

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ARQUEOMÉTRICA AL ESTUDIO DE CORALES ARQUEOLÓGICOS: EJEMPLOS DE ÉPOCA ROMANA EN EL *FRETUM GADITANUM*

Rosa M. ARNIZ MATEOS¹, Darío BERNAL-CASASOLA² y Salvador DOMÍNGUEZ-BELLA³



SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL
DE LES BALEARS

VI RCAPÍ



VI Reunión Científica de
Arqueomalacología
de la Península Ibérica.

1: Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de la Universidad de Cantabria. Avenida de los Castros, 52. 39005 Santander.

2: Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Cádiz. Avda. Dr. Gómez Ulla, 1. 11003 Cádiz.

3: Unidad de Geoarqueología y Arqueometría aplicadas al Patrimonio Histórico-Artístico y Monumental (UGEA-PHAM), Dpto. Ciencias de la Tierra. Universidad de Cádiz. Facultad de Ciencias. Campus Rio San Pedro, Puerto Real. 11510 Cádiz.

Arniz Mateos, R.M.; Bernal-Casasola, D. y Domínguez-Bella, S. 2021. Aplicación de la metodología arqueométrica al estudio de corales arqueológicos: ejemplos de época romana en el *Fretum gaditanum*. In: *Vicens, M.À. y Pons, G.X. (Eds.). Avances en Arqueomalacología. Nuevos conocimientos sobre las sociedades pasadas y su entorno natural gracias a los moluscos. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 32: 309-319. ISBN 978-84-09-27590-8. Palma

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ARQUEOMÉTRICA AL ESTUDIO DE CORALES ARQUEOLÓGICOS: EJEMPLOS DE ÉPOCA ROMANA EN EL *FRETUM GADITANUM*. El exoesqueleto de los corales ha sido documentado en yacimientos como Wiesbaden (Alemania) desde hace 25.000 años. Es por eso que resulta de gran interés conocer aspectos relativos a su procedencia, datación, tafonomía, etc. En los últimos años hemos iniciado una línea de investigación para la caracterización de los corales en contexto arqueológico en el área del Estrecho de Gibraltar. En el presente trabajo se reflexiona sobre el empleo de técnicas arqueométricas para su caracterización, a través de la aplicación de las mismas a un ejemplar de *Dendrophyllia ramea* (Linnaeus, 1758) de época romana hallado en las excavaciones arqueológicas de la Calle Soledad 30, de la antigua ciudad de *Gades*, con el objetivo de valorar su potencialidad y, al mismo tiempo visibilizar su aparición en ambientes haliéuticos en el antiguo *Fretum Gaditanum* como es el caso de las excavaciones del Olivillo o las *cetariae* de La Madre Vieja de *Carteia*.

Palabras clave: *Fretum Gaditanum*; Arqueología; Arqueometría; Coral; Antigüedad.

APLICACIÓ DE LA METODOLOGIA ARQUEOMÈTRICA A L'ESTUDI DE CORALS ARQUEOLÒGICS: EXEMPLES D'ÉPOCA ROMANA EN EL *FRETUM GADITANUM*. L'exoesquelet dels corals ha estat documentat en jaciments com Wiesbaden (Alemanya) des de fa 25.000 anys. És per això que resulta de gran interès conèixer aspectes relatius al seva procedència, datació, tafonomia, etc. En els darrers anys hem iniciat una línia d'investigació per a la caracterització dels corals en context arqueològic a l'àrea de l'Estret de Gibraltar. En el present treball es reflexiona sobre la utilització de tècniques arqueomètriques per a la seva caracterització, a través de seva l'aplicació un exemplar de *Dendrophyllia ramea* (Linnaeus, 1758) d'època romana hallat en les excavacions arqueològiques del carrer Soledat 30, de la antiga ciutat de *Gades*, amb l'objectiu de valorar la seva potencialitat i, al mateix temps visibilitzar la seva aparició en ambients halièutics en l'antic *Fretum Gaditanum* com és el cas de les excavacions del Olivillo o les *cetariae* de La Madre Vieja de *Carteia*.

Paraules clau: *Fretum Gaditanum*; Arqueologia; Arqueometria; Corall; Antigüedad.

APPLICATION OF ARCHAEOMETRIC METHODOLOGY TO THE STUDY OF ARCHAEOLOGICAL CORALS: EXAMPLES FROM ROMAN TIMES IN THE *FRETUM GADITANUM*. The coral exoskeleton has been used throughout History by past societies since prehistoric times documented in archeological sites such as Wiesbaden (Germany) 25,000 years ago. That is why it is of great interest to know aspects related to its taphonomy, provenance, dating, etc. In recent years we

have started a line of research for the characterization of corals in an archaeological context, in the area of the Strait of Gibraltar. This paper reflects on the use of archaeometric techniques for its characterization, through the application of the same to a specimen of *Dendrophyllia ramea* (Linnaeus, 1758) from Roman times found in the archaeological excavations of Calle Soledad 30, of the ancient city of Gades, with the aim of assessing its potential and, at the same time, making visible its appearance in halieutic environments of the old *Fretum Gaditanum* such as the Olivillo excavations or the *cetariae* of La Madre Vieja from *Carteia*.

