

Geología en torno a Baelo Claudia

Domínguez Bella, Salvador^{1y5}; Gracia Prieto, Javier¹; García Jiménez, Iván²;
Alonso Villalobos, Carlos³; O'Dogherty Luy, Luis¹ y Sánchez Bellón, Ángel^{1,4,5}

1 Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Cádiz

2 Conjunto Arqueológico de Baelo Claudia

3 Centro de Arqueología Subacuática, Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico, Consejería de Cultura, Junta de Andalucía

4 ICOGA, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de Andalucía

5 Unidad de Geoarqueología y Arqueometría aplicadas al Patrimonio Histórico-Artístico-Monumental (UGEA-PHAM) U. de Cádiz



Figura 1. Ortofotografía de la zona de estudio en torno a Baelo Claudia (modificada a partir de Google maps, 2017) y localización del punto de encuentro en el aparcamiento del Conjunto Arqueológico de Baelo Claudia y de las paradas visitadas

Introducción

Qué es un Geolodía y en qué consiste el Geolodía 17 Cádiz

Geolodía es una iniciativa de divulgación de la Geología coordinada a nivel nacional por la Sociedad Geológica de España (SGE) con 12 años de recorrido y cuyo objetivo es divulgar el conocimiento a través de una de las facetas más atrayente para el público en general, las excursiones de campo. Como en las últimas ediciones, se llevarán a cabo 55 excursiones simultáneas, una excursión en cada provincia, excepto en los archipiélagos balear y canario, donde se celebrarán varias excursiones en diferentes islas.

Las excursiones de Geolodía 17 se celebrarán en lugares con mucho interés geológico, en el que los participantes serán guiados para aprender a ver con “mirada geológica” el paisaje, descubriendo los materiales que lo sustentan y entendiendo los procesos geológicos que operan en él. A través de esa “mirada geológica” Geolodía 17 pretende que el público asistente pueda conocer mejor el entorno en el que se asientan nuestras poblaciones, los efectos que tienen sobre la superficie algunos de los procesos geológicos, los riesgos que pueden entrañar (terremotos, volcanes, inundaciones...), la distribución de los recursos naturales (agua, hidrocarburos, yacimientos minerales...) y la larga historia de nuestro Planeta Tierra.

Geolodía 17 abre la posibilidad al público de adentrarse en el laboratorio de trabajo habitual en Geología, el campo. Para el público en general, visitar un área determinada de la mano de profesionales de la Geología no es común. Pero la experiencia acumulada desde la celebración del primer Geolodía en el año 2005, muestra que las excursiones de campo representan la faceta más amena de la divulgación de las Ciencias de la Tierra. Geolodía 17 dará a conocer, un año más, nuestro rico y variado patrimonio geológico, de la mano de especialistas pertenecientes a diversas instituciones públicas, sociedades y asociaciones científicas.

La séptima edición de Geolodía en la provincia de Cádiz se presenta bajo el título divulgativo “**¡Ave Cesar! Geolodía te saluda. Geología en torno a Baelo Claudia**”. En ella se pretende mostrar a un público lo más amplio posible los rasgos geológicos del emplazamiento privilegiado de Baelo Claudia y de la ensenada de Bolonia. Este es sin duda uno de los lugares más atractivos de todo el litoral gaditano por su belleza y por la singularidad de sus elementos geológicos y arqueológicos (Fig. 1).

Concretamente pretendemos mostrar las aportaciones de la geología, a través de la Geoarqueología y la Arqueometría, al estudio de los yacimientos y lugares de interés arqueológicos. El conjunto arqueológico romano de Baelo Claudia es uno de los más completos e interesantes de toda la península Ibérica y mostraremos los aportes y avances logrados gracias a la geoarqueología (estudio de las rocas empleadas en las construcciones, de las canteras romanas localizadas en las proximidades, las características y procedencia de otras rocas empleadas en la construcción y ornamentación de edificios de la ciudad romana o en los objetos decorativos encontrados en el yacimiento). Igualmente desvelaremos las claves geológicas del deterioro de la ciudad y de su abandono.

Otra característica de este lugar al que prestaremos atención es un rasgo geológico muy singular, la impresionante duna de Bolonia, que alcanza una de las mayores dimensiones de este tipo de elemento geológico en toda la península y que fue declarado Monumento Natural en 2001. Abordaremos sus características, morfología, su origen y evolución en el tiempo. Todo ello en relación con el litoral en el que se enclava, sobre el cual también explicaremos algunos rasgos geomorfológicos de interés.

Estamos dentro del Parque Natural del Estrecho

El Parque Natural del Estrecho (Fig. 2) se localiza en la costa meridional de la provincia de Cádiz, dentro de la comarca del Campo de Gibraltar, en los términos municipales de Tarifa y Algeciras. Hasta la fecha es el último Parque Natural incluido en la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA), ya que fue declarado como tal en el año 2003, con el objetivo de compatibilizar la preservación de los hábitats de gran interés ecológico de la zona y el desarrollo socioeconómico de la misma. Posee una superficie de 19.127 Ha, de las cuales aproximadamente un 52% corresponde a zona terrestre y el 48% restante a zona marítima, constituyendo un Parque Natural Marítimo-Terrestre.

