*Viewshed análisis*), nos permiten establecer, mediante el análisis de las cuencas visuales, las áreas que son visibles y las no visibles desde uno o varios observadores. A través de la georreferenciación de puntos en el programa, podremos ver el alcance de visibilidad de dichos puntos (Cerezo, 2016). Esta herramienta será muy útil para observar el nivel de visibilidad de la Cala Culip desde el mar en vistas de respaldar nuestras hipótesis.

Según explica Cerezo en relación al estudio de los pecios, “[...] creemos que el correcto análisis y cuantificación de los materiales arqueológicos conservados en ellos, así como el análisis de los condicionantes náuticos, pueden ser de gran ayuda a la hora de estudiar la navegación en la antigüedad, rutas, dinámicas comerciales y sobre todo relaciones de conectividad como dependencia o interdependencia entre los mismos y los puertos principales y secundarios de su área geográfica” (Cerezo, 2012, 492).

---

<sup>3</sup> <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>

#### 4. Análisis de los materiales

A partir de los datos arqueológicos que nos ofrecen las monografías de referencia sobre las diversas intervenciones y hallazgos efectuados en Cala Culip (Nieto *et al.*, 1989; Nieto *et al.*, 2001; Carreras *et al.*, 2004), el objetivo del estudio de los restos materiales es realizar una aproximación al flujo marítimo comercial entre el siglo I a.C. y el siglo I d.C. que pudiera establecerse en Cala Culip y del que derivan los materiales arqueológicos atestiguados. Para ello, se analizarán los restos materiales arqueológicos por su tipología, su datación aproximada y su procedencia para caracterizar arqueológicamente nuestro yacimiento y extraer conclusiones acerca de las dinámicas comerciales.

##### 4.1 Análisis de los pecios: El Culip IV y el Culip VIII

El Culip IV se sitúa a siete metros de profundidad en la parte sur de Cala Culip y ha sido catalogado como un barco de época de Vespasiano con un cargamento formado en su mayoría de ánforas de aceite Dressel 20 procedente de la Bética y *Terra Sigillata* del sur de la *Gallia* atribuida al centro de producción de la *Graufesenque* (Nieto *et al.*, 1989). A partir de la documentación extraída de la monografía (Nieto *et al.*, 1989), si bien el cargamento principal está constituido por unas clases tipológicas específicas, las ánforas documentadas en este pecio presentan una heterogeneidad en su tipología, debido a una posible diversidad de origen y de función (Tabla 1):

Tipología	Número de ánforas	Cronología	Proveniencia	Clasificación
Dressel 20	79	-10 / 280	Ánforas de la Bética	Cargamento
Haltern 70	2	-50 / 75	Ánforas de la Bética	Cargamento / Objetos de la tripulación
Gauloise 4	1	75 / 200	Ánforas de la Galia	Cargamento / Objetos de la tripulación
Dressel 2/4	1	-25 / 100	Ánforas de la Tarraconense	Cargamento / Objetos de la tripulación
Gauloise 1	1	1 / 150	Ánforas de la Galia	Cargamento / Objetos de la tripulación
Pelichet 46 / Beltrán II A	2	15-25 / 150	Ánforas de la Béticas	Cargamento

Tabla 1 Los tipos de ánforas encontrados en el Culip IV con indicación del número de ejemplares por tipo, su cronología y área de proveniencia, según la información proporcionada por el *Dictionnaire des Céramiques Anciennes*. <http://syslat.fr//SLC/DICOCER/d.index.html>

El cargamento principal está compuesto en primer lugar por diez tipologías de ánforas distintas con un porcentaje mayoritario del 92% de tipología Dressel 20 con 79 ánforas. El resto de las ánforas del cargamento principal presentan porcentajes significativamente más bajos: Haltern 70 (3%), Gauloise 4 (1%), Gauloise 1 (1%), Dressel 2-4 (1%) y Pelichet 46 (2%) (fig. 6) (Nieto, 1989c).

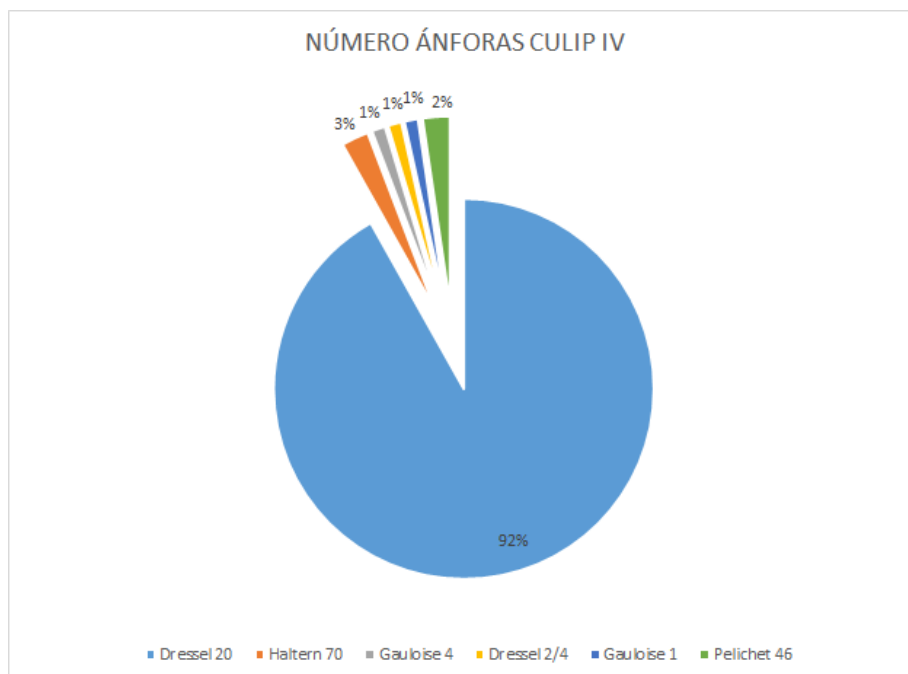


Figura 6: Gráfico de porcentajes de las ánforas del cargamento del pecio Culip IV. Elaboración propia.

El estudio del cargamento realizado por Nieto y otros (1989) estableció una región de origen aproximativo de las ánforas Dressel 20 analizando las 22 marcas impresas que presentan los ejemplares, un 29% del total. De los 12 nombres reflejados en las marcas, 5 han estado identificados en hornos béticos incluyendo las variantes y nombres similares (Tabla 2) (Izquierdo, 1989; Berni, 1998; Berni 2008). Dada la gran homogeneidad de las pastas con estas marcas (con la excepción de las que presentan la marca epigráfica C. MARI), se aproxima que el material podría provenir de 2 o 3 hornos localizados en el valle del Guadalquivir, posiblemente con un grupo mayoritario producido en el *ager* de *Arua* y uno minoritario producido en *Carbula* y *Corduba* (Izquierdo, 1989). Según Berni (Berni, 2008), estas marcas epigráficas corresponden cronológicamente a inicios de la época Flavia.



Ager	Forn	CALPC	C.MAR	QSP	ROMNI	T.ATILI	ASIATICI
CELTI	Madre Vieja I	#					
CARBVLA	El Temple		*				
	Cortijo Nuevo		#				
ARVA	Guadajoz		#				
	Adélfia			#			*
	Juan Barba			#			*
	Tostoneras						*
ASTIGI	Las Delicias				*		

\* Marca homònima      # Marca similar

Tabla 2. Los talleres béticos de ánforas Dressel 20 con marcas iguales o parecidas a las presentes en las ánforas Dressel 20 del Culip IV (Nieto *et al.*, 1989, p. 71)

Las marcas epigráficas identificadas en las ánforas Dressel 20 de Culip IV presentan 144 paralelos encontrados en 58 yacimientos diferentes. En el mapa de dispersión observamos una alta concentración en la zona de la *Gallia Narbonensis* y en las rutas fluviales que derivan de esa zona (Izquierdo, 1989) (fig. 7).

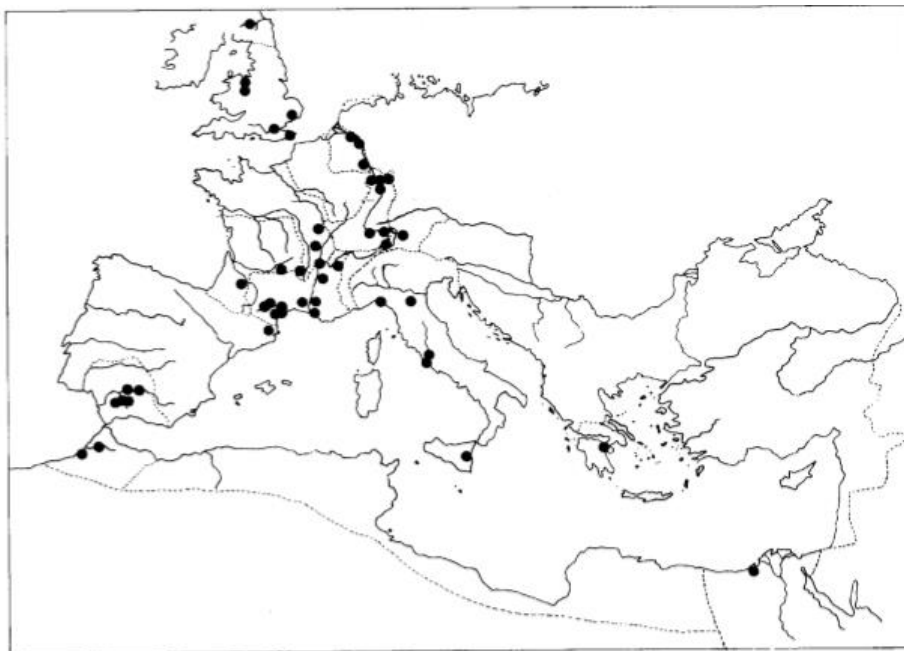


Figura 7: Distribución de las marcas sobre las Dressel 20 encontradas en el Culip IV. (Nieto *et al.*, 1989, p. 72)

En cuanto a las ánforas Haltern 70 identificadas en este mismo pecio, se les ha atribuido un origen Bético por la gran similitud que presentan las pastas cerámicas con las Dressel 20 y por la constatación de dinámicas de comercialización conjunta de estos envases observadas en pecios como Port-Vendres II. Las ánforas Gauloise 4, por las características de la pasta cerámica, el desengrasante y las características formales, procederían de los hornos de la *Narbonensis*, aunque el establecimiento de la

proveniencia de todo el cargamento en términos absolutos solo puede alcanzarse mediante la caracterización arqueométrica de estos envases (Izquierdo, 1989).

El cargamento principal, por otra parte, está representado por vasos de paredes finas, *Terra Sillilata* lisa, *Terra sigillata* decorada y lucernas, documentándose un gran número de individuos (Tabla 3) (Nieto, 1989c):

<b>Tipología Cerámica</b>	<b>Número de Objetos</b>
Vasos de Paredes finas	1475
Terra Sigillata Lisa	1947
Terra Sigillata Decorada	814
Lucernas	42
<b>Total</b>	<b>4278</b>

Tabla 3: Tabla de los objetos cerámicos donde se representa su tipología general y el número de objetos presentes en el pecio de Culip IV. (Nieto *et al.*, 1989)

Las cerámicas de paredes finas recuperados pertenecen mayoritariamente a los vasos de la forma Mayet XLII A, Mayet XXXV-XXXVII y la taza de forma Mayet XXXIX, y a todos ellos se les ha adjudicado un origen bético (Puig, 1989).

Las lucernas romanas recuperadas pertenecen a las formas Deneauve V-G, Dressel 19/Deneauve VII-A, Dressel 20/Deneauve VII-A y *firmalampen* o Deneauve IX-A y Deneauve V-D. Entre las lucernas se documentaron dos marcas epigráficas: OPPI en un gran número de piezas y MYRO solo un ejemplar. El taller con marca epigráfica OPPI estaría ampliamente documentado cerca de Roma (Nieto y Picón, 1989; Alaminos *et al.*, 1989), mientras que el taller de la marca MYRO también estaría situado en territorio itálico (Alaminos *et al.*, 1989).

La *Terra Sigillata* lisa presenta unas formas tipológicas mayoritarias asociadas a las Drag. 27 B, Drag. 24/25B, Drag. 37, Drag. 29 y Drag. 18 A y B (Martín, 1989). La *Terra Sigillata* decorada presenta las formas Drag. 29, 37 y 24 y vasos de la forma Déchelette 67 (Nieto, 1989c). Los análisis epigráficos de los *sigilla* documentados, han propuesto una cronología aproximada situada entre el 78 d.C y el 82 d.C que se ha establecido como la cronología general del pecio (Nieto y Martín, 1989).

En el transcurso de la excavación se han identificado diversos objetos que formarían parte de los utensilios y envases de la tripulación, aunque no se asegura esta adjudicación. Los materiales adscritos a la tripulación estarían conformados por las ánforas minoritarias, a excepción de las Pelichet 46, una lucerna de *Terra Sigillata Sudgallica* de forma Hermet 78, los vasos de *Terra Sigillata Sudgallica* correspondientes a las formas Hermet 7, Ritt. 12 y Knorr 78, posiblemente producidos en la *Graufesenque*, la lucerna que contiene la marca MYRO, dos morteros, uno de los cuales tiene dos sellos y ha sido asociado de

forma preliminar a una producción itálica, un conjunto de 23 piezas de juego, tres anillos de bronce, entre otros objetos muy minoritarios como por ejemplo fragmentos de elementos constructivos como *tegulae* y *imbricies* (Nieto y Pujol, 1989a).

A partir del estudio del cargamento se han propuesto hipótesis sobre las medidas de la embarcación, caracterizada por una eslora de entre 9,5 y 10,5 metros, una manga de 3 metros y un puntal aproximado de 1,20 metros (largo, ancho y altura de la embarcación) (Nieto y Pujol, 1989b).

El Culip VIII se sitúa en la parte este de la cala y contiene un cargamento mayoritario de ánforas Haltern 70 (Tabla 4). Se adscribe a una cronología enmarcada entre el final del siglo I a.C. y principios del siglo I d.C, es decir, en el cambio de Era (Carreras *et al.*, 2004).

Tipología	Número de ánforas	Cronología	Proveniencia
Haltern 70	60 o más	-50 / 75	Ánforas de la Bética
Pascual 1	1-3	-50 / 50	Ánforas de la Tarraconense
Dressel 20	1	-10 / 280	Ánforas de la Bética

Tabla 4: Tipos de ánforas encontrados en el Culip VIII con indicación del número de ejemplares por tipo, su cronología y área de proveniencia, según la información proporcionada por el *Dictionnaire des Céramiques Anciennes*. <http://syslat.fr//SLC/DICOCER/d.index.html>

El Culip VIII presenta un cargamento principal constituido por Haltern 70, ánforas asociadas a una producción bética que pueden transportar varios tipos de contenidos (González *et al.*, 2004; Carreras, 2004a). Se han realizado un estudio de las resinas y contenidos de las ánforas Haltern 70 del Culip VIII, concluyendo que posiblemente transportaban un producto elaborado con uva, posiblemente, el contenido de las ánforas fuera *defretum* (Juan-Tresserras y Matamala, 2004).