Key words: *Fretum Gaditanum*; Archeology; Archaeometry; Coral; Antiquity.

1. INTRODUCCIÓN

La arqueología de los corales se inserta dentro de una línea de investigación de amplio recorrido basada en la explotación de recursos marinos no convencionales. La información con la que contamos hasta el momento de su pesca, procesamiento de la materia y comercialización en época antigua es reducida, y en algunos casos de compleja interpretación ya que la investigación se encuentra en un estado incipiente. No contamos, hasta la fecha, con estudios exhaustivos que analicen la pesca y el uso del coral en la antigüedad, pues en estos casos siempre se ha analizado bajo la óptica de “otras pescas” y presenta claras necesidades de estudio además de la revisión cronológica de lo anteriormente publicado. Para contribuir a la visibilización de estos cnidarios poco frecuentes en enclaves arqueológicos, resulta indispensable las labores de cribado y triado.

Si ponemos en relación la pesca de corales con otras artes pesqueras, esta se caracteriza por ser pormenorizada y de carácter exótico. La palabra coral proviene del latín *corallium* y del griego *korallion*, originado del término semítico *goral*, cuyo significado es “guijarro de piedra”. Dentro del ideario clásico colectivo, el coral era una materia reservada a un sector minoritario de la comunidad (García, 2011: 120) pues se trataba de una actividad artesanal reservada sólo para aquellos que tuvieran los medios necesarios para su pesca y conocieran debidamente sus lugares de explotación.

Si atendemos a los diferentes métodos de extracción de corales, posiblemente la apnea fuera primigenia a la utilización de embarcaciones o artilugios. Aristóteles en su obra *Problemata* describe las primeras herramientas que pudieron ser utilizadas, como son los calderos invertidos o *lebeta* (Cifuentes *et al.*, 1990). De igual forma, Plinio El Viejo menciona los llamados *koura* como herramientas cortantes para seccionar las ramificaciones de los corales (Plinio, *Historia Natural*, 32.9.2). Cabe destacar que la recolección de corales muertos depositados en las orillas, producto de mar de fondo, representaría otra actividad conocida y practicada, sobre todo en aquellas especies procedentes de aguas someras. Referente a la pesca de corales provista de embarcación en la Antigüedad, la escasez de las fuentes supone una dificultad para nuestro objeto de estudio. Las evidencias arqueológicas de corales documentadas en el interior de embarcaciones pesqueras han sido insuficientes hasta el momento. La primera constatación se localiza en la barca pesquera de época griega arcaica Jules-Verne 9 en el interior de cuyo casco se conservan por el efecto termodinámico un total de doce fragmentos adheridos de *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758) (Pomey, 2000). A bordo de estas barcas, posiblemente se portasen artilugios especializados para su pesca, de tal

forma que el sistema de ingenio fuera similar al empleado por los pescadores, compuesto por elementos cortantes y redes que recogiesen las ramas. Los avances de la arqueología han confirmado esta hipótesis que refleja un patrón basado en artilugios compuestos por cuatro armazones dispuestos en perpendicular y lastrados por una pieza provista de orificios. Descubrimientos en el Mar de Sicilia han clarificado esta cuestión a partir de hallazgos como el ingenio de Pantelleria en Cala Levante (Tusa, 2012) o el del pecio de Levanzo, conformado por dos barras de sección rectangular insertadas en una esfera metálica a modo de Cruz de San Andrés (Tusa, 2012: 249).

Testimonios arqueológicos del empleo de estos cnidarios se remontan a época prehistórica (Marzano, 2013), evidenciando una explotación asociada a la captación de recursos marinos y manteniéndose su presencia hasta la Protohistoria, destacando culturas como la Golaseca y la utilización del coral en elementos de joyería durante siglos (De Marinis, 2000). Aunque consideramos que es en época antigua cuando su pesca comienza a ser regularizada, pues estaban insertos en las rutas principalmente marítimas del Imperio, exportándose en la mayoría de los casos a la India. En vista de su dilatada extensión cronológica debió tratarse de un fenómeno de relevancia significativa (De Romanis, 2000).

La mayoritaria presencia de corales en bruto bien atestiguada en yacimientos arqueológicos pertenece a santuarios y necrópolis fenicio-púnicas de la cuenca mediterránea. Las divinidades Adonis y Hera, protectora de la navegación, guardan una estrecha relación con los corales, recibiendo numerosas ofrendas (Quercia, 2008). En estos casos, el coral se encuentra principalmente en posición secundaria en depósitos votivos depositados en el interior de cráteras (Torelli, 1977: 412) o en ollas de cocina (Pianu, 1991:196).