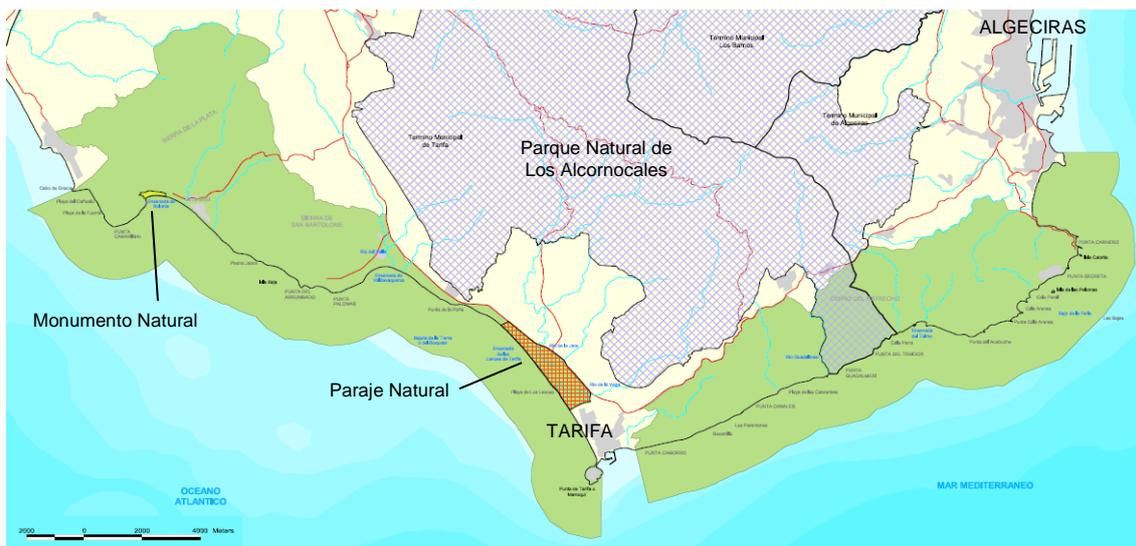


Figura 2. Localización del Parque Natural del Estrecho (modificado de Consejería de Medio Ambiente, 2002)

Este Parque Natural constituye un espacio singular enclavado entre dos continentes (Europa y África) y entre dos mares (océano Atlántico y mar Mediterráneo). Precisamente la riqueza natural de esta zona se debe en gran parte a su privilegiada situación, que confiere al espacio características de ecotono (área de transición natural entre dos ecosistemas) y un papel fundamental como zona estratégica en los procesos migratorios tanto de aves como de especies marinas. Por este motivo el parque está declarado ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves) según la Directiva Europea 79/409/CEE de conservación de las aves silvestres. El gran valor ambiental de la zona se plasma en la presencia de ecosistemas muy diversos, con numerosos puntos de interés ecológico, geomorfológico e histórico y una elevada riqueza paisajística, que incluye una gran diversidad de ambientes tanto litorales como continentales: playas, dunas, acantilados, plataformas rocosas, marismas, lagunas costeras temporales, fondos marinos arenosos y rocosos, sierras, piedemontes, etc.

La zona situada entre Tarifa y Punta Camarinal se caracteriza por presentar ensenadas y promontorios o cabos que se disponen de este modo en respuesta a la estructura tectónica de la zona. La línea de costa está controlada por dos familias de fallas, unas más o menos paralelas a la línea de costa (NO-SE) y otras más o menos perpendiculares a ésta (NE-SO), que acaban por darle un aspecto escalonado. Los cabos y puntas están formados por materiales rocosos más consistentes y coherentes que resisten mejor la erosión costera, y las ensenadas son los lugares propicios para la formación de grandes playas y dunas por la acumulación de arenas sopladadas por los vientos, especialmente los de levante.

Contexto Geológico de la Ensenada de Bolonia

La ensenada de Bolonia, localizada en el Parque Natural del Estrecho, constituye un área de gran interés geológico, arqueológico y paisajístico. Forma parte del conjunto de ensenadas que se desarrollan en las proximidades del estrecho de Gibraltar, excavadas entre relieves montañosos de baja altura. En esta ensenada se encuentran los magníficos restos arqueológicos de la ciudad romana de Baelo Claudia, floreciente hace 2000 años y punto de obligada visita. No obstante, a lo largo de la ensenada pueden apreciarse formaciones geológicas y morfologías de gran interés, que se visitarán a lo largo de la excursión.

La ensenada de Bolonia (Fig. 3) se extiende entre Punta Camarinal, al Oeste, y Punta Paloma, al Este. Forma un entrante costero de unos 8 km de abertura, al que afluyen diversos cursos fluviales menores (como el arroyo de las Viñas y el arroyo Alpariate) que, al excavar sobre materiales blandos (margas del Cretácico pertenecientes a la Unidad de Almarchal), han ido labrando un área topográficamente deprimida con relieves acolinados suaves. En la zona meridional de la ensenada se alza la Sierra de San Bartolomé, labrada sobre la unidad de Areniscas del Aljibe y que con una orientación Norte-Sur alcanza una cota máxima de 444 m.