Del cómputo de ánforas, las Haltern 70, con un porcentaje del 94%, son las más representadas en el pecio. El resto de las tipologías se atribuyen a los objetos de la tripulación, constituyendo el 6% restante (fig. 8). Se ha establecido un posible origen bético de los materiales que representan el cargamento principal (Carreras, 2004a; Berni, 2011).

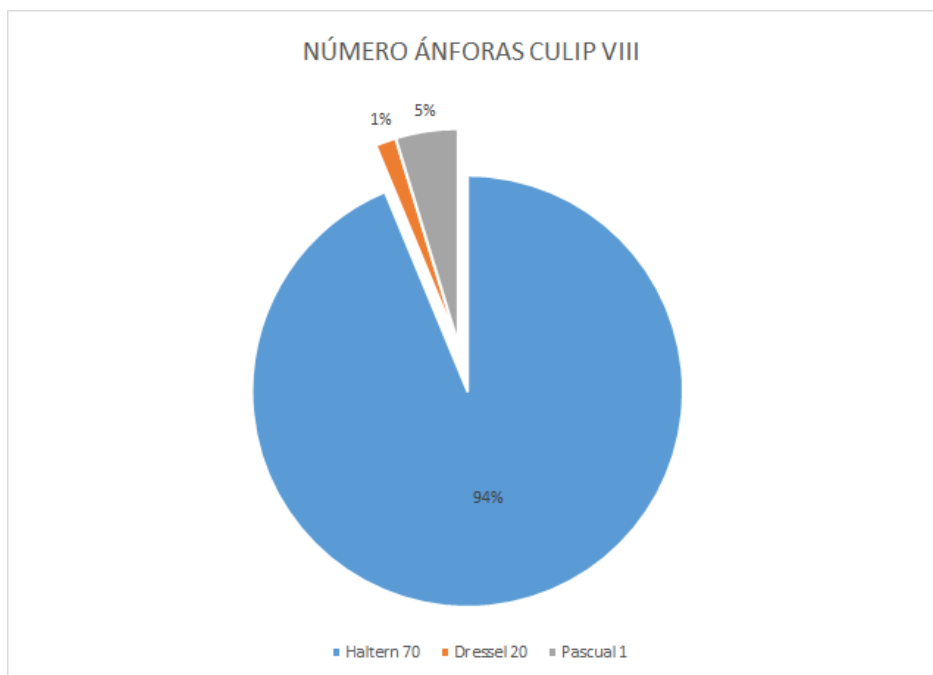


Figura 8: Gráfico de porcentajes de las ánforas del cargamento del Culip IV. Elaboración propia.

Las diferencias morfológicas de los labios de estos envases han proporcionado datos para establecer la cronología del pecio. Se han encontrado similitudes y paralelismos de estos rasgos en yacimientos terrestres y marítimos de cronologías preaugustales y augustales (Carreras, 2004b).

La cerámica asociada a los objetos de la tripulación está representada por cerámica fina de mesa, cerámica común y ánforas vinarias Pascual 1 y ánforas de aceite Dressel 20 (Vivar, 2004). La cerámica fina de mesa estaría formada por un individuo de *Terra Sigillata* Arentina, de forma 14.2 con una cronología asociada al cambio de era, posiblemente producida en Arezzo (Italia). La cerámica común, oxidante, estaría representada por un vaso y un cántaro. En ambos casos se encuentran paralelismos en la zona de influencia emporitana con cronologías augustales y en el pecio de *Cap del Vol*. Se documenta también una urna de cocción reductora que solo conserva el fondo. La cerámica común de cocina está representada por un plato hondo asociado a la forma Vegas 14 de cerámica de cocina itálica. Paralelos similares han sido documentados en Empúries y en los yacimientos de la zona de influencia con una cronología augustal y en el pecio de *Cap del Vol* (Vivar, 2004; Vivar *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2013a).

En uno de los pivotes de las ánforas Pascual 1 asociadas a los objetos de la tripulación, se documenta la marca D. Encontramos paralelismos en Badalona y en el *Cap del Vol* y en *Cap Béar 3*, *Dramon B* y *Chrétienne H* (Vivar, 2004). La caracterización arqueométrica de las ánforas Pascual 1 pone de manifiesto que son compatibles con una proveniencia de la zona central de la costa catalana (Buxeda *et al.*, 2004). El único ejemplar de ánfora Dressel 20 recuperada se asocia a la misma proveniencia que las Haltern 70 por la similitud en la composición de las pastas (Nieto, 2004b).

A partir del estudio del material de la embarcación, se han propuesto unas medidas hipotéticas mínimas para el Culip VIII que correspondería a 6,25 metros de eslora, 1,84 metros de manga y 1 metro de puntal, estableciendo que se trata de una nave de reducidas dimensiones (Nieto, 2004b).

#### 4.2 Análisis del Culip I, II, III, V y VII:

Como hemos comentado en apartados anteriores (véase estado de la cuestión y metodología) el análisis de los materiales hallados durante las intervenciones realizadas en Culip I, II, III, V y VII se realizará con cautela ya que no disponemos de datos derivados de estudios sistemáticos o completos. Como máximo exponente de esta limitación podemos citar la situación del Culip II del cual solamente podemos suponer su existencia, y del Culip VII, el cual ha sido identificado por la presencia de una sola ánfora. Los análisis de estos dos yacimientos, por tanto, no serán abordados cuando establezcamos el posible flujo marítimo de la cala, aunque hemos creído conveniente mencionarlos e incluirlos en este apartado dado que han estado definidos como yacimientos individualizados (Nieto, 1989a).

El contexto arqueológico subacuático asociado a los pecios Culip, I, III y V, se resume, desde el estudio de las tipologías de ánforas (Nieto, 1989a), en tres tipologías de ánforas de cronología similar y con dos orígenes aproximativos mayoritarios (Tabla 5). Observamos que las tipologías representadas establecen un conjunto contemporáneo que se sitúa entre época tardo-republicana y la época alto-imperial romana. Este contexto sigue la misma cronología aproximada en la que se enmarcan el Culip IV y el Culip VIII descritos anteriormente. A falta de análisis e investigaciones exhaustivas sobre estos materiales, solo podemos establecer, de manera hipotética, cuales podrían ser las rutas comerciales romanas que nos dejarían evidencia de estos materiales en la Cala Culip.

<b>Tipología</b>	<b>Cronología</b>	<b>Proveniencia</b>
Pascual 1	-50 / 50	Ánforas de la Tarraconense
Dressel 20	-10 / 280	Ánforas de la Bética
Pelichet 46 / Béltran II A	15-25 / 150	Ánforas de la Bética

Tabla 5: Tabla en la que se muestra los restos materiales anfóricos encontrados en el contexto arqueológico subacuático de Cala Culip y sus particularidades. Cronología y área de proveniencia extraídas de *Dictionnaire des Céramiques Anciennes*. <http://syslat.fr//SLC/DICOCER/d.index.html>

### 4.3 El flujo comercial marítimo y caracterización inicial del complejo arqueológico entre época tardo-republicana y época alto-imperial romana

A partir de los materiales y de las hipótesis generadas en las monografías de referencia (Nieto *et al.*, 1989; Carreras *et al.*, 2004) efectuados en el Culip IV y Culip VIII, y de las evidencias materiales encontradas en otros yacimientos, para el Culip I, III y V, establecemos el posible flujo comercial marítimo de Cala Culip.

El Culip IV se presenta como una embarcación de pequeñas dimensiones, con una cronología del último cuarto del siglo I d.C. con funciones redistributivas propias de una embarcación que presenta un cargamento principal heterogéneo. Posiblemente, este pecio desarrollaba una ruta secundaria que partiría de un puerto principal redistribuidor, asociado a Narbona, y que describiría una trayectoria náutica de norte a sur a juzgar por la localización del puerto redistributivo y el lugar del siniestro de la embarcación (Nieto, 1989e y 1989f).

El Culip VIII se trataría de un pecio con una cronología entre finales del siglo I a.C. y principios del siglo I d.C., de reducidas dimensiones, con un cargamento homogéneo de origen Bético y unos objetos pertenecientes a la tripulación asociados a la región de la *Tarraconensis* (Vivar, 2004), como han evidenciado el análisis arqueométrico de dos Pascual 1, realizado por Buxeda y otros (2004). Estos factores y las similitudes en cuanto a los objetos de la tripulación con el pecio de Cap del Vol (Vivar, 2004 y 2013; Martínez *et al.*, 2013a), situado a pocas millas del yacimiento de Cala Culip con una ruta de distribución del vino de la *Tarraconensis* hacia posiblemente el puerto de Narbona (Martínez *et al.*, 2013a), enmarcan el Culip VIII como una embarcación que redistribuía productos desde Narbona hacia el sur (Nieto, 2004b)

Los pecios Culip I y Culip III, que presentan ánforas Pascual 1 podrían enmarcarse en una ruta de distribución del vino de la *Hispania Citerior-Tarraconensis* con destinación norte, posiblemente con destino a la *Gallia Narbonensis*. Los contextos arqueológicos Narbonenses documentados en las excavaciones de la *Médiathèque*, *Clos de la Lombarde* y *la Rue de la Catalogne* junto con el yacimiento de *Port-la-Nautique* evidencian la presencia de ánforas Pascual 1 entre mediados del siglo I a.C. hasta finales del siglo I d.C. (Sánchez, 2015). La asociación de pecios que presentan un cargamento principal constituido por ánforas Pascual 1, localizados en un área geográfica próxima a nuestro yacimiento, como Els Ullastres (Palafrugell) y Cap del Vol (Port de la Selva) fechados en época de Augusto (Nieto y Raurich, 1998) evidencia la relevancia de la ruta marítima que comunicaba la *Tarraconensis* con la *Narbonensis*. La caracterización arqueométrica realizada sobre parte del cargamento de Els Ullastres y Cap del Vol apunta a que el origen de las ánforas se situaría en los centros de producción del área central catalana, siendo los talleres del territorio de *Baetulo* (Badalona) los más representados (Martínez *et al.*, 2013a). Por otro lado, son también numerosos los pecios en los que las ánforas Pascual 1 comparten el cargamento principal con otros tipos anfóricos, para los que también se supone una ruta de navegación desde la *Citerior (Tarraconensis* a partir de época de Augusto) hasta la *Narbonensis*, como sería el caso de Port-Vendres 4 (Martínez *et al.*,

2015) y Port-Vendres 5 (Martínez *et al.*, 2013b) en Port-Vendres (Pirineos Orientales, Francia) y Cap del Vol (Martínez *et al.*, 2013a).

Los materiales que conformarían el Culip V, las ánforas Pelichet 46 y Dressel 20 de la Bética (costa y Guadalquivir respectivamente), podrían pertenecer a la misma ruta de redistribución comentada previamente, pero siguiendo la dirección inversa, desde el puerto principal de Narbona hacia uno o diversos puertos situados en *Hispania Tarraconensis*. Esta hipótesis viene apoyada por numerosas evidencias de ánforas Pelichet 46 encontradas en diversos puntos del norte del levante peninsular (García *et al.*, 2016).

Del estudio de los materiales se desprende que Cala Culip se establecería en una zona en que devendrían dos flujos marítimos entre el siglo I a.C y el siglo I d.C.: Un flujo de distribución con dirección norte hacia la *Gallia Narbonensis* y un flujo de redistribución hacia al sur con destino, posiblemente, la *Hispania Citerior-Tarraconensis* (Nieto, 1989e, 1989f, 2004b). La abundancia de hallazgos arqueológicos en la cala relacionados con el comercio marítimo de ánforas y de otros bienes, apunta a que Cala Culip tuvo un papel relevante en el tráfico comercial marítimo de época romana con destino o procedencia de Narbona. Una vez identificado el flujo marítimo comercial a partir del estudio de los materiales, se ha propuesto como hipótesis de caracterización del yacimiento que Cala Culip podría cumplir la función de fondeadero (Nieto, 1989a, 1989f, 2004b).

## **5. Análisis de los condicionantes náuticos:**

Según los autores (Izquierdo, 1996, 2009; Arnaud, 2005; Ayuso 2005; Díez Cusí, 2005; Cerezo, 2016), existen seis parámetros climáticos y geográficos que condicionan la navegación y el fondeo en la antigüedad y, por tanto, las dinámicas comerciales marítimas.

### **5.1 Condiciones generales del Mediterráneo**

La cuenca mediterránea se compone tanto por el propio mar como por los espacios de tierra circundantes situados geográficamente entre los 30° y lo 47° de latitud norte. El Mediterráneo es un mar que contiene unas particularidades únicas derivadas tanto de su posición entre continentes como de su condición de mar semicerrado. Este mar, cuenta con dos divisiones o subcuencas denominadas como Mediterráneo Occidental, al oeste del estrecho de Sicilia y el Mediterráneo Oriental. Además, establece una frontera climática, estableciendo contrastes térmicos condicionando las masas de aire y las masas de agua que circulan (AA.VV, 1999).

Derivado de la intensa actividad orogénica, el Mediterráneo presenta un relieve accidentado generando sistemas montañosos como el Ibérico, los Alpes o los Pirineos, entre otros. El afloramiento de estos sistemas montañosos genera un territorio mediterráneo fracturado en microrregiones fomentando la aparición de un amplio

espectro de escenarios predominando las costas abruptas y de difícil acceso. Estas particularidades generan un amplio espectro de vientos, de borrascas y de brisas de singularidad regional. La proliferación de sistemas montañosos forma contrastes abruptos de presiones atmosféricas que condicionan la circulación de los vientos generales, fomentando un sistema de vientos fuertes regionales (AA.VV, 1999; Moreno, 2005).

## **5.2 Análisis de los vientos**

El viento es siempre un factor fundamental para comprender la navegación condicionando los rumbos o direcciones que puede seguir una embarcación, las épocas más propicias para el desarrollo de las rutas marítimas y las zonas donde se puede fondear. Para comprender el funcionamiento general del viento en nuestra zona de estudio, analizaremos las medias de velocidad del viento y de dirección, estableciendo las condiciones náuticas más frecuentes. De modo complementario, estudiaremos las máximas de velocidad y dirección para comprender cuales son las dinámicas de los vientos en situaciones extremas. Estos datos se representarán en la Escala Beaufort (Anexo 1) para visualizar cuales son los efectos que el viento puede generar en el mar y en la navegación. Esta escala consta de 12 categorías en las que se expresa cómo el viento condiciona la navegación y el fondeo. Los valores entre 1 y 4 favorecerían una navegación con buenas prestaciones y, a partir de 5 las condiciones para la navegación son ya extremas y se recomienda buscar refugio (Cerezo, 2016).