Una de las concentraciones mejor conocidas de este material se sitúa en la ciudad antigua de Ampurias, que recoge un conjunto de ramas de coral crudo con un peso total de 1,4 kilogramos, en las estancias situadas en el extremo noroeste del núcleo griego. El enclave comercial de esta colonia focea estaba relacionado íntimamente con las actividades pesqueras, además del consumo de pescado y otros recursos como es el caso de la explotación de *C. rubrum* empleado para la comercialización y confección de joyería. En la zona del *emporion* se detecta la presencia de este producto desde el siglo VI a.C. constatándose del mismo modo industrias destinadas a las salazones de pescado (Aquilué, 2006).

Respecto a los hallazgos arqueológicos localizados en el *Fretum Gaditanum*, contamos con la presencia de fragmentos de coral en bruto en contextos de *cetariae* romanas, como el localizado en la C/ Sagasta 28 (Cádiz) datado en contextos del siglo I d.C. (Bernal *et al.*, 2014). Dentro de la misma ciudad gaditana se han documentado dos fragmentos de coral pertenecientes a una misma especie, en las excavaciones de El Olivillo. Ambos se encuentran en el mismo sondeo estratigráfico, pero en diferentes estratos, pues uno de ellos se localiza en niveles tardorrepublicanos y el otro en niveles altoimperiales producto de niveles de vertido (Bernal-Casasola y Vargas, 2019; Bernal-Casasola *et al.*, 2019). Otro ejemplo es el hallazgo de la C/ San Nicolás de *Iulia Traducta* (actual Algeciras) procedente del relleno de la cubeta salazonera P-15, datado en contextos del siglo II d.C. (Bernal-Casasola *et al.*, 2011). Similar al hallazgo de San Nicolás es el de una ramificación de la especie *Dendropyllia ramea* (Linnaeus, 1758) hallada en la factoría romana del Arroyo de

la Madre Vieja, localizada en San Roque, en niveles tardorromanos (Expósito y García, 2011: 316). Al otro lado del Estrecho, se conserva otro espécimen en el Paseo de las Palmeras de Ceuta (Bernal-Casasola, 2007: 101).

Por último, la excavación llevada a cabo en el yacimiento de Campo de Hockey 2 (San Fernando, Cádiz) ha localizado un total de siete fragmentos de coral asociados a la misma especie, en contextos de hogares y fosas del enclave neolítico (Vijande-Vila, comunicación personal).

Técnicas arqueométricas aplicables al estudio de corales arqueológicos

Una de las distintas técnicas aplicables al estudio y caracterización de los corales es la Difracción de Rayos X, siendo la más empleada en la identificación de minerales, así pues, constituye uno de los métodos más fiables de la identificación mineralógica en aquellos materiales que presentan una estructura cristalina, en nuestro caso con una presencia dominante de aragonito en las muestras. Sin duda sería de gran interés acudir a otro tipo de técnicas como es el caso de la espectroscopía Raman, útil para determinar su naturaleza mineral, al igual que para el conocimiento de la naturaleza del agente cromogénico, que identifica la sustancia colorante del individuo, siendo su coloración una de las características más significativas de los corales, sobre todo en aquellas especies cuyo exoesqueleto conserva su color una vez muerto. Un caso particular es el *C. rubrum* y su tonalidad rojiza asociada a una molécula orgánica carotenoide, y anteriormente relacionada con la presencia de hierro dentro de la red del carbonato. Por otro lado, la técnica de microscopía electrónica de barrido (SEM), podría resultar de gran utilidad para la obtención de imágenes tridimensionales para la caracterización y análisis de las microestructuras de estos esqueletos.

Los estudios realizados a inicios del siglo XXI han descartado la teórica diferencia de precisión del control biológico en los exoesqueletos de los pólipos de coral y las conchas, pues los corales al igual que las conchas, son capaces de registrar e indicar eventos paleoclimáticos, pudiendo resultar de gran interés. Las concentraciones de magnesio en diferentes taxones y la temperatura del agua marina son parámetros analizables, teniendo en cuenta las particularidades de cada taxón al incorporar magnesio en sus carbonatos en función de la variación de la temperatura. Del mismo modo, también se han desarrollado análisis de las relaciones elementales entre estroncio/calcio y magnesio/calcio en relación con la temperatura del agua (Cuif *et al.*, 2011).