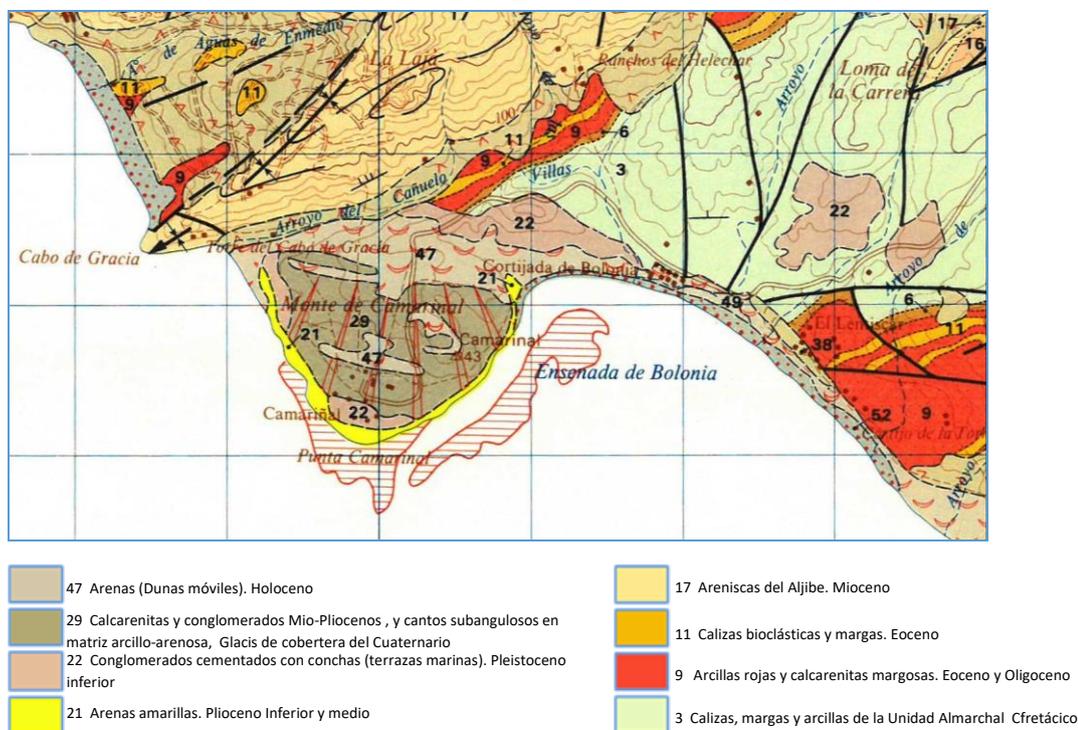


Figura 3. Contexto Geológico de la ensenada de Bolonia en el que se representan los principales materiales sedimentarios con edades comprendidas entre el Terciario y cuaternario (modificado de González et al., 1990).

El promontorio de Punta Camarinal forma un relieve tabular de unos 15 m de altura labrado sobre varias unidades horizontales superpuestas (Fig. 6). La base, que aflora cerca de la costa y que se sitúa aproximadamente al nivel del mar, está formada por calcarenitas y conglomerados calcáreos del Mioceno-Plioceno (Fig. 4a y c), muy compactos, con abundantes conchas marinas (especies de lamelibranchios de los generos pecten y chlamys y de gasteropodos) (Fig. 5a y b), y que están afectados por morfologías de erosión costera como pozas y marmitas, especialmente las calcarenitas. El frente de la cantera romana de Los Carrizales se desarrolla sobre estos materiales, que presentan frecuentes diaclasas, muchas de ellas rellenas de costras de carbonatos y con zonas de mayor cementación, probablemente debidas a la circulación de fluidos diagenéticos (Fig. 4d y Fig. 5c y d).

Sobre las calcarenitas, en algunos lugares, se observan conglomerados bioclásticos que contienen frecuentes cantos de cuarcita (Fig. 4 b). La edad de esta formación es desconocida, aunque varios autores la interpretan como del Plio-Pleistoceno (Menanteau et al., 1983; González-Lastra et al., 1990; Silva et al., 2006). Estos conglomerados están cementados por carbonatos, por lo que son susceptibles de desarrollar formas kársticas. En efecto, su superficie está afectada por formas de disolución caprichosas, destacando los conductos verticales (Figs. 4b y 8), marmitas y pozas que progresan en las calcarenitas, con fisuras rellenas de carbonato cálcico, que debieron de generarse en algún momento durante el Cuaternario.