### ***Análisis de las medias de velocidad y dirección del viento***

La rosa de los vientos anual de velocidad media presenta en este punto una clara predominancia de los vientos de componente nornoroeste (NNW) y noroeste (NW) con índices de intensidad muy altos, con mucha frecuencia, por encima de los 8m/s<sup>4</sup> (que equivale a 15,5508 nudos) y un porcentaje de calmas de un 3,65% (fig. 9).

---

<sup>4</sup>1 m/s = 1,94384 nudos (kn)



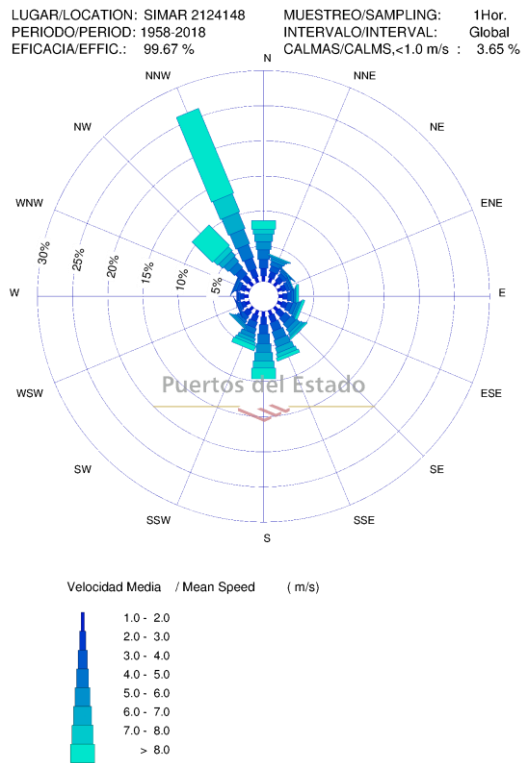


Figura 9: Punto SIMAR 2124148. Rosa de los vientos 1958-2018, representada la dirección e intensidad del viento. Datos extraídos de la página de Puertos del Estado: <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>.

Los vientos del primer cuadrante<sup>5</sup>, vientos de componente norte, llegan a superar, en pocas ocasiones, los 8 m/s y normalmente oscilan entre los 2 y los 5 m/s. Los componentes del segundo y tercer cuadrante<sup>6</sup> tienen su máximo exponente en el viento que proviene del sur que alcanza con cierta frecuencia velocidades de más de 8 m/s pero solo representan el 10% del general. Vientos como el de sursureste (SSE) y el de sursuroeste (SSW) que complementan estos dos cuadrantes, presentan porcentajes significativamente más bajos.

La velocidad media del viento (fig.10), establece que los porcentajes de frecuencia más altos se situarían entre los 3 y los 7 m/s. Pero existe una representación muy amplia de los vientos que superan los 7 m/s con aproximadamente un 31% del total.

<sup>5</sup> Es el cuadrante superior derecho de la circunferencia y conecta los puntos N y E

<sup>6</sup> El segundo cuadrante es el cuadrante inferior derecho de la circunferencia y conecta los puntos E y S (sur). El tercer cuadrante es el cuadrante inferior izquierdo de la circunferencia y conecta los puntos S y W (oeste).

#### VIENTO MEDIO/MEAN WIND SPEED

LUGAR/LOCATION : SIMAR 2124148

AÑOS/YEARS : 1958-2018

PERIODO/PERIOD : Global

MUESTREO/SAMPLING : 1 Hor.

EFICACIA/EFFIC. : 99.61 %

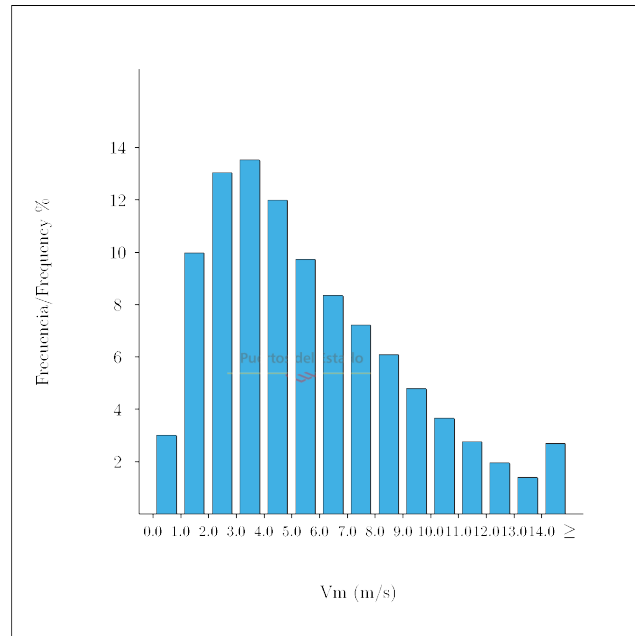


Figura 10: Punto SISMAR 2124148. Histograma que representa la velocidad del viento en relación con su frecuencia, entre 1958-2018. Datos extraídos de la página de Puertos del Estado: <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>.

En base a este análisis de los gráficos y las tablas referentes a las velocidades medias del viento y la dirección, podemos determinar que nuestra zona de estudio está claramente influenciada por los vientos de dirección NNW y NW que presentan valores de fuerza media enmarcados en una escala Beaufort entre el 4 y el 5, asociado a una navegación que presenta muchas dificultades técnicas. Según Cerezo (2016), una embarcación buscará refugio cuando navegue con una intensidad de vientos en la escala Beaufort entre 5 y 6. La gran representatividad perceptual de valores de viento de alta intensidad comporta que esta zona sea especialmente complicada para el desarrollo de la navegación.

#### *Análisis de las máximas de velocidad y dirección del viento*

Observamos (fig. 11) que las intensidades máximas de velocidad del viento que pueden sucederse en la zona de estudio llegan a sobrepasar, en ocasiones, los 25 m/s (48,5961 nudos) y se sitúan generalmente entre los 15 y los 20 m/s (29,1577 y 38,8769 nudos, respectivamente).

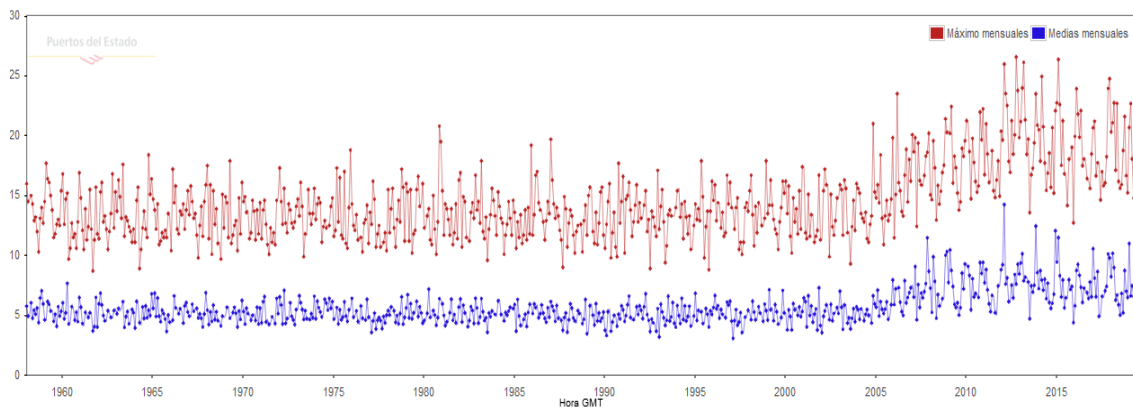


Figura 11: Punto SISMAR 2124148. Gráfico representando la altura del viento máxima en rojo y la altura media del viento en azul entre 1958-2018. Datos extraídos de la página de Puertos del Estado: <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>

El estudio de las velocidades máximas nos permite apreciar la magnitud y la virulencia de los vientos que se presentan en la zona siendo estos extremadamente peligrosos para el desarrollo de cualquier actividad náutica. Estos valores máximos de media se asociarían en la Escala Beaufort a valores entre el 7 y el 8 generando unas condiciones náuticas y técnicas de riesgo crítico para la navegación.

### ***El análisis estacional de los regímenes de vientos***

Según Rougé (1975), Cassón (1991) y Arnaud (2005), a partir de época romana se establecen dos estaciones náutico-comerciales: *Mare apertum* (la época del año que se asocia al buen tiempo y al desarrollo general del comercio derivado de unas condiciones meteorológicas y climáticas propicias, y *mare clausum*, época de mal tiempo donde la realización del comercio comportaría riesgos para la embarcación y la carga.

En nuestro análisis de la estacionalidad, enmarcaremos el *mare apertum* entre el 10 de marzo y el 11 de noviembre que, según Arnaud (2005, 16), es *une saison de huit mois, apparemment plus conforme à la réalité de la navigation*. En nuestra zona de estudio, los meses adscritos a *mare clausum* presentan una homogeneización direccional de los vientos NNW y NW de alta intensidad. Los vientos del primer, segundo y tercer cuadrante forman parte de vientos residuales con la clara excepción del mes de noviembre, el cual presenta vientos intensos de SSW, S y ESE. Entre los meses de noviembre a marzo, el porcentaje de calmas presenta una media de 1,3%, contrastando con el 3,86% de calmas presentes en los meses de *mare apertum*. Este hecho evidencia la gran actividad del viento en nuestra zona de estudio casi ininterrumpidamente. Los meses de transición (octubre, noviembre, marzo y abril) presentan un alto componente de inestabilidad e imprevisibilidad en el régimen de vientos que condicionan la navegación y el fondeo. Es una de las épocas más complicadas para la navegación y el fondeo.

Durante el *mare apertum*, los vientos de componente norte reducen su frecuencia e intensidad, dando paso a vientos de otras componentes. De este modo aparecen, con poca intensidad, aunque con frecuencia, los vientos de componente sur. Éstos propician un

período de mayor estabilidad en la navegación. El mes de agosto presenta vientos direccionales muy intensos de componente nornoroeste y la desaparición o reducción de los vientos de los otros cuadrantes (fig. 12).

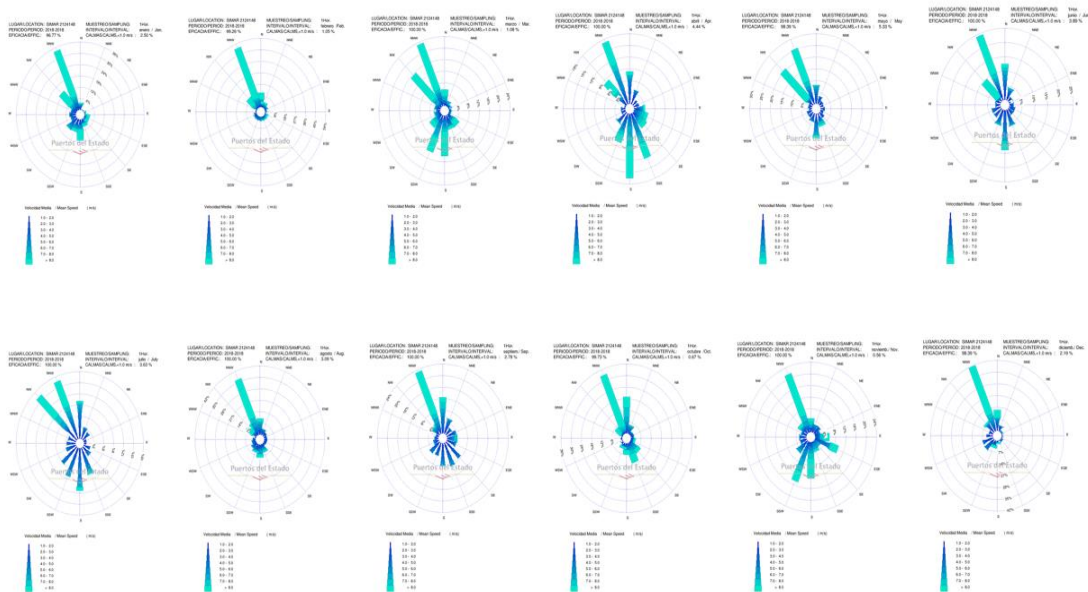


Figura 12: Punto SISMAR 2124148. Rosas de los vientos 1958-2018, representada la dirección e intensidad el viento por meses. Datos extraídos de la página de Puertos del Estado: <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>.

Los meses más propicios para la navegación se adscribirían a la estacionalidad náutica de *mare apertum* donde se produce un fenómeno de reducción de la velocidad del viento y de una direccionalidad heterogénea (Arnaud, 2005). No obstante, esto no excluye en absoluto las posibilidades de temporales o de cambios repentinos del viento. Observamos que, aunque represente el *mare apertum* una mejoría de las condiciones de navegación, los meses de julio y agosto también se caracterizan por contrastes meteorológicos y climáticos significativos. En cambio, las épocas de máximo riesgo náutico se establecen en el *mare clausum*, por la fuerte direccionalidad e intensidad del viento, y en los meses de transición, que son especialmente inestables y generan vientos fuertes de todas las direcciones (Moreno, 2005). Estos dos períodos del año presentan un alto grado de dificultad para la navegación y el fondeo por lo que, en condiciones normales, el Cap de Creus debería ser un enclave de paso a evitar, sobre todo durante los meses de octubre a abril.

### 5.3 Análisis del oleaje

El régimen del oleaje en nuestra zona de estudio ha sido analizado ya que es un componente determinante de la viabilidad de la navegación y el fondeo. Para comprender el nivel de afectación de este condicionante, se ha evaluado la velocidad, la dirección, la intensidad y la frecuencia del oleaje utilizando los análisis de Alturas Significantes (Hs), medias y máximas. Así, se han establecido unas dinámicas generales y unas dinámicas

extremas del comportamiento del oleaje relativas a zona de investigación. Estos datos se representan en la Escala Douglas (Anexo 2) para observar cómo el efecto del oleaje determina las prestaciones del fondeo y de la navegación. La escala consta de 10 categorías; los valores entre 0 y 1 se asocian a un fondeo seguro y a partir del 2 a un fondeo regular; a partir del 3, las condiciones para el fondeo empiezan a ser molestas y, a partir del 4, se establece un fondeo nulo (Cerezo, 2016).

### Análisis de medias

La rosa del oleaje presenta componentes mayoritarios de dirección N y de dirección E con altura significativa (Hs) de entre 0,2 y 2 metros, presentando un coeficiente de valores entre el 2 y el 4 en escala de Douglas. El porcentaje de calmas es de un 10,28% (fig.13).