Referente al fraccionamiento isotópico y la cristalización de las secuencias microestructurales de estos cnidarios (Cuif *et al.*, 2011) estudiaron el fraccionamiento de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ y $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ del género *Desmophyllum* que habita en aguas profundas. La muestra en cuestión conservaba una composición microestructural simple en sus septos, cuyo crecimiento en la zona distal es recto y continuo, creándose una capa de fibra a cada lado. La táctica de muestreo se basa en la toma de muestras de forma perpendicular al plano de simetría central de los tabiques. De esta forma, se estableció una correlación clara entre la diferente reflectancia de las zonas lateral y medial, obteniendo como resultado el diferente fraccionamiento de oxígeno en cada zona, no atribuible a la variación de temperatura.

El empleo de dataciones radiocarbónicas también podría emplearse en estos corales para muestras de hasta unos 50.000 años de antigüedad. Otra técnica de datación es el

uranio-torio (U-Th) que ha sido aplicada en muestras de coral de la Prehistoria de la Isla de Barbados, realizándose una tabla de calibración a partir de una serie de mediciones en una escala de tiempo de 9.000 años (Bard, 1990). Para el estudio del exoesqueleto de los corales, después de la eliminación significativa de cualquier rastro de materia orgánica, se pueden obtener resultados a partir de la termoluminiscencia (TL), siempre y cuando estén controlados los parásitos alojados en el carbonato cálcico que puedan llegar a alterar su datación (Schvoerer *et al.*, 2000).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El término “coral” es genérico y ambiguo ya que se utiliza comúnmente para la mayoría de cnidarios que encontramos en la formación de arrecifes coralinos. Entendemos por corales determinados taxones de cnidarios bentónicos de clase *Anthozoa* que presentan esqueletos mineralizados o partes esqueléticas mineralizadas, compuestos fundamentalmente por calcita (CaCO_3) y aragonito (CaCO_3).

Todo mineral, ya sea formado de manera inorgánica por procesos puramente naturales o bien por algún organismo, tiene unas propiedades distintivas que lo hacen identificable como dureza, hábito, composición, brillo, color, exfoliación y peso específico. La estructura cristalina y la composición química son las dos propiedades que mejor ayudan a identificar a los minerales, pues todos incluidos los biominerales son sólidos y tienen una estructura cristalina por la cual adquieren sus propiedades. En este caso, los minerales de carbonato cálcico (CaCO_3) presentan polimorfos, esto quiere decir que, aunque presenten una composición química similar, basada en el (CaCO_3), pueden tener diferentes simetrías y hábitos de crecimiento, derivadas de su estructura cristalina. En la naturaleza es común que el CaCO_3 precipite formando cristales de calcita, aragonito o vaterita. Estos polimorfos tienen una composición basada en el CaCO_3 , pero, como raramente es completamente pura, incluye normalmente pequeñas cantidades de ciertos elementos, solo detectables con potentes técnicas de análisis. La composición de estos cristales en los biominerales tiene diferentes elementos, dependiendo de su polimorfo, aunque lo común es que haya magnesio (Mg), estroncio (Sr), y también pueden contener azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), plomo (Pb), bario (Ba) y sodio (Na), entre otros. Dependiendo de la estructura cristalina y de la disposición de los átomos, algunos polimorfos aceptan más fácilmente unos elementos u otros. Por ejemplo, la calcita tiene más proporción de Mg, Fe o Mn que el aragonito, que admite más Sr, Pb o Ba.

En nuestro caso, se ha llevado a cabo el estudio, entre otras, de una rama calcárea perteneciente a la especie *D. ramea* hallada en la intervención arqueológica de la C/ Soledad 30 de Cádiz (Fig. 1) asociada a vertidos antrópicos altoimperiales del siglo I. d.C., vinculada con descargas de la industria pesquero-conservera y con otras actividades artesanales, la cual fue dirigida por M.L. Lavado Florido (Lavado, 2007; Bernal-Casasola *et al.*, 2020).

Previamente a la toma de muestras, se atendieron a aspectos tafonómicos, en este caso se observa una comunidad de incrustantes registrada en el sustrato calcáreo del ejemplar lo que nos indica que su recogida ha sido *post mortem*. Se deduce que por el estado de conservación del ejemplar se pudo haber tratado de un hallazgo casual, producto del enganche en las mallas de red de pesca.



Fig. 1. Rama calcárea de la especie *Dendrophyllia ramea* hallada en la intervención arqueológica de C/ Soledad 30.

Fig. 1. Calcareous branch of the *Dendrophyllia ramea* species found in the archaeological site of C/ Soledad 30.

Del mismo modo, se llevó a cabo un reconocimiento macroscópico de *visu* los minerales del esqueleto de aragonito del coral escleractinio *D. ramea* donde se observa un brillo no metálico, una procedencia de un ambiente genético sedimentario, dureza baja y coloraciones blanquecinas y amarillentas.