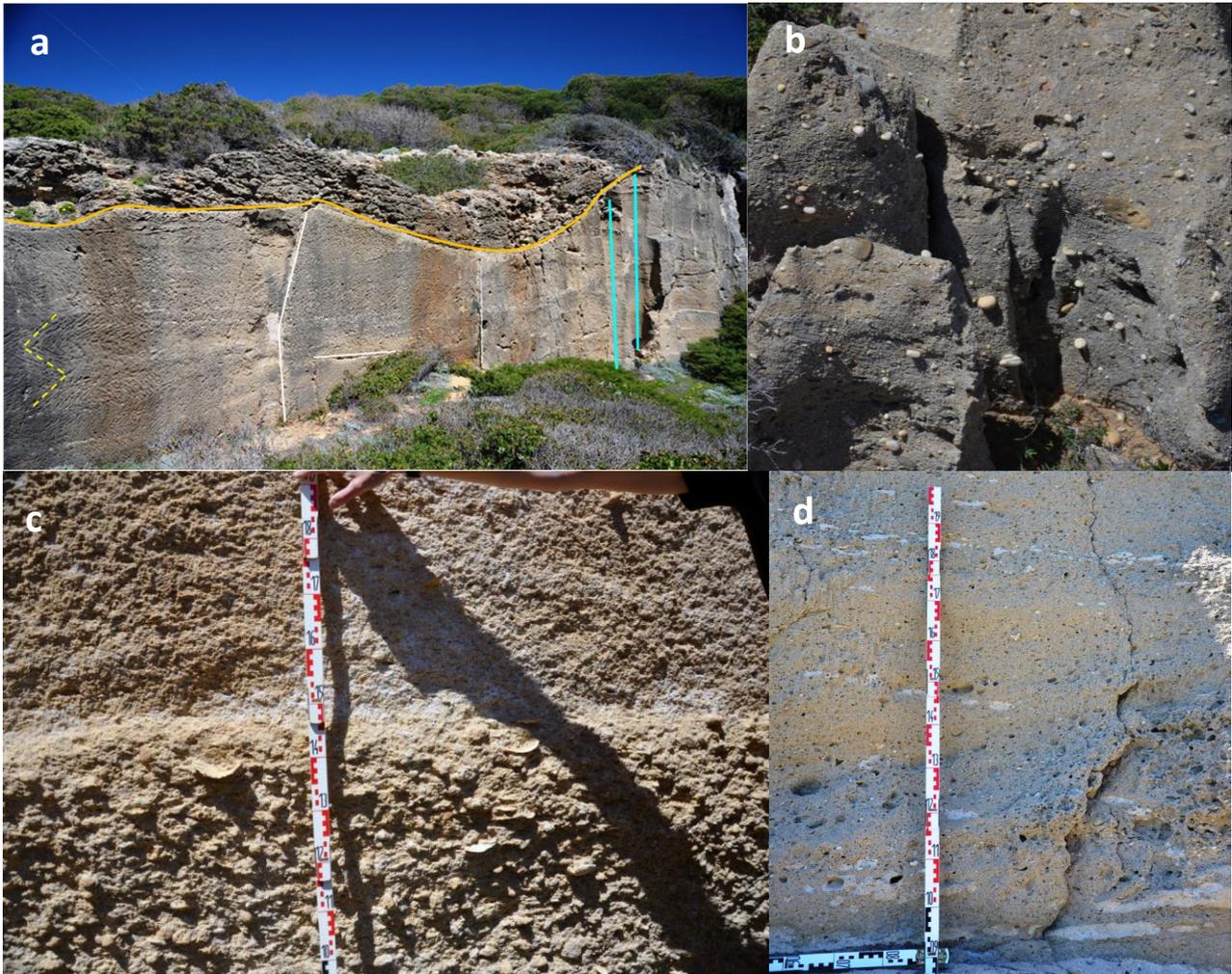


Figura 4. a: Frente de cantera romana en Punta Camarinal, con discordancia entre materiales Pliocenos y Pleistocenos. b: Detalle de facies conglomerática gruesa con cantos de cuarcita; c: Detalle de la facies de conglomerados finos y biocalcarenititas ricos en conchas. d: Detalle de las calcarenitas con zonas cementadas y fracturas.

Sobre estas formas karstificadas se desarrolla, mediante una patente discordancia erosiva (Fig. 4a), un depósito fluvio-coluvial más reciente, asociado a antiguos abanicos aluviales, con cantos de tamaño centi y hasta decimétrico, que a veces presentan claras imbricaciones (Fig. 5e y f). Estas formaciones están parcialmente fosilizadas por un paleosuelo rojo, característico de ambientes muy meteorizados, que cubre todas estas formaciones, datado por radiocarbono en 6572 ± 71 años BP (Grützner et al., 2012), es decir Holoceno medio. Este paleosuelo, poco compacto, está excavado por huellas históricas antiguas, tanto del Neolítico como de época romana, y las capas arqueológicas están cubiertas por dunas históricas y recientes (Figs. 3 y 6). Esta zona es de especial protección arqueológica, y en ella aparecen restos de varias antiguas canteras de época romana.

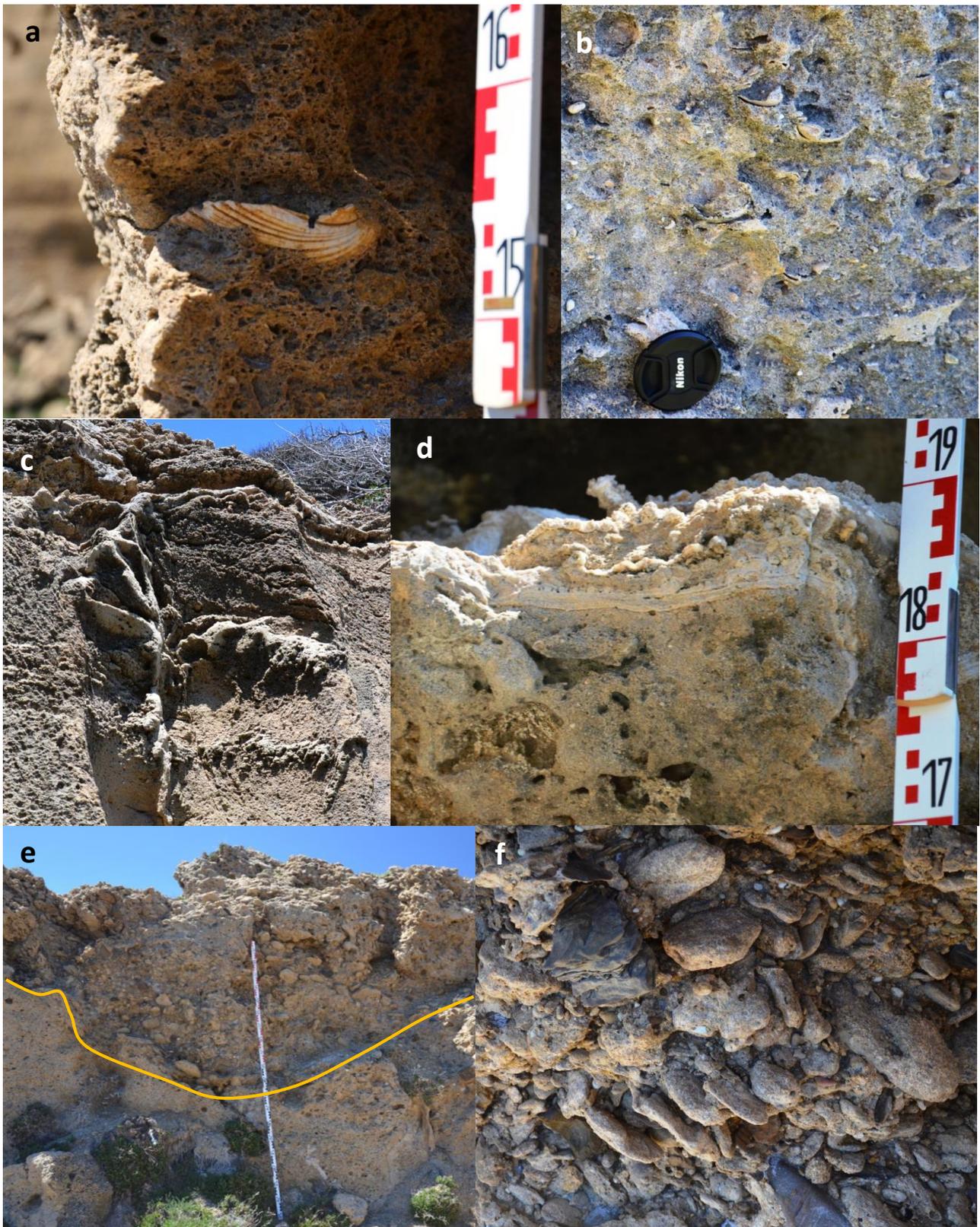
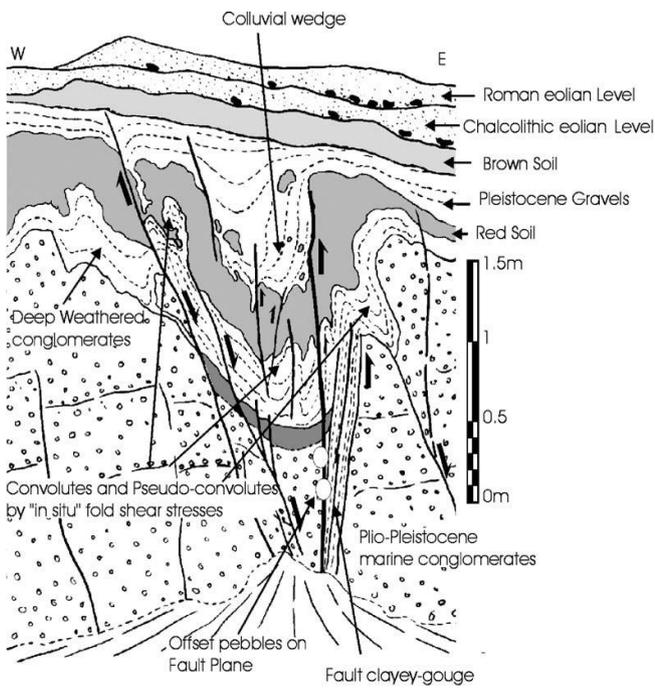