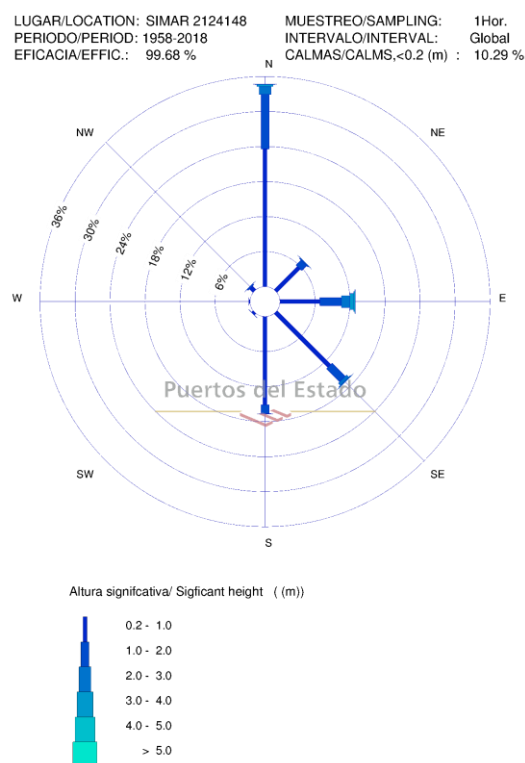


Figura 13: Punto SIMAR 2124148. Rosa del oleaje 1958-2018, con indicación de la dirección e intensidad del oleaje. Datos extraídos de la página de Puertos del Estado: <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>.

El oleaje mayoritario (fig. 14) en todas las estaciones está comprendido entre 0,5 m y 1 m, con un porcentaje superior al 60%. En verano, este valor porcentual llega al 85%. Los valores de altura aproximados más significantes, superiores a los 2 m, están presentes en invierno en una frecuencia del 21%, en primavera en un 16% y en otoño en un 20%. Sin embargo, el régimen de intensidad del oleaje se establece, en todas las estaciones del año, dentro del rango 2 y 3 de la escala de Douglas, asociado a un fondeo molesto general durante todo el año y, en diversas ocasiones, siendo impracticable. La navegación marítima a vela dentro de estos parámetros del oleaje se presenta incómoda y molesta. Teniendo presente que esta zona no presenta unas buenas prestaciones para la navegación

ni el fondeo, observamos que durante los meses de *mare apertum*, las gráficas, presentan valores mucho más bajos de Hs que en los de *mare clausum* estableciendo una estación más benévola para la navegación y el fondeo.

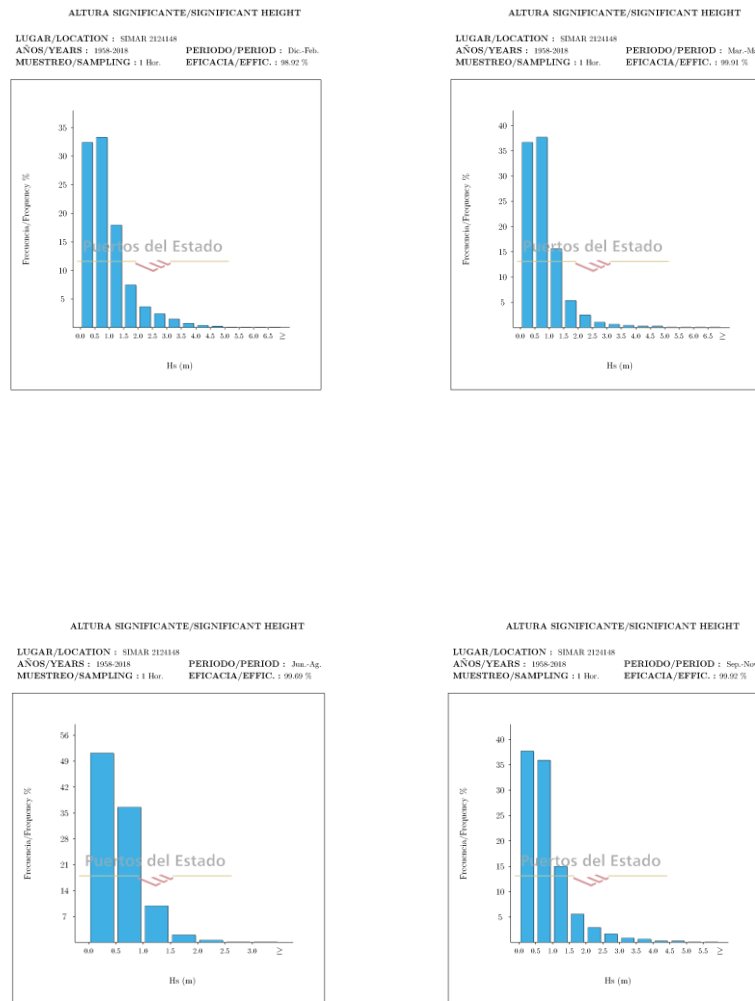


Figura 14: Punto SIMMAR 2124148. Gráficas de histogramas 1958-2018, representada la altura significativa del oleaje en relación con su frecuencia por estaciones. Datos extraídos de la página de Puertos del Estado: <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>.

### Análisis de máximas

La Figura 15 muestra que las alturas máximas del oleaje significativo pueden llegar hasta sobrepasar con cierta facilidad los 5 m de altura, asociados en la escala Douglas con un valor de 6, propiciando un fondeo nulo y una navegación mala. Las medias de las máximas, de entre 2,5 metros y 3,5 metros, se asociada a un valor de 5 en la escala Douglas que comporta también, un fondeo nulo. El análisis muestra que la zona de estudio presenta un oleaje con direcciones mayoritarias de N y de E, con Hs medias que establecen un fondeo y navegación molestas y Hs máximas que imposibilitan el fondeo y

establecen unas condiciones de navegación mala y peligrosa, especialmente en los meses de *mare clausum*. Estos datos muestran que, de situarse un fondeadero en la zona, éste debería estar muy bien resguardado sobre todo en cuanto a las direcciones generales del oleaje.

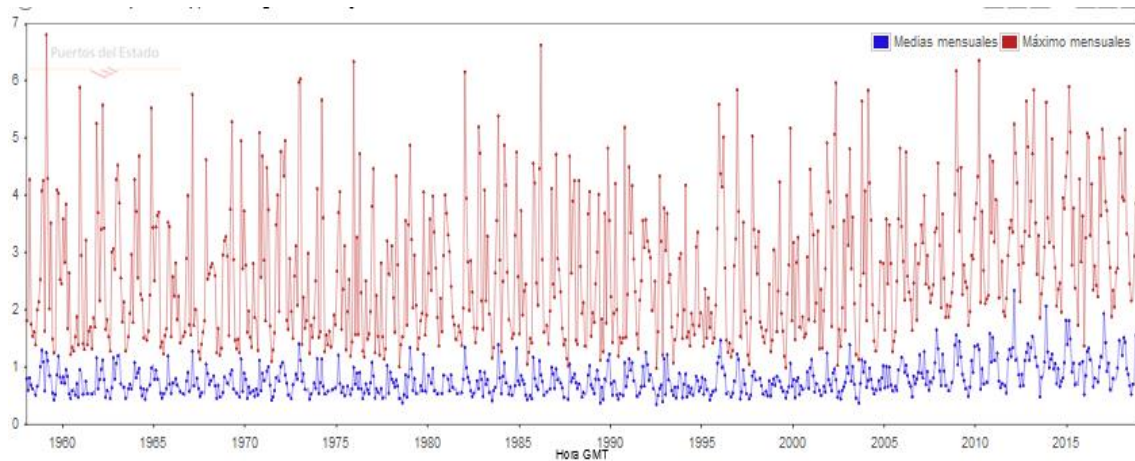


Figura 15: Punto SISMAR 2124148. Gráfica de series temporales 1958-2018, representada la altura máxima del oleaje en rojo y la altura media del oleaje en azul. Datos extraídos de la página de Puertos del Estado: <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>.

#### 5.4 Efectos del viento y el oleaje provocados por la orografía del territorio

Condicionantes náuticos como el viento y el oleaje han sido estudiados en los apartados anteriores a partir de los datos ofrecidos por puntos SISMAR de recogida de la información, situados mar adentro. Esta ubicación hace que los datos recogidos no presenten las modificaciones que la orografía del territorio establece en las dinámicas del viento y del oleaje.

Los promontorios como el Cap de Creus generan un efecto particular sobre el viento, alineándolo con el perfil de la costa. Los vientos de componente norte que bajan por el extremo oeste del Golfo de León se alinean con la costa de Occitania ganando en intensidad y adquiriendo una dirección paralela a la línea de costa (Moreno, 2005). Este cambio en la dirección y la intensidad del viento se denomina efecto esquina (Oleart, 2016) y es un factor clave si queremos conocer la implicación del viento en nuestra zona de estudio.

El Efecto Venturi sucede cuando el viento pasa de un espacio más amplio a un espacio más reducido y se acelera, como podría pasar en el Freu de sa Clavaguera (situado entre la isla Encalladora y el Cap de Creus al este de Cala Culip) o la bocana de Cala Culip (Oleart, 2016).

Cuando el oleaje llega a alguna zona en la que comienza a notar los efectos del fondo, se producen diversos fenómenos derivados de la fricción y la pérdida de energía consecuente



por el paso de aguas profundas a aguas someras y por la propagación del oleaje (Almazán, 2000; Gómez, 2014):

El efecto Asomeramiento (*shoaling*), se manifiesta en un aumento de la altura del oleaje. Este aumento se produce por el principio de conservación de la energía; para que el flujo de energía CgE no cambie, si la velocidad de grupo disminuye, la energía aumenta, lo cual implica que la altura aumenta. Así, al acercarnos a la costa se acrecentará la altura del oleaje. El hecho de que en la zona de estudio se constaten diversas islas y escollos acrecentará este efecto aun antes de producirse en la línea de costa, multiplicando su implicación como condicionante (Almazán, 2000; Gómez, 2014).

El Efecto de Refracción implica un cambio de dirección de propagación del oleaje, girando la cresta de la ola hasta ponerse paralela a las líneas batimétricas. El cambio de dirección se produce porque, al entrar una ola en una zona de poca profundidad, la parte de la cresta que está en agua más profunda se propaga a mayor velocidad, tendiendo a “alcanzar” a la parte de la cresta que está en aguas más someras (Almazán, 2000; Gómez, 2014).

El Efecto de Difracción se produce cuando la propagación del oleaje es interrumpida por un objeto cuyas dimensiones son iguales o menores a la longitud de onda. Detrás del objeto se genera una zona de sombra, pero las olas que se propagan a los lados del objeto tienden a radiar energía hacia la zona en sombra, y las crestas giran en esta dirección (Almazán, 2000; Gómez, 2014). Este efecto se produciría en la Cala Culip al contacto del oleaje con Punta Blanca, que dejaría al sur de este saliente una zona donde el oleaje presentaría este efecto y donde sería más seguro fondear.

Conocer los efectos que produce la orografía del territorio sobre el viento y el oleaje nos aporta datos necesarios para poder hacer una aproximación más efectiva de cómo estos agentes físicos condicionaron la navegación y el fondeo en época romana en la zona de estudio.

## **5.5 Análisis de las corrientes**

El Mediterráneo, al ser un mar semicerrado, establece un régimen de corrientes particular con sentido antihorario que recorre toda la cuenca mediterránea (fig. 12). Centrándonos en nuestra zona de estudio, se observan diferentes circulaciones de masas de agua clasificadas por (Millot, 1999). De entre ellas, destacamos por sus características, la Circulación Atlántica Modificada (MAW) que es la más superficial y, por tanto, la que más afectará a la navegación (Millot, 1999; Cerezo, 2016).



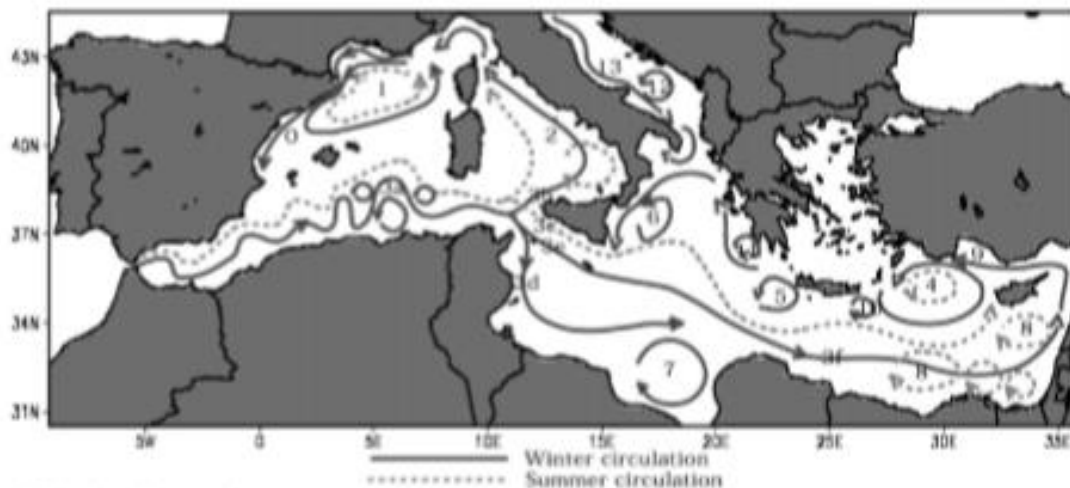


Figura 16: Imagen donde se puede apreciar el modelo de circulación del MAW. (Pinardi y Masetti, 2000).

La Circulación Atlántica Modificada (MAW) se inicia en el estrecho de Gibraltar a causa del movimiento hidrodinámico derivado de las diferencias de salinidad del Mar Mediterráneo y las aguas oceánicas atlánticas. Esta corriente circula sobre la costa norteafricana en dirección este, si bien en el estrecho de Sicilia se bifurca en dirección norte. Esta circulación recorre la línea de costa hasta alcanzar las costas francesas en el golfo de León formando la Corriente Liguro-Provenzal y, más tarde, la Corriente Catalana. La corriente catalana seguirá la dirección suroeste siguiendo la costa del levante peninsular hasta que alcanza el canal entre la plataforma continental con Ibiza, donde se divide y parte del flujo de esta masa de agua, cambiando su dirección hacia el noreste (Millot, 1999; Arnau, 2000; Pinardi y Masetti, 2000).

La circulación general de las corrientes del Mediterráneo, a su vez, está condicionada por el factor de estacionalidad (Pinardi y Masetti, 2000). Las corrientes, tiene períodos de mayor o menor intensidad. Los meses de noviembre a marzo presentan mayores intensidades (Arnau, 2000).