En relación a los métodos empleados se han utilizado técnicas mineralógicas-cristalográficas de Difracción y Fluorescencia de Rayos X, para el conocimiento de la composición fisicoquímica, teniendo en cuenta la procedencia del ejemplar a analizar. La información ofrecida por el empleo de la técnica de microfluorescencia de Rayos X (μ FRX), en nuestro caso, utilizando un equipo M4 Tornado, de los SCICYT de la UCA, fue decisiva a la hora de optar por dicha técnica, puesto que ofrecía la posibilidad de obtener una tabla geoquímica, con porcentajes en peso de cada elemento y su composición expresada en óxidos, así como un mapeo geoquímico, con la distribución de los mismos en la superficie de la muestra y un espectro FRX con los picos o bandas característicos de cada elemento presente. Con el objetivo de identificar diferencias en los resultados, respecto al ejemplar, se analizaron al mismo tiempo muestras arqueológicas pertenecientes a otros yacimientos arqueológicos y muestras modernas de la misma especie (Fig. 2). Para las muestras arqueológicas se ha utilizado la especie *D. ramea*, documentada en los yacimientos de El Olivillo y C/ Soledad, 30 mientras que las modernas pertenecen a las especies *Astroides calycularis* (Pallas, 1766) de la Isla de las Palomas (Tarifa, Cádiz), la especie de briozoo *Madrepora truncata* (Linnaeus, 1758) o "falso coral" recuperado en La Ballenera (Algeciras, Cádiz). Se tomaron un total de seis muestras, de las cuales cuatro pertenecen a organismos incrustantes, en la ramificación de la C/ Soledad,

30 y dos de la rama calcárea de El Olivillo, una en *M. truncata* y *A. calycularis* además de considerar el espectro obtenido en trabajos previos de una muestra moderna tomada del octocoral *C. rubrum* recogido en La Barrosa (Chiclana de la Frontera, Cádiz).



Fig. 2. Selección de las muestras arqueológicas y modernas tomadas y su procesado con un espectro FRX.
Fig.2. Selection of archeological and modern samples taken and their processing with an XRF spectrum.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la muestra M-2 lo más significativo fueron los mapeos geoquímicos de Fe y Ca además de Mn y Fe, donde claramente se distinguen las zonas de los diferentes elementos químicos representados (Fig. 3). En ambos casos se puede apreciar que el hierro se conserva en los poros del septo, posiblemente producto de la contaminación de la muestra por el sedimento. Si hablamos de los resultados del espectro (Fig. 4), se han observado los resultados esperados, pues los elementos con mayor representatividad son los carbonatos de calcio de su esqueleto y otros elementos propios del medio marino como Sr, Mg además de potasio (K), aluminio (Al) y titanio (Ti), estos últimos posiblemente asociados a un sedimento arcilloso. Respecto al muestreo de especies incrustantes en la ramificación calcárea de la C/ Soledad, 30 (Fig. 5) indican que M-4 se atribuye a *Polychaeta* (Grube, 1850), M-5 corresponde a *Serpula vermicularis* (Linnaeus, 1767) y por último la muestra M-6 pertenece a la especie *Balanus crenatus* (Bruguère, 1789). Además, se identifican otras especies de diversa índole pertenecientes a diversos *Phyla* como perforaciones de *Porifera* (Grant, 1835) y *Bryozoa* (Ehrenberg, 1831). Este tipo