Figura 5. a: Biocalcarenitas con presencia de moluscos bivalvos, pecten. b: Abundancia de moluscos en los niveles de biocalcarenitas. c: Fracturas en las biocalcarenitas, rellenas de carbonato. d: Detalle de las costras y rellenos de carbonato cálcico en las biocalcarenitas de Punta Camarinal. e: Discordancia entre materiales Pliocenos y Pleistocenos, cantera occidental de Punta Camarinal. f: Detalle de cantos imbricados en los materiales Pleistocenos de la parte superior de la serie.



En lo referente a la ensenada de Bolonia, su formación y aspecto actual se relacionan con una estabilización y un ligero descenso del nivel del mar que tuvo lugar en el Holoceno, tras el Máximo transgresivo Flandriense hace 6.500 años, y el consiguiente avance sedimentario de la costa. A lo largo de la ensenada se extiende un cordón litoral holoceno, colgado a unos 2,5 m por encima del nivel del mar actual, y que encierra una antigua laguna totalmente colmatada (Figs. 3 y 20). La altura a la que se desarrolla esta antigua barrera arenosa permite asociar su génesis a la época posterior al Máximo Flandriense. Desde entonces, los arroyos de la ensenada han experimentado dos episodios de incisión, representados por dos niveles de terrazas fluviales que aparecen levemente encajados en el antiguo cordón litoral

Figura 6. Corte geológico de los depósitos Plio-Pleistocenos deformados afectados por la falla de Carrizales (CrzF) en el área de Punta Camarinal (Cantera Carrizales), (tomado de Grützner et al., 2012).

Parada 1. Morfologías costeras en Punta Camarinal

El sector meridional del Cabo Camarinal está representado por acantilados bajos y una plataforma rocosa labrada por la acción del oleaje en las calcarenitas Mio-Pliocenas. En esta plataforma podemos observar diversas formas tanto de erosión como de sedimentación (Fig. 7). En la zona más externa, casi permanentemente cubierta por las aguas, podemos identificar un conjunto de pequeñas piscinas naturales rodeadas por ribetes y pequeños represamientos cuyo origen está en la precipitación biogénica de carbonato cálcico por distintos organismos (fundamentalmente algas y microorganismos). Más arriba, en una zona intermedia, aparecen multitud de pozas excavadas por la agitación del oleaje, que arrastra cantos; los pequeños torbellinos hacen que los cantos arañen la roca, excavando las pozas y marmitas. Más arriba, en la zona más interna, se aprecian canales de erosión inclinados según la máxima pendiente y excavados por las resacas de las olas durante los temporales marítimos.



Figura 7. Plataforma rocosa con zonación de morfologías de erosión y depósito. De arriba a abajo: zonas externa, intermedia e interna, descripción en texto más arriba.

Todas estas formas están a menudo condicionadas por la red de fracturas y diaclasas de la roca. Se trata de ambientes muy interesantes y valiosos, ya que las pozas y recovecos son usados por la fauna piscícola y de moluscos para la puesta de huevos, cría y alevinaje, ya que se trata de ambientes relativamente protegidos pero a la vez oxigenados y bien iluminados. El resultado es un ecosistema con una elevada biodiversidad, que figura entre los hábitats protegidos por la Unión Europea.