La zona de Cap de Creus se rige por una corriente general de masa de agua en dirección suroeste, condición que favorece la navegación en dirección sur. Este condicionante actúa de manera complementaria a los vientos y al oleaje, que están estrechamente relacionados (Cerezo, 2016). Los meses que presentan unas corrientes más potentes son los meses de *mare clausum*, dotando a este condicionante de una estacionalidad acorde con el resto de los análisis. Según Ayuso (2005), las corrientes serían un factor poco determinante para el desarrollo de la navegación.

## 5.6 Análisis de visibilidad

La visibilidad de la costa, desde una embarcación que describe una ruta náutica, es un factor fundamental de la navegación ya que condiciona el tiempo y el recorrido del viaje. Así, es importante analizar como se ve desde el mar, nuestra zona de estudio (Cerezo, 2016). Para realizar este análisis, hemos utilizado el *software* QGIS 3.6.2. NOOSA y la aplicación GRASS, que permite hacer análisis de visibilidad. Para la realización de estos

análisis es necesario introducir en un SIG, tanto ortofotos como un Modelo Digital de Elevaciones (DEM) extraído del Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), la altura del observador que ha sido extrapolada a partir del puntal hipotético de los pechos de Cala Culip sumada a la altura media de una persona, y los puntos desde donde se realizará el análisis. Para nuestro análisis de visibilidad, hemos optado por establecer dos rutas de puntos que se asocian a dos posibles rutas marítimas que pueden describir embarcaciones que bordean el Cap de Creus. Los puntos de cada ruta están separados uno del otro por doscientos metros.

El análisis de visibilidad de la ruta 2 (fig. 17) muestra que la bocana de la cala es visible durante todo el recorrido, mientras que el interior de la misma es percibido en un estrecho margen de la ruta. Además, la zona protegida de los vientos preponderantes, situada el suroeste de la cala, quedaría fuera del alcance de visión.

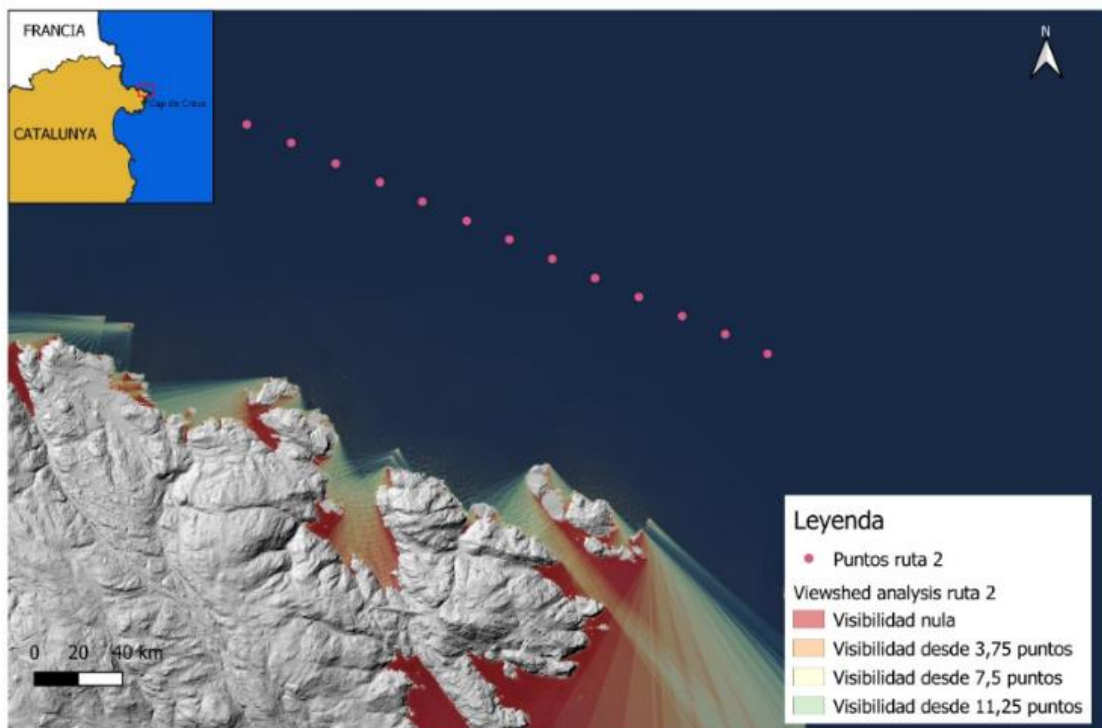


Figura 17: Mapa de visibilidad de la zona de estudio a partir de los puntos ruta 2. (Modelo realizado a partir del *software* libre QGIS 3.6.2. NOOSA y la aplicación GRASS mediante la herramienta *Viewshed Analysis*. Elaboración Propia)

El análisis de visibilidad de la ruta 1 (fig. 18), muestra que cuando nos acercamos a la costa, se reduce el tiempo de visibilidad de la bocana, sin aumentar ni el grado ni, prácticamente, el ángulo de visión. La zona de resguardo sigue siendo invisible.

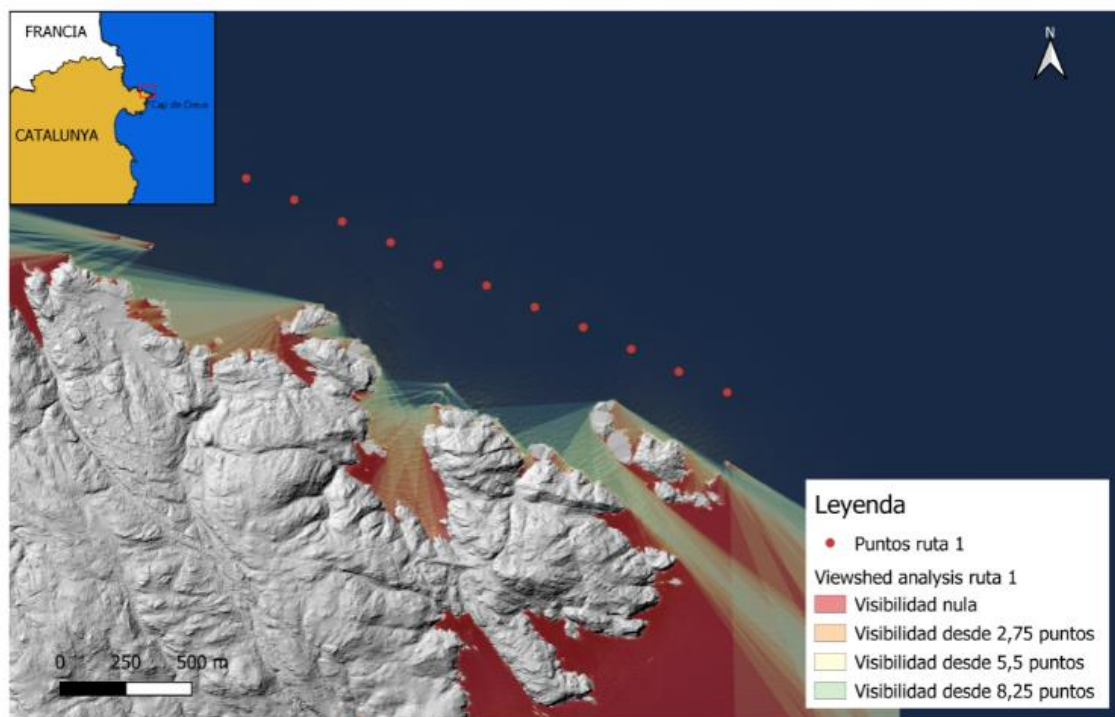


Figura 18: Mapa de visibilidad de la zona de estudio a partir de los puntos ruta 1. (Modelo realizado a partir del *software* libre QGIS 3.6.2. NOOSA y la aplicación GRASS mediante la herramienta *Viewshed Analysis*. Elaboración Propia)

A efectos de nuestro estudio, observamos que la cala es perfectamente visible desde ambas rutas y que la lejanía o cercanía a la costa no proporciona visibilidad a la zona de resguardo. Así, podemos suponer que, en presencia de condiciones adversas, los marinos intentarían guarecerse en la cala mientras que, en condiciones normales, el sitio no se usara para fondear a no ser que existiera un conocimiento previo de su presencia en el sector septentrional del Cap de Creus.

## 6. Discusión

Como se indicaba al inicio de este trabajo, el objetivo se focaliza en la caracterización del yacimiento de Cala Culip, en base al estudio de los materiales y de los condicionantes náuticos, con particular atención a su afectación a la navegación y el fondeo. Mediante este estudio se ha pretendido evaluar, desde una aproximación metodológica más amplia y novedosa, la hipótesis defendida por diversos autores sobre la función del yacimiento como punto de fondeadero para las naves que realizaban la ruta comercial entre la *Citerior-Tarraconensis* y la *Narbonensis* en ambas direcciones (Nieto, 1989a, 1989f, 2004b).

A raíz de los nuevos datos oceanográficos y meteorológicos, se ha podido constatar que la Cala Culip presenta unas condiciones poco favorables la mayor parte del año para el fondeo y la navegación. Por un lado, el análisis de la intensidad media de la fuerza de los vientos ha ofrecido unos valores entre el 4 y el 5 en la escala Beaufort, asociados a una navegación peligrosa. Por otro lado, los valores obtenidos para el oleaje, con una dimensión de 4 en la Escala de Douglas, se asocian a un fondeo molesto. Estos datos

permiten caracterizar Cala Culip como una zona de riesgo, poco apta para la navegación o el resguardo de los veleros ante condiciones meteorológicas adversas. A partir del análisis de las intensidades máximas de velocidad de los vientos, con unos coeficientes entre 7 y 8 en la escala Beaufort, y de las alturas máximas del oleaje, con unos valores entre 5 y 6 en la escala Douglas, se observa que los estados excepcionales producen una situación de riesgo extremo para la navegación, que podría ser la causa de la alta concentración de pecios en la zona. Tanto las máximas como las medias de oleaje y viento se acrecientan en el período de *mare clausum* y decrecen en el *mare apertum*. Los meses de transición son una anomalía en todos los registros siendo extremadamente peligrosos para la navegación y el fondeo (Moreno, 2005).

La zona de Cap de Creus es conocida por los temporales de Tramontana (vientos de norte y noreste) y por los temporales de Mistral (viento de norte y noroeste) que pueden alcanzar intensidades máximas en la Escala Beaufort. En este contexto, el enclave concreto de Cal Culip presenta una bocana abierta al norte. En la parte suroeste se encuentra una pequeña zona de rasero de los vientos de componente noroeste, mientras que la parte sureste se caracteriza por un conjunto de rocas sumergidas. Los vientos predominantes en la zona son de componente norte, noroeste y nornoroeste lo cual sumado a la orientación de la bocana produce un corredor de eje norte-sur que incrementa la fuerza del viento y la amplitud del oleaje. Esta situación convierte la cala en un accidente geográfico de difícil acceso y de casi imposible salida en situaciones extremas (Nieto, 1989a).

Como bien describe Moreno (2005, 784), “Cualquier ruta de navegación es, en realidad, un corpus de saber acumulado que responde a una serie de condiciones de la navegación propias de un lugar y una época concretos. En este caso, dichas condiciones vienen marcadas por la distribución geográfica de los puntos entre los que se quiere navegar; las características del relieve, el mar y el clima Mediterráneo; las limitaciones de una nave de vela cuadra y sin quilla de aleta y el conjunto de fuerzas que el viento y el agua ejercen sobre el barco (rozamiento y efecto de deriva. ) Cualquiera de estos factores establece limitaciones inevitables que, en los estudios sobre navegación en la antigüedad, no siempre se han evaluado correctamente.”

Los restos arqueológicos analizados en Cala Culip presentan una datación que abarca mayoritariamente entre época tardo-republicana y la época alto-imperial romana y pertenecían a embarcaciones que realizaban dos tipos de rutas comerciales (Nieto, 1989e, 1989f y 2004b). La primera de carácter redistributivo, con eje norte-sur, cuyo referente en esta investigación son el Culip IV y el Culip VIII; la segunda corresponde a una posible ruta distributiva con eje sur-norte extraída del análisis del Culip I y Culip III. A pesar de la escasez de datos arqueológicos sobre estos dos pecios, la importancia de esta segunda ruta comercial viene avalada por el hallazgo de numerosos pecios, en la costa catalana y la costa meridional francesa, cuyo cargamento principal está constituido por ánforas vinarias fabricadas en *Hispania Citerior-Tarraconensis* y cuyo destino pudo ser la ciudad portuaria de *Narbo-Martius* (Narbona) (Nieto y Raurich, 1998). Entre los casos más cercanos al área de estudio destacamos los pecios de Els Ullastres (Palafrugell) y Cap del

Vol (Port de la Selva) (Martínez *et al.*, 2013a), así como los hallados en Port-Vendres (Pirineos Orientales, Francia), como son Cap Béar 3, Port Vendres 4 y Port Vendres 5 (Martínez *et al.*, 2013b, 2015). Las dos rutas propuestas transcurrirían sobre el mismo eje regional de conexión entre la *Citerior-Tarraconensis* y la *Narbonensis*. Se trataba posiblemente en un mismo circuito comercial cerrado, por lo que ambas rutas coinciden en tener que solventar los riesgos que presenta la zona de Cap de Creus (Nieto 1989e, 1989f y 2004b; Vivar, 2004).

Para entender mejor el papel de Cala Culip en la navegación de época romana, al análisis de los condicionantes debemos sumar el conocimiento sobre las características arquitectónicas de los navíos que realizaban travesías en ambas direcciones (De Juan, 2013).

Los restos arquitectónicos navales de los diversos pecios identificados en el yacimiento de Cala Culip son especialmente escasos. A partir del contenido del cargamento y de su distribución espacial, se han propuesto aproximaciones a las medidas de dos de ellos. Por un lado, en el caso del Culip IV se ha propuesto una eslora de entre 9,5 y 10,5 m, una manga de 3 m y un puntal aproximado de 1,20 m (Nieto y Pujol, 1989b). Por otro lado, para el Culip VIII se ha establecido una eslora de un mínimo de 6,25 m, 1,84 m de manga y 1 m de puntal (Nieto, 2004b).

En el marco de la investigación doctoral realizada por De Juan (2013), en la que estudia la arquitectura naval de las embarcaciones en el período romano, podemos extrapolar cautelarmente, por cronología y rutas de navegación regionales, unas posibles características arquitectónicas navales para los pecios documentados en Cala Culip. En esta tesis, estos datos ya han sido relacionados con algunos de los pecios tratados en las principales monografías consultadas (Nieto *et al.*, 1989; Carreras *et al.*, 2004). Así, los pecios encontrados en Cala Culip, podrían ponerse en relación, al menos en términos generales, con la *firma arquitectural*<sup>7</sup> de la *Gallia Narbonensis*, que se caracteriza por barcos con una eslora bastante reducida. La mayoría de los pecios encontrados en la *Hispania Citerior-Tarraconensis*, presentan unas líneas del casco aplanadas y una quilla más ancha que alta. Son embarcaciones de poco calado lo que le permitiría navegar por zonas someras, pero, a su vez, los haría más susceptibles de sufrir los efectos de la deriva. En época Altoimperial encontramos en relación con la *Gallia Narbonensis* ejemplos de estas particularidades arquitecturales en pecios como el *Saintes Maries de la Mer 2 y 24*, *Barthélémy B*, *Perduto 1*, *Baie del'Amitié* (De Juan, 2013).