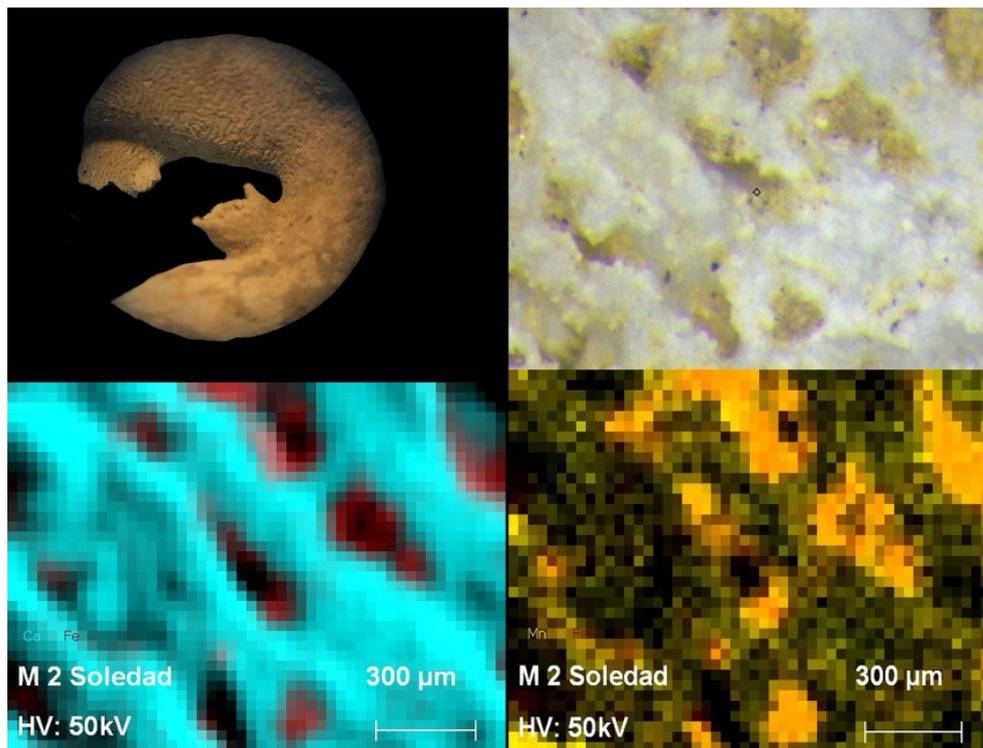


Fig. 3. M-2, zona de muestreo y mapeos geoquímicos.
Fig. 3. M-2, sampling area and geochemical mappings.

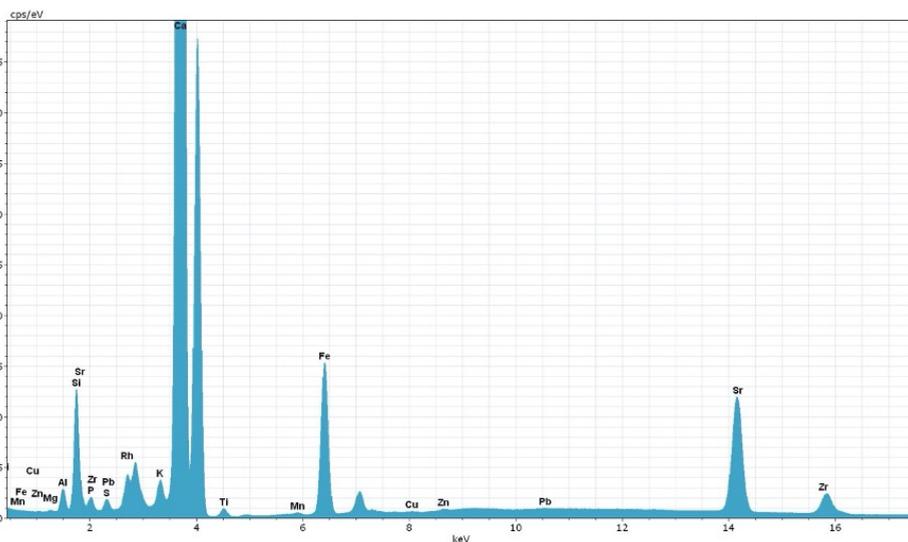


Fig. 4. Espectro de FRX de la muestra M-2 mostrando un predominio de Ca, Si, Fe, Sr y la presencia de Al, P, S, K, Mg, Ti, Mn.
Fig. 4. XRF Spectrum from the M-2 sample, showing a dominance of Ca, Si, Fe, Sr and the presence of Al, P, S, K, Mg, Ti, Mn.

de análisis arqueométrico puede ser de gran utilidad para el conocimiento de la mineralogía esquelética de los corales en yacimientos arqueológicos.