Otras formas de erosión que podemos encontrar en la zona son las oquedades y conductos verticales generados por karst y que afectan a los conglomerados calcáreos (Fig. 8). Muy posiblemente estas formas se generaron en su día por la acción del oleaje, cuando el nivel del mar se encontraba a esa altura.



Figura 8. A: Formas de karstificación incipiente, B:intermedias y C: avanzadas sobre los materiales plio-pleistocenos de Punta Camarinal (conglomerados y calcarenitas).

Por otro lado, las arcillas con cantos del paleosuelo holoceno también están afectadas por erosión, esta vez debido al impacto y salpicadura de las gotas de lluvia, que arrastran las partículas finas (arcillas, limos y arenas) pero no pueden arrastrar los cantos. Como consecuencia, la evacuación de las partículas finas hace que la superficie del afloramiento poco a poco se vaya rebajando, excepto en los lugares donde hay cantos, ya que éstos protegen al material fino que tiene debajo. Se forman así pedestales, formas llamativas similares en su origen a las famosas “chimeneas de hadas”, aunque de un tamaño mucho menor (Fig. 9).

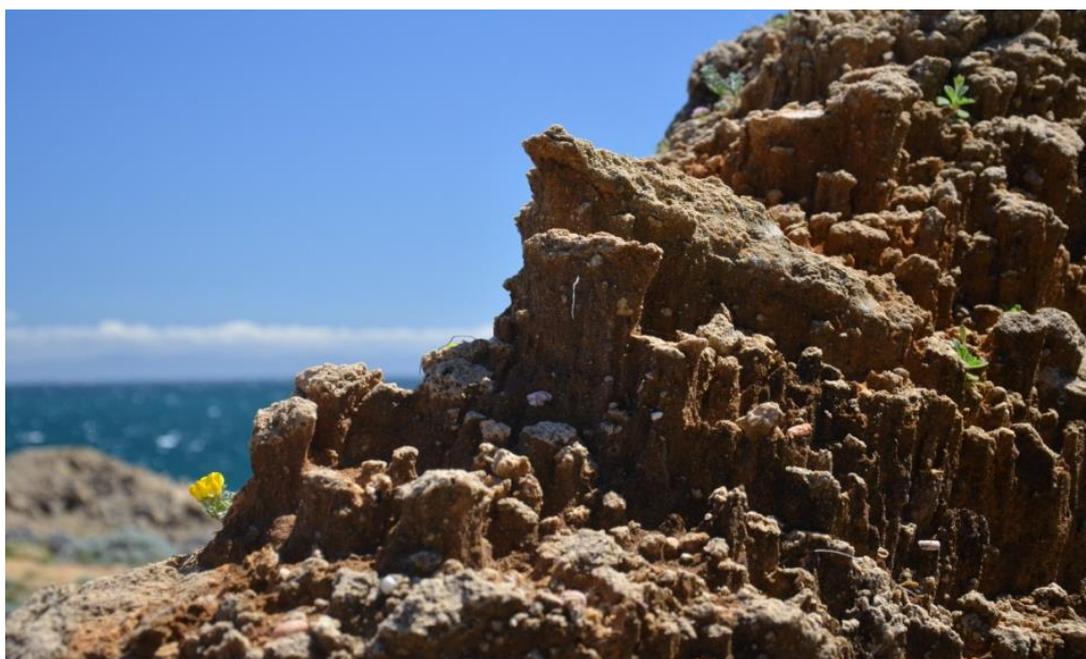


Figura 9. Erosión en forma de pedestal en las arcillas con cantos desarrollada sobre paleosuelo rojo holoceno, a techo de la serie estratigráfica de Punta Camarinal.

Parada 2. Las canteras romanas

En el entorno de la ciudad de Baelo Claudia son conocidas dos áreas de canteras, una al oeste (canteras de Punta Camarinal) y otra, que es mucho menos conocida, a 4.5 - 5 km al este de la ciudad, en la ladera sur de la Sierra de Paloma Alta y la Sierra de San Bartolomé (Fig. 10). Algunas de estas canteras fueron descritas o mencionadas por Menanteau et al., en 1983 (p. 138), pero han estado prácticamente desconocidas hasta los trabajos de Domínguez-Bella en Paloma Alta (2009), y sobre ambas áreas (Domínguez-Bella, 2016). A falta de futuras excavaciones del sitio, la cronología exacta de la explotación de estas canteras, es aún una incógnita. En ellas se puede observar una actividad extractiva desde la antigüedad, con varias zonas de extracción a cielo abierto (Figs. 10). Aparecen, al menos, ocho frentes de extracción visibles en la zona de Paloma Alta y otros cuatro en la zona de Punta Camarinal, en esta última área aparecen diferentes frentes de extracción asociados a una amplia zona de acantilados, que miran hacia la Bahía de Bolonia (Fig. 4 a).

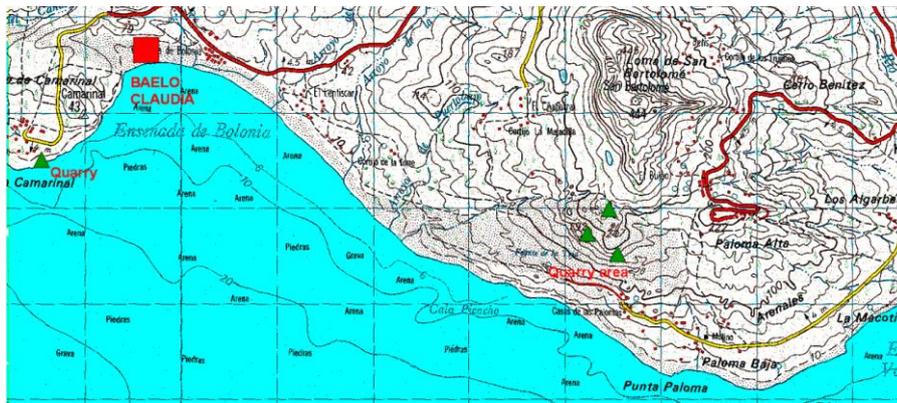


Figura 10. Contexto geográfico del entorno de Baelo Claudia (cuadrado rojo) y situación de las dos zonas de canteras de edad romana (triángulos verdes) (Domínguez-Bella, 2016).