El análisis de la maniobrabilidad de las embarcaciones de época romana ha sido desarrollado por Stefano Medas (2004, 2009), quien ha analizado el funcionamiento de la vela cuadra, con sus ventajas y sus inconvenientes. La vela cuadra, por su perfil aerodinámico bajo (Moreno, 2005), presenta unas limitaciones para remontar el viento, no puede seguir un rumbo contrario al viento sino es realizando amplios movimientos en

---

<sup>7</sup> La firma arquitectural determina una manera de construir los barcos (p.e. según zonas geográficas, espacios náuticos de navegación o tipo de cargamento) dentro de una misma familia arquitectural. (De Juan Fuertes, 2013 p. 71)

zig-zag. Estas limitaciones se acrecientan si la embarcación tiene unas líneas de casco planas, ya que al no ofrecer fricción a las tensiones que genera el viento sobre las velas, la embarcación se desplazará y perderá rumbo en sentido contrario de donde viene el viento. Según Medas (2004, 2009), existen diferentes maniobras que la embarcación puede llevar a cabo para remontar el viento en condiciones favorables. Sin embargo, con mal tiempo, esas maniobras son muy arriesgadas de realizar ya que solo la acción de intentar remontar el viento cuando sopla fuerte comporta causar tensiones altas en la embarcación. Cada vez que se maniobra con viento fuerte, las estructuras de la embarcación sufren un estrés tensional que puede comportar roturas o corrimientos en el cargamento que, en embarcaciones pequeñas y de poco calado, podría provocar la desestabilización total de la embarcación y entrar en una situación de no gobierno (Medas, 2004, 2009).

La embarcación está sujeta a tensiones derivadas del impacto frontal del oleaje en el casco, pero también de movimientos que éste genera en la nave conforme esta avanza, estableciendo flexiones y cortes. Cuando el oleaje es fuerte, se produce el arrufo, posición en que el centro del barco se encuentra en la sección más baja entre dos olas, y el quebranto, la posición cuando se encuentra en la sección más alta entre dos olas. Las partes más expuestas a sufrir son las que se encuentran en suspensión. Según las consideraciones extraídas de las monografías (Nieto, 1989d; Nieto, 2004b), el cargamento debía situarse en el centro de la embarcación por lo que el arrufo será la posición más peligrosa para una embarcación respecto al oleaje (Historia y Arqueología Marítima, s.f.)

Como hemos expuesto anteriormente, el régimen de viento y oleaje mayoritarios en Cap de Creus tiene un componente norte con altas intensidades durante la mayor parte del año, lo que propiciaría una navegación en dirección sur y evidentemente, condicionaría negativamente la navegación en dirección norte. Según se puede extraer de los manuales actuales de navegación (Izquierdo, 2018) para navegar hace falta viento, pero no todos los vientos son navegables incluso cuando parecen propiciar la navegación. Existen limitaciones a las que la estructura de la embarcación y del aparejo del velamen no puede hacer frente. De este modo, se establece un rango de navegabilidad respecto a la intensidad del viento, enmarcada en la escala de Beaufort entre un 1 y un 5 (Izquierdo, 2018). Teniendo en cuenta esta referencia, los análisis de los vientos demuestran que los vientos de componente norte y noroeste se sitúan mayoritariamente en un valor en la escala de 5 o más, encontrándose en los límites de la navegabilidad. El análisis del comportamiento del oleaje con la orografía permite establecer que en las zonas cercanas a Cala Culip se produce, entre otros, el Efecto de Asomeramiento (Almazán, 200; Gómez, 2014), generando más altura en el oleaje, lo que aumentaría los esfuerzos internos y externos de la embarcación (Historia y Arqueología Marítima, s.f.)

De este modo, los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten plantear la existencia de unos condicionantes náuticos de riesgo en la navegación de las rutas propuestas, a los que habría que añadir un mayor índice de peligrosidad derivado de las características de la arquitectura naval y la maniobrabilidad de las naves de época romana

que seguían estas rutas. Las características técnicas y físicas de las embarcaciones y las particularidades meteorológicas son las que nos permiten proponer una caracterización diferente del yacimiento arqueológico.

Todos los datos obtenidos del estudio sostienen que Cala Culip no era la mejor elección para resguardarse en momentos de mala mar (fig.19). Pese a que existen otros puntos cercanos de fondeo seguro, localizados en el sur de Cap de Creus, en ningún caso se ha hallado la cantidad de evidencias de pecios de época romana que caracteriza a Cala Culip. Las embarcaciones que desde la *Narbonensis* viajaban hacia la *Tarraconensis*, como es el caso de Culip IV y Culip VIII (Nieto, 1989e, 1989f y 2004b), podrían haber fondeado de forma más segura en Cala Jugadora, situada a dos millas, lo que comporta media hora más de viaje, en Portlligat, distanciada 3 millas, que representa 45 minutos más de trayecto, y en la bahía de Cadaqués, situada a 5 millas, que comportaría 1 hora y cuarto aproximadamente más de viaje<sup>8</sup>. En el caso de las embarcaciones que, partiendo de la *Tarraconensis* querían alcanzar Narbona o los centros portuarios del sur de la *Gallia*, su necesidad de refugio en Cala Culip se entiende como respuesta a la situación adversa tras haber dejado atrás las zonas de fondeadero más seguras.



Figura 19: Fotografía que nos permite observar desde la situación de localización mayoritaria del material arqueológico encontrado en Cala Culip la abertura de la cala. (Nieto el alii, 1989)

Si entendemos que, en la ruta norte-sur la Cala Culip no sería un lugar idóneo de fondeo ya que existen alternativas más seguras, menos podríamos considerarla como tal, en las

---

<sup>8</sup> <http://www.millometro.com/>



rutas de sentido inverso, ya que a tan solo 13 millas del lugar se halla el Golf de Roses que proporciona un resguardo excepcional.

Los resultados de la aproximación metodológica desarrollada en este estudio apuntan a que Cala Culip no puede ser definida como un fondeadero. Sin embargo, sigue pendiente una explicación para la concentración del material arqueológico que en ella se ha encontrado. Creemos que la ubicación de los pecios en la Cala Culip responde a los riesgos náuticos y técnicos propios de la navegación y no del fondeo.

Como se observa en el mapa de densidad a color (fig. 20), los pecios se concentran sobre todo en la parte sur, noreste y este de la cala, alineándose con la dirección de los vientos mayoritarios de NNW y N y del oleaje.

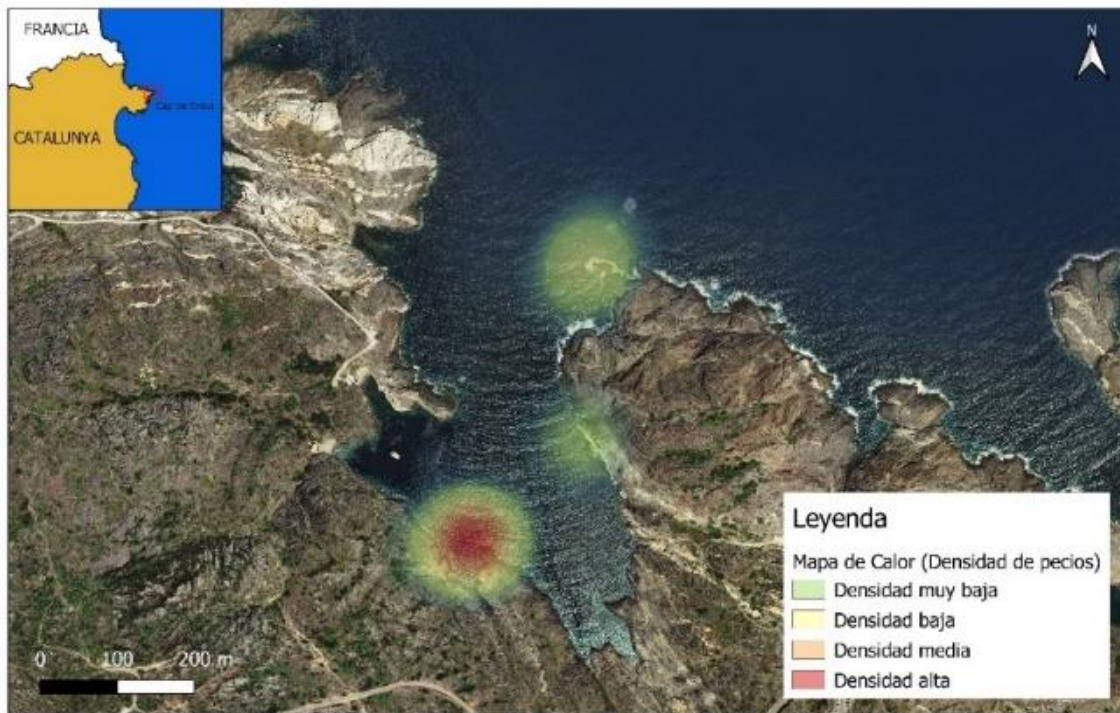


Figura 20: Mapa de densidad (*Heatmap*) de los materiales arqueológicos encontrados en Cala Culip. (Modelo realizado a partir del *software* libre QGIS 3.6.2. NOOSA y la aplicación GRASS *kernel density estimation*. Elaboración Propia)

La cala presenta una bocana abierta al norte alineándose con la dirección de los vientos y oleaje mayoritarios, provocando un corredor de eje norte sur donde se producen diversos efectos físicos que magnifican la altura del oleaje, la intensidad de las corrientes y la velocidad del viento, estableciendo un canal de maximización de los condicionantes náuticos. Es significativo que la mayoría de material arqueológico localizado (Culip I, Culip II, Culip IV, Culip VI, Culip VII y el Culip VIII) se encuentre al final de ese canal (Nieto, 1989a; Carreras *et al.*, 2004). Es probable que una embarcación que con temporal intentara entrar en la bahía, acabara siendo arrastrada al final de esta por los efectos del canal, mientras que, si estuviera anclada en la zona protegida, al suroeste, se esperaría que los restos de las embarcaciones fueran empujados hacia la zona suroeste, por el efecto esquina del viento norte.



La localización del material situado a la entrada de la cala (Culip III y Culip V) se explicaría por la dificultad de maniobra y deriva de las embarcaciones. Un viento de componente N y NNW y el oleaje de N de una intensidad superior a la habitual, podría empujar las embarcaciones contra la parte este de boca en su intento de buscar refugio en el interior de la cala frente a las condiciones adversas. Se ha documentado un cepo de plomo de 40 kg cerca del Culip III y otro probablemente perteneciente al Culip V en la bocana de la cala, pero no se han encontrado los pertenecientes a los pecios que reposan al final de la misma. En una interpretación que contemple que los navíos siniestrados estaban inmersos en unas condiciones de temporal (Nieto, 1989a y 2004a), se podría pensar que esa ausencia es debido a la maniobra náutica de capear el temporal lanzando el ancla para evitar la deriva (Izquierdo, 2018). En caso de rotura de la sujeción del ancla, el navío sería arrastrado sin gobierno según la dirección del viento. Eso explicaría que el ancla no apareciera junto al pecio.

Desde nuestro punto de vista, y fruto de los análisis realizados, consideramos que Cala Culip presenta un rango muy peligroso de maniobrabilidad náutica de entrada y de salida. El espacio de maniobrabilidad de la cala se ajusta en el saliente de Punta Blanca (situado en el interior de la cala en la parte oeste), conformando un canal de maniobrabilidad horizontal segura de poco más de 100 metros. Si se tiene en cuenta que posiblemente se traten de embarcaciones de casco plano (De Juan, 2013), impulsados por una vela cuadra con imposibilidad de navegar a menos de 60° cerrados al viento (Medas, 2004, 2009), se entiende que las maniobras de entrada y salida de la cala resulten complejas en una situación meteorológica usual. Con vientos y oleajes fuertes, la situación de navegabilidad en la cala pasa a ser de alto riesgo para la seguridad de la embarcación. Es lógico pensar que un marino, a la hora de escoger un lugar donde fondear, piense la posibilidad de que las condiciones cambien y más en la zona de estudio que, como vemos, no es una zona de altas prestaciones para el fondeo sino más bien todo lo contrario.

Destacar, para finalizar, que las monografías estudiadas arrojan un índice bajo de descentralización y rodamiento del material al menos para los pecios Culip IV y el Culip VIII (Nieto, 1989b y 2004a). Para el resto de los pecios individualizados no contamos con estudios que nos indiquen que dinámicas deposicionales y postdeposicionales pudieron haber sufrido los materiales. Creemos contar con evidencias suficientes para sustentar nuestra hipótesis y, de manera cautelara, interpretarlos y contextualizarlos en nuestro enfoque interpretativo.

## 7. Conclusiones

Derivado de los datos aportados por nuestros análisis, proponemos que Cala Culip no representa un enclave con las cualidades náuticas de refugio y resguardo asociadas a un fondeadero o *statio*<sup>9</sup>. Consideramos, con la debida prudencia, que el yacimiento arqueológico subacuático de Cala Culip se caracteriza por contener un gran número de

---

<sup>9</sup> Término latín traducido como fondeadero o anclaje.

naufragios<sup>10</sup> fechados en época tardo-republicana y alto-imperial romana, producto de situaciones inesperadas durante la navegación que requirieron maniobras no previstas. Sin embargo, la cala no cumpliría la función de fondeadero seguro.

El término fondeadero o *statio*, ha generado un arduo debate en cuanto a sus características y atribuciones técnicas, económicas, como náuticas. Sin embargo, parece que existe un cierto consenso de las capacidades y funciones que ha de presentar una *statio* marítima. Según Cerezo (2016), “es un lugar donde las embarcaciones pueden fondear durante un tiempo determinado para abastecerse, pasar la noche o buscar refugio durante una tempestad”; según De Juan (2009), “en la *statio* las naves se refugian, hacen parada técnica o participan de operaciones comerciales”. Desde esta perspectiva terminológica, planteamos que en Cala Culip las investigaciones no han demostrado que se desarrollaran en dicho enclave operaciones comerciales marítimas. Se constata la posibilidad de que se pudiera hacer aguada en esa cala, pero no se confirma para la cronología de los materiales del yacimiento. La posibilidad de parada nocturna o técnica sería la más plausible, aunque desde el estudio de los condicionantes náuticos y el flujo marítimo desarrollado en la época en estudio, parece que esa posibilidad proporciona más inconvenientes que soluciones. Las pocas o nulas prestaciones de Cala Culip para el fondeo y las altas posibilidades de un cambio climatológico adverso, convertirían el supuesto refugio en una zona sin escapatoria para las naves. Por ello, parece más aconsejable fondear en las zonas de refugio situadas a pocas millas en la cara sur del promontorio de Cap de Creus.