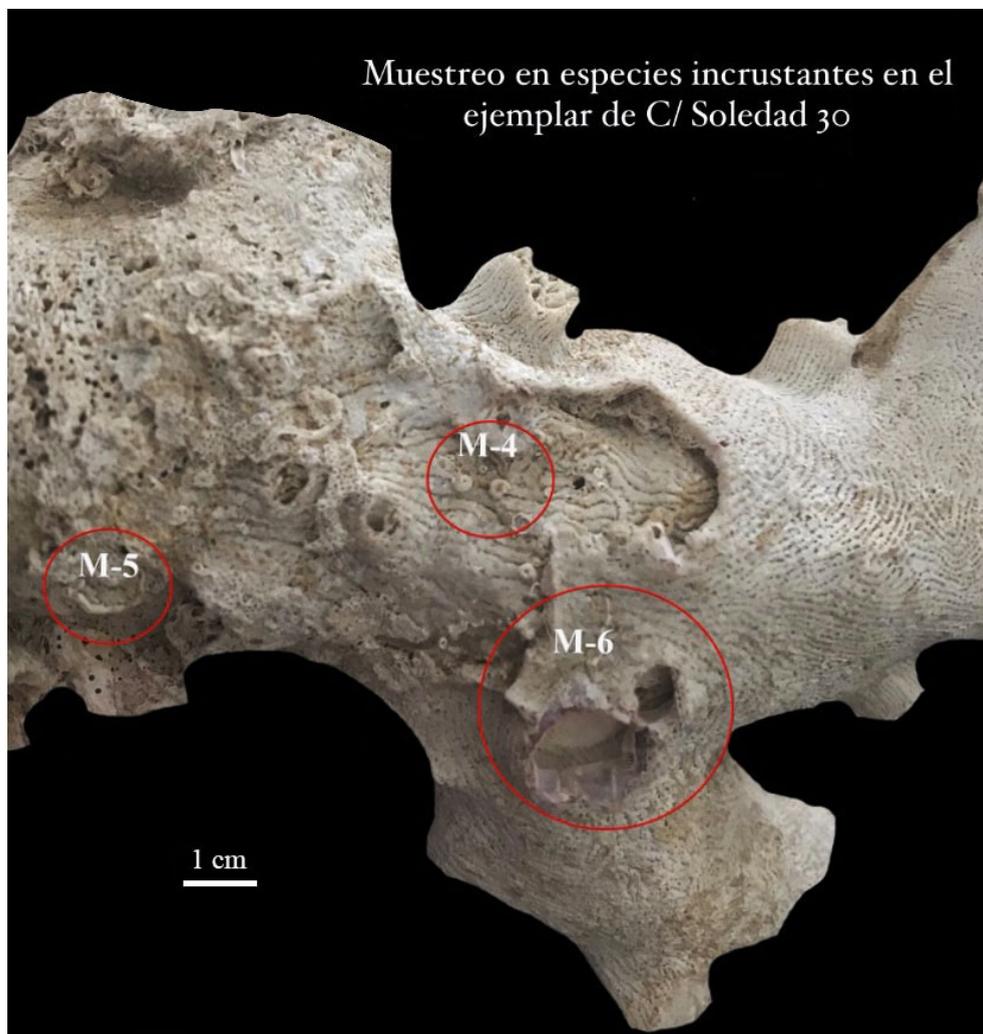


Fig.5. Muestreo en especies incrustantes en el ejemplar de la C/Soledad, 30.

Fig. 5. Biofouling species sampling in C / Soledad, 30 specimen.

En líneas generales, el estudio físico de los corales antiguos resulta de gran utilidad en Arqueología como indicadores paleoclimáticos o identificación de la materia prima presente en la realización o decoración de elementos ornamentales como en glíptica, joyería y armas que puedan catalogarse erróneamente como piedras semipreciosas de aspecto similar, como sería la cornalina.

Si bien la caracterización física a través del reconocimiento de *visu* en ocasiones no es suficiente a la hora de responder a las preguntas planteadas desde la Arqueología, debemos recurrir a otra serie de técnicas arqueométricas que lo suplan. Aunque debemos

previamente considerar qué técnicas serían las más apropiadas para nuestra muestra en el caso de que fuera necesario emplearlas. En estos casos, el trabajo interdisciplinar resulta imprescindible en este tipo de prácticas.

4. AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de la metodología empleada en este trabajo ha sido posible gracias a los coordinadores y personal del Laboratorio de Arqueología y Prehistoria (LABAP) y de la Unidad de Geoarqueología y Arqueometría aplicadas al Patrimonio Histórico-Artístico y Monumental (UGEA-PHAM), ambos de la Universidad de Cádiz.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Aquilué, M. (Coord.) 2006. *Pescadors de l'antiga Empúries*. Museu d'Arqueologia de Catalunya-Empúries. 59p.
- Bard, E. 1990. U-Th and 14C ages of corals from Barbados and their use for calibrating the 14C timescale beyond 9.000 years B.P. *Nuclear Instr. Meth. In Phys. Research*: 461-468.
- Bernal-Casasola, D. 2007. Algo más que garum. Nuevas perspectivas sobre la producción de las *cetariae* hispanas al hilo de las excavaciones en C/ San Nicolás (Algeciras, Cádiz), *Actas del Congreso Internacional Cetariae 2005: Salsas y salazones de pescado en Occidente durante la Antigüedad*, British Archeological Reports: 93-107.
- Bernal-Casasola, D., Alarcón, F., Cantillo, J.J., Marlasca, R., Vargas, J.M. y Lara, M. 2014. La púrpura en la Gades altoimperial. Descargas heterogéneas de artesanías en la calle Sagasta 28, *III Reunión Científica de Arqueomalacología de la Península Ibérica (Cádiz, 2012)*, *Moluscos y púrpura en contextos arqueológicos atlántico-mediterráneos: nuevos datos y reflexiones en clave de proceso histórico*: 299-318.
- Bernal-Casasola, D., Arniz, R. y Vargas, J.M. 2019. Corales y esponja en El Olivillo de Gades. *In: Bernal-Casasola, D.; Vargas Girón, J.M. y Lara Medina, M. (Eds.). 7 metros de la Historia de Cádiz... Arqueología en El Olivillo y en el Colegio Mayor Universitario*: 592-595.
- Bernal-Casasola, D., Soriguer, M. y Hernando, J.A. 2011. Fragmento de coral. *Cetariae* de C/San Nicolás 3-5, Algeciras. *In: Bernal-Casasola, D. (Ed.). Pescar con Arte. Fenicios y romanos en el origen de los aparejos andaluces. Monografías del Proyecto Sagena*, 3: 398-399.
- Bernal-Casasola, D. y Vargas Girón, J.M. 2019. El Testaccio haliéutico de Gades. *In: Bernal-Casasola, D.; Vargas Girón, J.M. y Lara Medina, M. (Eds.). 7 metros de la Historia de Cádiz... Arqueología en El Olivillo y en el Colegio Mayor Universitario*: 237-327.
- Bernal-Casasola, D., Díaz, J.J., Oviedo, J., Lavado, M.L. y Lara, M. 2020. Morteros, jarras y ánforas de una nueva *figlina* en Gades: los contextos cerámicos de la Calle Soledad. *Boletín Ex Officina Hispana*, 11 (agosto 2020): 46-51.
- Cifuentes, J.L., Torres, P. y Marcela, M. 1990. *El Océano y sus recursos X: Pesquerías*. Fondo de Cultura Económica: 228p.
- Cuif, J.P., Dauphin, Y. y Sorauf, F. 2011. *Biominerals and fossil through time*, Cambridge University Press. 504p.