En Punta Camarinal las canteras se sitúan a 1.5 km al suroeste de Baelo, estas rocas afloran junto con otros materiales similares que se emplazan sobre ellos y que presentan unas características ya mencionadas; están constituidos por conglomerados con cantos rodados de cuarzo y cuarcita, además de calcarenitas con pecten, etc. (moluscos bivalvos) y ostreidos (Figura 5 a-b).

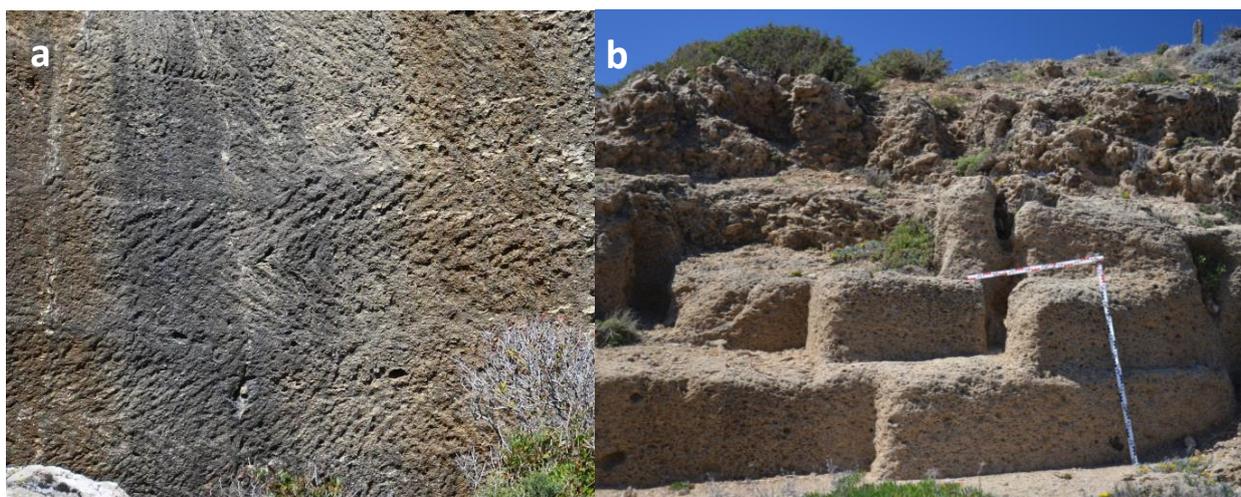


Figura 11. a: Huellas de picos de cantero de época romana en forma de cola de pez, en un frente de cantera en Punta Camarinal. b: Huellas de extracción de sillares, con algunos de ellos en proceso de extracción.

Las rocas que los romanos explotaron en estas canteras son afloramientos de conglomerados bioclásticos y calcarenitas (González et al., 1984; Gutiérrez Mas et al., 1991). Estas facies rocosas son conocidas en la

región como “caliza tosca” o “albero”; en algunos casos, la roca que presenta unas facies más compactadas, es denominada localmente “piedra palomera”.

En las canteras de Punta Camarinal se pueden observar las huellas de los trabajos de extracción de sillares (Figs. 11 y 12) y han aparecido algunos restos de columnas cilíndricas o cipos funerarios, aunque de menor diámetro que las de Paloma Alta (Fig. 12b). Trazas típicas de cantería romana como los surcos en cola de pez (Fig. 11 a) o las muescas de extracciones por cuñas y o punzones (Fig. 12 c).

También se han localizado en estas canteras, tabletas cilíndricas de 15 cm de altura y 50 cm de diámetro, que probablemente fueron usados como molinos y /o como tambores de columna.



Figura 12. a: Zona de cantera romana en Punta Camarinal, con huellas de extracción de sillares. b: tambor de columna ya extraído de la misma zona. c: Huellas de cuñas para la extracción de sillares.

Los materiales constructivos extraídos de las canteras en época romana pudieron ser transportados hasta Baelo o a otros destinos, por tierra o por ruta marítima, tal y como propuso Menanteau *et al.* (1983) que sugieren la posibilidad de que los productos de cantería hubieran sido lanzados desde las canteras de Paloma Alta, por la pendiente hasta la costa, para su posterior transporte por vía marítima. Nosotros compartimos esta idea basándonos en la continua presencia de estos productos en diferentes puntos de la ladera sur de Paloma Alta y en la línea de costa (Domínguez-Bella, 2009), y en la presencia de multitud de restos de lo que podrían ser posibles estructuras portuarias, en dos puntos de la playa actual, asociados a bloques de *opus caementitium*, lo que podría indicar la presencia de un espigón portuario que sirviera para la carga en barco de los productos de la canteras de Paloma Alta.

Algo similar ocurre con las canteras de Punta Camarinal, en este caso muy próximas al mar, donde es casi seguro que se produjo el embarque de los productos de cantera. El hecho constatado de la existencia de un pecio romano cargado de sillares y tambores de columna de este material pétreo localizado justo enfrente de la ciudad y puerto de Baelo y dentro de la Ensenada de Bolonia, confirmaría esta hipótesis de que el transporte marítimo de los productos fue la principal vía de salida de los mismos desde las dos zonas de canteras estudiadas (Fig. 10).