En base al estado actual de las investigaciones, la disposición de los materiales arqueológicos presentes en Cala Culip no sugiere una correspondencia con los materiales que deberíamos encontrar en un fondeadero. Según algunos autores, los contextos de fondeadero, (De Juan, 2009; Cerezo, 2016), comprenderían partes de la carga que está en mal estado, reparaciones de la embarcación, restos de comida y útiles culinarios entre otros restos, es decir, todo aquello que es lanzado al mar voluntaria o involuntariamente cuando las naves estaban fondeadas. Creemos que Cala Culip no presenta estas atribuciones de contexto de fondeadero debido a que los restos materiales que encontramos se adscriben a la totalidad o parte mayoritaria del cargamento de las embarcaciones. Aun teniendo en cuenta que un fondeadero puede presentar restos de pecios, consideramos que, en nuestro caso de estudio, sus particularidades y su distribución espacial dentro de la cala no sostiene una interpretación de Cala Culip como fondeadero a partir de las evidencias materiales. Desde nuestro punto de vista, el material arqueológico hallado en Cala Culip es producto de naufragios sufridos por las embarcaciones a causa de la orografía, las condiciones meteorológicas y las limitaciones náutico-estructurales y de maniobrabilidad de las propias naves en su derrota hacia los puertos de origen y destino siguiendo una línea regular de tráfico comercial muy utilizada durante época tardo-republicana y alto-imperial. La formación de estos depósitos arqueológicos accidentales puede deberse a diversas causas. Por un lado, podrían

---

<sup>10</sup> Término utilizado para describir un yacimiento conformado por pecios pero que no cumple las funciones ni los restos materiales asociados a un fondeadero (Cerezo, 2012)

responder a embarcaciones que, siguiendo la ruta de redistribución desde el sur de la *Gallia* hacia la *Citerior-Tarraconensis*, se encontrarán con vientos de componente N o NNW demasiado fuertes para que la estructura de la carga o de la embarcación pudiera soportarlos. En esta situación, las embarcaciones podrían buscar refugio en la cala o ser arrastradas por la deriva hacia la costa cuando intentaban bordear el Cap de Creus. Por otro lado, las embarcaciones que siguieran la ruta de distribución desde la *Citerior-Tarraconensis* hacia la *Narbonensis* y, al girar el Cap de Creus se encontrasen con vientos adversos, presentarían problemas de maniobrabilidad y de rumbo, por lo que buscarían refugio para no mantenerse a la deriva. La plausibilidad de esta situación queda abalada en parte, por los análisis de visibilidad, que nos indican que la cala sería vista y observable desde la línea de la travesía.

Según Nieto, “[...] *es impensable que els mariners, sorpresos per una tramuntanada, cerquessin refugi al lloc més inadequat de la zona i més quan a escassos minuts, en girar Cap de Creus cap al sud, es trobarien a recer.*” (Nieto, 2004a, 9-10). Si bien estamos plenamente de acuerdo con esta afirmación, entendemos que cuando una embarcación de esas características está sujeta a un temporal las decisiones u opciones a que pueda hacer frente se ven condicionadas y mermadas de tal modo que puede presentar comportamientos “anómalos”. Como en este caso, la búsqueda de refugio en Cala Culip.

Con este trabajo sobre la función de fondeadero o no del yacimiento arqueológico subacuático de Cala Culip, pretendemos contribuir a ampliar el *corpus* de conocimiento de este yacimiento desde otro enfoque.

No obstante, presentamos esta línea interpretativa de modo complementario. El objetivo de este trabajo es aportar un nuevo enfoque al *corpus* de conocimiento del yacimiento arqueológico subacuático de Cala Culip y promover nuevos trabajos e investigaciones en este u otros yacimientos subacuáticos utilizando la metodología del Paisaje Cultural Marítimo.

## **8. bibliografía**

Alaminos, A., Casas, J. y Rocas, X (1989). Cargament de la nau, en: X. Nieto, A. Jover, P. Izquierdo, A. Puig, A. Alaminos, A. Martín, M. Pujol, H. Palou, S. Colomer (eds.) *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip 1*. Centre d'investigacions arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica Núm. 9, Girona, pp. 113-122.

Almazán, J. (2000). Introducción al diseño de obras de defensa de formas costeras de depósito. *Edit. ETS Ing. Caminos, C. y P.*

Arnau, P. A. (2000). *Aspectos de la variabilidad de mesoescala de la circulación marina en la plataforma continental catalana* (Tesis Doctoral). Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Arnaud, P. (2005). *Les routes de la navigation antique: Itinéraires en Méditerranée*. Editions Errance.

AA.VV. (1999): *Atles Ambiental de la Mediterrània: Estructura del territori i del paisatge*. Colaboración entre Institut Català de la Mediterrània, Institut Cartogràfic de Catalunya, Estudi Ramon Folch. Patrocinio de UNESCO y AECI, Primera edición, Editorial Pòrtic, Barcelona.

Berni Millet, P. (1998). Las ánforas de aceite de la Bética y su presencia en la Cataluña romana. *Instrumenta 4*, Barcelona.

Berni Millet, P. (2008). Epigrafía anfórica de la bética. Nuevas formas de análisis. *Instrumenta 28*. Barcelona.

Berni Millet, P. (2011)., Tipología de la Haltern 70 bética, In: *Ánforas romanas de Lugo*, Trabajos de Arqueología, vol. 3, Lugo.

Buixeda, J., Martínez, V., Vila, Ll. (2004). Caracterització arqueomètrica de les ànfores Pascual 1 del derelicte Culip VIII, en: C. Carreras, A. Aguilera, P. Berni, E. Garrote, P. Marimón, R. Morals, J. Moros, X. Nieto, A. Puig, J. Remesal, R. Rovira y G. Vivar (eds.) *Culip VIII i les ànfores Haltern 70*, Monografies del CASC, 5. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona, pp. 167-173.

Camus, P., Mendez, F. J., Medina, R., Tomas, A., Izaguirre, C. (2013). High resolution downscaled ocean waves (DOW) reanalysis in coastal areas. *Coastal Engineering*, 72, pp. 56–68.

Carreras, C., Aguilera, A., Berni, P., Garrote, E., Marimon, P., Morais, R., Moros, J., Nieto, X., Puig, A., Ramesal, J., Rovira, R., Vivar, G. (2004). Culip VIII y les ànfores Haltern 70. Monografies del CASC, 5. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona.

Carreras, C. (2004a). Geografía de la producción de les Haltern 70, en: C. Carreras, A. Aguilera, P. Berni, E. Garrote, P. Marimón, R. Morals, J. Moros, X. Nieto, A. Puig, J. Remesal, R. Rovira y G. Vivar (eds.) *Culip VIII i les ànfores Haltern 70*, Monografies del CASC, 5. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona, pp. 75-81.

Carreras, C. (2004b). Tipologia d'Haltern 70 del Culip VIII, en: C. Carreras, A. Aguilera, P. Berni, E. Garrote, P. Marimón, R. Morals, J. Moros, X. Nieto, A. Puig, J. Remesal, R. Rovira y G. Vivar (eds.) *Culip VIII i les ànfores Haltern 70*, Monografies del CASC, 5. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona, pp.139-147.

Casson, L. (1991). *The Ancient Mariners: Seafarers and Sea Fighters of the Mediterranean in Ancient Times. (Second Edition)*. Princeton University Press.

Cid, A., Castanedo, S., Abascal, A. J., Menéndez, M., Medina, R. (2014). A high resolution hindcast of the meteorological sea level component for Southern Europe: the GOS dataset. *Climate Dynamics*, 43(7–8), 2167–2184.

Cerezo Andreo, F. (2012). La colección material del yacimiento subacuático de Escolletes. Arqueología náutica y dinámicas comerciales en el Sureste Ibérico en época Bajo Imperial. *Actas de las Jornadas de ARQUA*, pp.139-143.

Cerezo Andreo, F. (2014a). Georreferenciación de Planos Históricos. Uso de los SIG para recuperar información arqueológica de documentos históricos. En X. Nieto Prieto y M. Bethencourt Núñez (Eds.), *I Congreso de Arqueología Náutica y Subacuática española*. Universidad de Cádiz, Cádiz, pp. 339-344.

Cerezo Andreo, F. (2014b). Los condicionantes náuticos en la comprensión de los contextos arqueológicos subacuáticos. En *I Congreso de Arqueología Náutica y Subacuática española*. Universidad de Cádiz, Cádiz, pp. 442-458.

Cerezo Andreo, F. (2015). La colección material del yacimiento subacuático de Escolletes: arqueología náutica y dinámicas comerciales en el Sureste ibérico en época bajoimperial. *I Encuentro de Jóvenes Investigadores en Arqueología de la Región de Murcia de la arqueología prehistórica a la arqueología industrial*, pp. 449-496.

Cerezo Andreo, F. (2016). *Los puertos antiguos de Cartagena: geoarqueología, arqueología portuaria y paisaje marítimo: un estudio desde la arqueología náutica* (Tesis doctoral). Murcia: Facultad de Letras, Universidad de Murcia.

Davis, B. A., Brewer, S., Stevenson, A. C., Guiot, J. (2003). The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. *Quaternary science reviews*, 22(15-17), pp. 1701-1716.

De Juan Fuertes, C. (2009). La bahía de l'Albufereta (Alicante). Una "statio" náutica en el levante peninsular. *SAGVNTVM. Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, 41, pp. 129-148.

De Juan Fuertes, C. (2013). *Los veleros de comercio romano del Mediterráneo Occidental: análisis de familias y firmas arquitecturales (s. III aC-II dC)* (Tesis Doctoral). Valencia: Departament de Prehistòria i Arqueologia, Facultat de Geografia e Història, Universitat de València.

Díes Cusí, E. (2005). Los condicionantes técnicos de la navegación fenicia en el Mediterráneo Oriental, en PEÑA, V., WAGNER, C.G. y MEDEROS, A. (eds.): *La navegación fenicia. Tecnología naval y derroteros. Encuentro entre marinos, arqueólogos e historiadores*, Centro de Estudios Fenicios y Púnicos, Madrid, pp. 55-84.

Ford, Ben (ed.). 2011. *The Archaeology of Maritime Landscapes. When the Land Meets the Sea, Vol. 2*. Springer, New York.

Galvis García, C. (2012). *Cerámica y paisaje en el Cerro el Volador, un acercamiento a los análisis espaciales a través de los sistemas de información geográfica (SIG)*. (Doctoral dissertation). Medellín: Departamento de Antropología, Universidad de Antioquia.

García Vargas, E., y Bernal Casasola, D. 2008, *Ánforas de la Bética*, In: *Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión*, Universidad de Cádiz, Cádiz.

Gianfrotta, P. A., Pomey, P., Nieto Prieto, X., y Tchernia, A. (1997). *La navigation dans l'Antiquité*. Édisud.

Giralt, S., Burjachs, F., Roca, J. R., y Julià, R. (1999). Late glacial to early holocene environmental adjustment in the Mediterranean semi-arid zone of the Salines playa-lake (Alacante, Spain). *Journal of Paleolimnology*, 21(4), pp. 449-460.

Gómez Lahoz, M. (2014). *Modelos de predicción de vientos y oleaje*. II Maestría interuniversitaria en ingeniería de puertos y costas, ULPGC, Las Palmas de Gran Canaria.

González, J., González, C., Gonzáles, M. (2004). Análisis arqueométricos de las ánforas Haltern 70 originarias de la Bética y procedentes del pecio Culip VIII, *Culip VIII i les ànfores Haltern 70*, Monografies del CASC, 5. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona, pp. 159-164.

Guerrero Ayuso, V. M. (2005). Las islas Baleares en los derroteros del Mediterráneo Central y Occidental. *La navegación fenicia : tecnología naval y derroteros : encuentro entre marinos, arqueólogos e historiadores*, pp. 85-134.

Historia i Arqueologia Marítima (s.f). Prefectura naval argentina-Agenda Guardacostas 2012. Recuperado de Teoría del Buque: <http://www.histarmar.com.ar/nomenclatura/TeoriadelBuque.htm>

Izquierdo i Tugas, P. (1989). Carregament de la nau, en: X. Nieto, A. Jover, P. Izquierdo, A. Puig, A. Alaminos, A. Martín, M. Pujol, H. Palou, S. Colomer (eds.) *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip 1*. Centre d'investigacions arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica Núm. 9, Girona, pp. 59-82.

Izquierdo i Tugas, P. (1996). Los condicionantes de la navegación en la antigüedad: una aproximación al caso de la provincia Hispania Citerior mediterránea. *La construcción naval y la navegación: I Simposio de Historia de las Técnicas: Cantabria 26, 27 y 28 octubre 1995*. Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, SEHCYT, pp. 299-306.

Izquierdo i Tugàs, P. (2009). Introducció a l'arqueologia portuària de la tarraconense, en X. Nieto Prieto y M.A. Cau Ontiveros (eds.), *Arqueologia Nàutica Mediterrània*, Monografies del CASC 8, Girona, pp. 443-455.

Izquierdo i Tugàs, P. (2018). Condiciones y conocimientos náutico-marinas en la antigüedad, en J.M. López y M.M. Ros (eds.), *Navegar el Mediterráneo*, Phicaria, VI, Encuentros Internacionales del Mediterráneo. Universidad Popular de Mazarrón, Mazarrón, pp. 17-35.

Juan-Tresserras, J., Matamala, J.C. (2004). Estudio de las resinas y los contenidos de las ánforas Haltern 70 de Culip VIII, en: C. Carreras, A. Aguilera, P. Berni, E. Garrote, P. Marimón, R. Morals, J. Moros, X. Nieto, A. Puig, J. Remesal, R. Rovira y G. Vivar (eds.) *Culip VIII i les ànfores Haltern 70*, Monografies del CASC, 5. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona, pp. 159-164.

Martín, A (1989). Carregament de la nau, en: X. Nieto, A. Jover, P. Izquierdo, A. Puig, A. Alaminos, A. Martín, M. Pujol, H. Palou, S. Colomer (eds.) *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip I*. Centre d'investigacions arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica Núm. 9, Girona, pp.123-164.

Martínez Ferreras, V., Capelli, C., Cabellar, R. y Nieto, X. (2013a). From Hispania Tarraconensis (NE Spain) to Gallia Narbonensis (S France) New data on Pascual 1 amphorae tarde in the Augustan period, *Ancient Ceramics-Analysis and Components. Applied Clay Science*, 82, pp. 70-78.