- De Marinis, C.R. 2000. Il corallo nella cultura di Golasecca. *Corallo di ieri, corallo di oggi: Atti del Convegno Ravello, Villa Rufolo, 13-15 dicembre 1996*. Edipuglia: 159-176.
- De Romanis, F. 2000. Esportazioni di corallo mediterraneo in India nell'et'a ellenistico-romana. *Corallo di ieri, corallo di oggi: Atti de Convegno Ravello, Villa Rufolo, 13-15 dicembre 1996*. Edipuglia: 211-216.
- Expósito J.A. y García M.E. 2011. Novedades sobre la pesca y la industria salazonera romana en el Estrecho. Las cetariae de Carteia. In: *Bernal-Casasola, D. (Ed.). Pescar con Arte. Fenicios y romanos en el origen de los aparejos andaluces. Monografías del Proyecto Sagena*, 3: 299-318.
- García, E. 2011. Las otras pescas: corales, esponjas, focas y tortugas. In: *Bernal-Casasola, D. (Ed.). Pescar con Arte. Fenicios y romanos en el origen de los aparejos andaluces. Monografías del Proyecto Sagena*, 3: 119-136.
- Lavado, M.L. 2007. *Memoria Preliminar del Control Arqueológico de los movimientos de tierra en la calle Soledad n 30 de Cádiz*. Original inédito depositado en la Delegación de Cultura de la Junta de Andalucía en Cádiz.
- Marzano, A. 2013. Murex, Purple Dye, and Other 'Fruits of The Sea'. *Haversting the Sea: The explotation of Marine Resources in the Roman Mediterranean*: 143-172.
- Pianu, G. 1991. Glu altari di Gravisca. *L'espace sacrificiel dans les civilisations méditerranéennes de l'antiquité. Actes du colloque, Béziers au V siècle av.J.C., Étude d'un ensemble de mobilier représentatif et essai de caractéristique du site*: 193-199.
- Plinio. 2002. *Historia Natural*. Edición de J. Cantó, I. Gómez Santamaría, S. González Marín y E. Tarriño. Ed. Cátedra. 880p.
- Pomey, P. 2000. Un témoignage récent sur la pêche au corail à Marseille à l'époque archaïche, *Corallo di ieri, corallo di oggi. Atti del Convegno Ravello, Villa Rufolo, 13-15 dicembre 1996*. Edipuglia: 37-53.
- Quercia, A. 2008. Il corallo nei santuari del Mediterraneo. Il caso di Tas Silg (Malta). *Uomini piante e animali della dimensione del sacro. Atti del seminario di studi di Bioarcheologia, Cavallino-Lecce 2002*: 201-208.
- Schwoerer, M., Bechtel, F., N'Guyen, P.H., Clastre, J. y Villeneuve, G. 2000. Repères afin de caractériser ou dater les coraux anciens, *Corallo di ieri, corallo di oggi. Atti del Convegno Ravello, Via Rufolo, 13-15 dicembre 1996*. Edipuglia: 225-235.
- Torelli, M. 1977. Il santuario greco di Gravisca, *PdP*, 32: 398-458.
- Tusa, S. 2012. L'"ingegno" di Cala Levante e la raccolta del corallo. *Archeologia subacquea a Pantelleria <<...de Cossurensibus et Poenis navalem egit...>>*: 245-254.