Martínez Ferreras, V., Jézégou, M.P., Descamps, C., Salvat, M. (2013b). La proveniencia de las ánforas vinarias tarraconenses del pecio Port-Vendres 5 (Pirineos Orientales, Francia), en: X. Nieto, A. Ramírez y P. Recio (eds.), *Navegación y Comercio en la Antigüedad. Actas del I Congreso de Arqueología Náutica y Subacuática Española, Cartagena*, 14-16 marzo 2013, ArNSe, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid, pp. 109–125.

Martínez Ferreras, V., Capelli, C., Jézégou, M.P., Castellví, G., Salvat, M., Cabella, R. (2015). The Port-Vendres 4 Shipwreck Cargo: evidence of the Roman wine trade in the western Mediterranean, *International Journal of Nautical Archaeology*, 44-2, pp. 277-299.

Martínez Ferreras, V. (2015). La difusió comercial de las ánforas vinarias de Hispania Citerior-Tarraconensis (s. I aC-I dC). *Archaeopress Roman Archaeology*, 4. ISBN 978 1 78491 062 4.

Mauri, A., Davis, B. A. S., Collins, P. M., Kaplan, J. O. (2014). The influence of atmospheric circulation on the mid-Holocene climate of Europe: a data–model comparison. *Climate of the Past*, 10(5), pp. 1925-1938.

Mauri, A., Davis, B. A. S., Collins, P. M., Kaplan, J. O. (2015). The climate of Europe during the Holocene: a gridded pollen-based reconstruction and its multi-proxy evaluation. *Quaternary Science Reviews*, 112, pp. 109-127.

Medas, S. (2004). *De Rebus Nauticis: L'arte della navigazione nel mondo antico (Studia Archaeologica)*. L'Erma di Bretschneider.

Medas, S. (2009). Andature e manovre con la vela quadra. *Arqueologia Nàutica Mediterrània*, Monografies del CASC 8. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona, pp. 419-426.

Millot, C. (1999). Circulation in the western Mediterranean Sea. *Journal of Marine Systems*, 20(1-4), pp. 423-442.

Moreno Torres, S. (2005). Rutas de navegación en el Mediterráneo Occidental: condicionantes atmosféricos y aspectos técnicos de la navegación en la antigüedad. *Mayurqa*, 30(2), pp. 781-800.

Nicolle, A., Garreau, P., Liorzou, B. (2009). Modelling for anchovy recruitment studies in the Gulf of Lions (Western Mediterranean Sea). *Ocean Dynamics*, 59(6), pp. 953-968.

Nieto, J., y Picon, M. (1986). El pecio Culip IV: observaciones sobre la organización de los talleres de Terra sigillata de La Graufesenque [avec une note de Maurice Picon: Analyses de céramiques de l'épave Culip IV et corrections d'altération]. *Archaeonautica*, 6(6), pp.81-119.

Nieto, X. (1989a). El jaciment arqueològic Culip IV. en: X. Nieto, A. Jover, P. Izquierdo, A. Puig, A. Alaminos, A. Martín, M. Pujol, H. Palou, S. Colomer (eds.) *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip 1*. Centre d'investigacions arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica Núm. 9, Girona, pp. 22-29.

Nieto, X. (1989b). Metodología de treball. en: X. Nieto, A. Jover, P. Izquierdo, A. Puig, A. Alaminos, A. Martín, M. Pujol, H. Palou, S. Colomer (eds.) *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip 1*. Centre d'investigacions arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica Núm. 9, Girona, pp. 33-55.

Nieto, X. (1989c). Carregament de la nau, en: X. Nieto, A. Jover, P. Izquierdo, A. Puig, A. Alaminos, A. Martín, M. Pujol, H. Palou, S. Colomer (eds.) *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip 1*. Centre d'investigacions arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica Núm. 9, Girona, pp.165-194.

Nieto, X. (1989d). Volum i disposició de la càrrega del vaixell: Una reconstrucció hipotètica. en: X. Nieto, A. Jover, P. Izquierdo, A. Puig, A. Alaminos, A. Martín, M. Pujol, H. Palou, S. Colomer (eds.) *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip 1*. Centre d'investigacions arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica Núm. 9, Girona, pp. 228-235.



Nieto, X. (1989e). El port d'origen i la data del naufragi. en: X. Nieto, A. Jover, P. Izquierdo, A. Puig, A. Alaminos, A. Martín, M. Pujol, H. Palou, S. Colomer (eds.) *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip I*. Centre d'investigacions arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica Núm. 9, Girona, pp. 235-238.

Nieto, X. (1989f). La ruta de la nau i la ruta del carregament: Una hipòtesis de treball sobre l'organització del comerç naval en el segle I d.C. en: X. Nieto, A. Jover, P. Izquierdo, A. Puig, A. Alaminos, A. Martín, M. Pujol, H. Palou, S. Colomer (eds.) *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip I*. Centre d'investigacions arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica Núm. 9, Girona, pp. 239-246.

Nieto, X., Jover, A., Izquierdo, P., Puig A., Alaminos, A., Martín, A., Pujol, M., Palou, H., Colomer, S. (1989). Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip 1. Centre d'investigacions arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica Núm. 9, Girona.

Nieto, X. y Martín, A. (1989). Els *Sigilla* Observacions sobre la producció i comercialització de les ceràmiques de la Graufesenque, en: X. Nieto, A. Jover, P. Izquierdo, A. Puig, A. Alaminos, A. Martín, M. Pujol, H. Palou, S. Colomer (eds.) *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip I*. Centre d'investigacions arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica Núm. 9, Girona, pp.194-206.

Nieto, X. y Pujol, M. (1989a). Objectes del vaixell i la tripulació, en: X. Nieto, A. Jover, P. Izquierdo, A. Puig, A. Alaminos, A. Martín, M. Pujol, H. Palou, S. Colomer (eds.) *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip I*. Centre d'investigacions arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica Núm. 9, Girona, pp. 207-219.

Nieto, X. y Pujol, M. (1989b). El vaixell Culip IV, en: X. Nieto, A. Jover, P. Izquierdo, A. Puig, A. Alaminos, A. Martín, M. Pujol, H. Palou, S. Colomer (eds.) *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip I*. Centre d'investigacions arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica Núm. 9, Girona, pp. 220-226.

Nieto, X. (1997). "Le commerce de cabotage et de redistribution". En P. Pomey (Ed.), *La navigation dans l'Antiquité* (pp. 146-159). Aix-en-Provence.

Nieto, X. y Raurich. X. (1999). El transport naval del vi de la Tarraconense, *El Vi a l'antiguitat: economia, producció i comerç al Mediterrani occidental*, II Col·loqui Internacional d'Arqueologia Romana, Badalona, 6-9 de mayo. Badalona, pp. 113-137. ISBN 84-88758-02-2.

Nieto, X., Puig, A. M., BR) Hartley, Dickinson, B. M., Libori, J. C. (2001). *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip: la terra sigil. lata decorada de La Graufesenque. Culip IV*. Monografies del CASC, 4, Museu d'Arqueologia de Catalunya, Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona.

Nieto, X. (2004a). Introducció, en: C. Carreras, A. Aguilera, P. Berni, E. Garrote, P. Marimón, R. Morals, J. Moros, X. Nieto, A. Puig, J. Remesal, R. Rovira y G. Vivar (eds.)

*Culip VIII i les àmfores Haltern 70*, Monografies del CASC, 5. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona, pp. 7-17.

Nieto, X. (2004b). El jaciment arqueològic Culip VIII, en: C. Carreras, A. Aguilera, P. Berni, E. Garrote, P. Marimón, R. Morals, J. Moros, X. Nieto, A. Puig, J. Remesal, R. Rovira y G. Vivar (eds.) *Culip VIII i les àmfores Haltern 70*, Monografies del CASC, 5. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona pp. 133-158.

Oleart, C. B. (2016). *La ciudad y el viento: la morfología urbana y su relación con el uso estancial del espacio público abierto en territorios con vientos fuertes y climas fríos: el caso de la ciudad de Punta Arenas, región de Magallanes, Chile* (Tesis doctoral) Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Palou, H., Rieth, E., Izaguirre, M., Jover, A., Nieto, X., Pujol, M., Raurich, X., Apestegui, C. (1998). Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip 2. *Culip VI*. Monografies del CASC 1. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona

Perez, J., Menendez, M., Losada, I. J. (2017). GOW2: A global wave hindcast for coastal applications. *Coastal Engineering*, 124, pp. 1–11.

Peyron, O., Goring, S., Dormoy, I., Kotthoff, U., Pross, J., de Beaulieu, J. L., Magny, M. (2011). Holocene seasonality changes in the central Mediterranean region reconstructed from the pollen sequences of Lake Accesa (Italy) and Tenaghi Philippon (Greece). *The Holocene*, 21(1), pp. 131-146.

Pomey, P. y Rieth, E. 2005. *L'archéologie navale*, Collection archéologique, Paris.

Pinardi, N., y Masetti, E. (2000). Variability of the large scale general circulation of the Mediterranean Sea from observations and modelling: a review. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 158(3-4), pp. 153-173.

Puig, A.M. (1989). Carregament de la nau, en : X. Nieto, A. Jover, P. Izquierdo, A. Puig, A. Alaminos, A. Martín, M. Pujol, H. Palou, S. Colomer (eds.) *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip 1*. Centre d'investigacions arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica Núm. 9, Girona, pp. 83-112.

Rougé, J. (1975). *La marine dans l'Antiquité*. Presses universitaires de France.

Sanchez, C. (2015). Les amphores de Tarraconaise dans les contextes narbonnais. En Martínez Ferreras, V. (Ed.). *La difusión comercial de las ánforas vinarias de Hispania Citerior-Tarraconensis (s. I Ac- I dC)*. Archaeopress Roman Archaeology, 4. Oxford.

Sanjuán, L. G., Wheatley, D. W., Flores, P. M., & Pérez, J. M. (2009). Los SIG y el análisis espacial en arqueología. Aplicaciones en la prehistoria reciente del sur de España,

*Arqueologia Nàutica Mediterrània*, Monografies del CASC 8. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona, pp. 163-180.

Vivar, G. (2004). Els objectes de la tripulació, en: C. Carreras, A. Aguilera, P. Berni, E. Garrote, P. Marimón, R. Morals, J. Moros, X. Nieto, A. Puig, J. Remesal, R. Rovira y G. Vivar (eds.) *Culip VIII i les àmfores Haltern 70*, Monografies del CASC, 5. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona, pp. 147-154.

Vivar, G., De Juan, C. y Geli, R. (2013). Cap de Vol. Un producto, un barco y un comercio del Conventus Tarraconensis en época de Augusto, *Actas del I Congreso Nacional de Arqueología Subacuática Española*, Cartagena, pp. 97-108.

Wanner, H., Beer, J., Bütikofer, J., Crowley, T. J., Cubasch, U., Flückiger, J., Küttel, M. (2008). Mid-to Late Holocene climate change: an overview. *Quaternary Science Reviews*, 27(19-20), pp. 1791-1828.

Westerdahl, C. (1992), The maritime cultural landscape. *International Journal of Nautical Archaeology*, 21: 5-14. doi:10.1111/j.1095-9270.1992.tb00336.x

## 8.1 Pàgines web

Enrique García Vargas, Daniel Martín-Arroyo, Lázaro Gabriel Lagóstena Barrios, «Beltrán IIA (Costa Bética)», *Amphorae ex Hispania*. Paisajes de producción y de consumo (<http://amphorae.icac.cat/amphora/beltran-ii-a-baetica-coast>), 08 julio, 2016

Py, M et alii (s.f) : Dictionnaire des Céramiques Anciennes. DICOCER (état actuel). Recuperado de : <http://syslat.fr//SLC/DICOCER/d.index.html>

Creación de waypoints: Rutas y distancias. Recuperado de: <http://www.millometro.com/>

## Anexo 1

Fuerza	Velocidad en nudos	Nombre	Olaje	Navegación.
1	1 – 3	Ventolina	Se riza la mar con pequeñas ondulaciones	Navegación a remo
2	4-6	Flojito	Olas pequeñas y cortas sin romper	Vela desplegada
3	7-10	Flojo	Se forman pequeños Borregos dispersos	Vela desplegada
4	10-16	Bonancible	Olas pequeñas con borregos frecuentes	Reducción de la vela desplegada
5	17-21	Fresquito	Olas largas con abundancia de borregos	Rizo de la vela mayor
6	22-27	Fresco	Olas más grandes y rompientes con crestas de espuma	Segundo rizo de la mayor
7	27-33	Frescachón	Mar gruesa con formación de espuma	Velamen rizado al máximo
8	34-40	Temporal	Mar arbolada	Velamen rizado al máximo
9	41-47	Temporal fuerte	Olas muy grandes, poca visibilidad por la espuma arrastrada por el viento	Navegación de capa.
10	48-55	Temporal duro	Olas muy altas con grandes crestas, muy mala visibilidad	Condición de supervivencia
11	56-63	Temporal muy duro	Olas enormes con rompientes. Mar Blanca	Técnicas de supervivencia
12	+ de 63	Temporal Huracanado	Olas excepcionalmente enormes	Técnicas de supervivencia

Reelaboración de la Escala de Beafort (Cerezo, 2016)

## Anexo 2

Fuerza	Altura en (m)	Nombre	Descripción	Fondeo	Navegación
0	Sin olas	Calma	Mar plana, como un espejo	Excelente	Excelente
1	0 – 0,2	Rizada	Mar rizada con pequeñas crestas sin espuma	Bueno	Buena
2	0,2 – 0,5	Marejadilla	Pequeñas olas cuyas crestas pueden romper	Regular	Buena
3	0,5 – 1,25	Marejada	Olas cortas que se rompen formando borreguillos	Molesta	Regular
4	1,25 – 2,5	Fuerte Marejada	Olas moderadas alargadas con borreguillos	Nulo	Regular
5	2,5 – 4	Gruesa	Grandes olas con crestas de espuma por todas partes	Nulo	Mala
6	4 – 6	Muy Gruesa	Olas altas con zonas de espuma blanca tras de ellas	Nulo	Mala
7	6 – 9	Arbolada	Aumenta la altura y longitud de las olas, con bancos de espuma y escasa visibilidad	Nulo	Peligro
8	9 – 14	Montañosa	Olas largas de gran tamaño, el viento impulsa las crestas y la visibilidad por el agua en suspensión es escasa	Nulo	Condición de supervivencia
9	> 14	Enorme	Olas de grandes dimensiones, mar blanca.	Nulo	Técnicas de Supervivencias

Reelaboración de la Escala de Douglas (Cerezo, 2016)