Parada 3. La duna y playa de Bolonia

Las dunas son acumulaciones eólicas de arena muy comunes en toda la costa del estrecho de Gibraltar, debido a la presencia de amplias playas arenosas y fuertes vientos. La génesis de las principales dunas de la zona se remonta a las épocas fenicia y romana (Silva et al., 2009), aunque las formas actuales han tenido un

crecimiento espectacular en fechas mucho más recientes. Al oeste de Punta Camarinal se encaja la playa del Cañuelo, una pequeña playa de apenas 500 m de longitud (Figura 2 izda.). Esta zona reviste especial interés, ya que la playa del Cañuelo constituye el final de un antiguo manto eólico generado a partir de la ensenada de Bolonia, situada al Este del promontorio de Camarinal. Entre ambas playas existía un corredor de unos 1500 m de longitud, a través del cual los fuertes vientos de Levante transportaban arena desde Bolonia hacia El Cañuelo, lo que causaba el aterramiento de la carretera que atraviesa el promontorio de Camarinal y que lleva a la batería militar situada en su extremo Sur. Por este motivo, a finales de los años 50 se procedió a la plantación masiva de pinos en el promontorio, con el fin de frenar el transporte de arena. Esto provocó la interrupción del corredor (Fig. 13 dcha.), causando un importante retroceso de la línea de costa en la playa del Cañuelo.

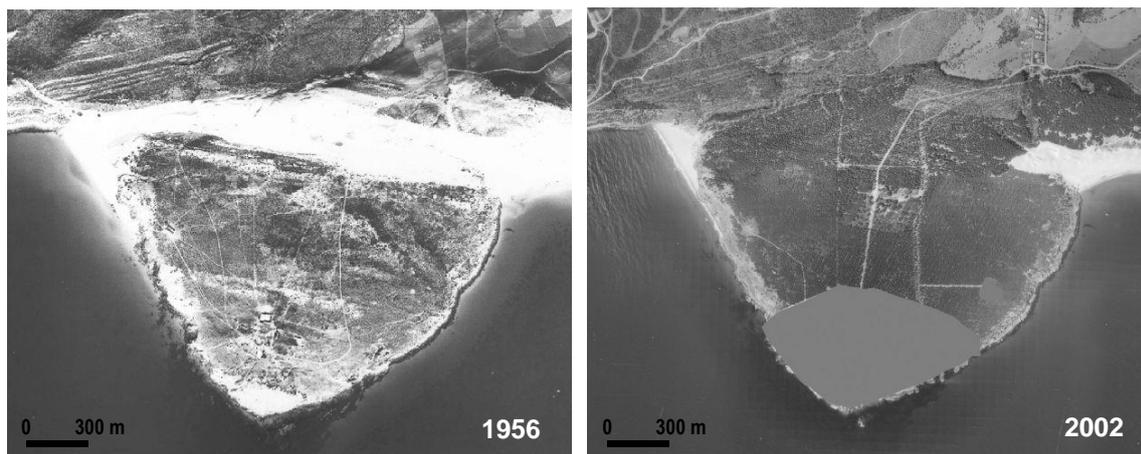


Figura 13. Cambios en el paisaje del promontorio de Camarinal entre 1956 y 2002, con la desactivación del corredor de deflación existente en 1956 entre las playas de Bolonia (derecha) y El Cañuelo (izquierda de la imagen) (Del Río, 2007).

En el extremo Oeste de la ensenada se desarrolla un espectacular campo de dunas edificado por los vientos de Levante (Fig. 14), que en esta zona son de gran intensidad y soplan prácticamente paralelos a la orilla, transportando la arena a lo largo de toda la playa. El gran desarrollo del campo dunar se debe principalmente a la implantación de un bosque de pino piñonero a lo largo del promontorio de Camarinal, a finales de los años 50, junto con diversas empalizadas de retención de arena, que tenían por objeto detener el avance de las arenas en el corredor de deflación entre Bolonia y la vecina ensenada del Cañuelo. El freno al transporte eólico favoreció la acumulación y crecimiento vertical del edificio dunar, remontando el promontorio de Camarinal sobre el pinar de repoblación.



Figura 14. Vista de la ensenada de Bolonia desde la duna, con la Sierra de San Bartolomé al fondo.

El resultado es la gran duna móvil de Bolonia, que tiene una superficie aproximada de 92.000 m², unos 30 m de altura y está protegida desde el año 2001 bajo la figura de Monumento Natural. En el sistema dunar se observa una amplia diversidad de morfologías, algunas poco habituales en las costas españolas, como son los barjanes o dunas en media luna, separados por cubetas de deflación. Los dorsos dunares presentan en su mayoría un desarrollo en dirección NE-SO, formados por los vientos dominantes de Levante, aunque existen también algunos otros con direcciones casi perpendiculares debido a la acción de los vientos atlánticos de Poniente (Fig. 15).



Figura 15. Duna de Bolonia con las crestas provocadas por vientos de levante (naranja) y de poniente (azul)

Todas estas formas son muy dinámicas y cambiantes, sobre todo durante los temporales de Levante, que generan en esta zona poco oleaje pero vientos que pueden superar los 100 km/h. En estas condiciones el abundante aporte sedimentario eólico favorece el desplazamiento de la duna hacia el interior, de forma que su frente de avalancha avanza hacia el Oeste a un ritmo medio de 2 m/año, sepultando a su paso el pinar (Del Río, 2007). Los vientos de Poniente redistribuyen parte de la arena hacia la playa, a lo largo de una amplia zona en la que el continuo trasiego de partículas por el viento y la intensidad de éste impiden el desarrollo de vegetación estable.

En cuanto a la playa, presenta una anchura considerable, una berma de importantes dimensiones y una zona intermareal estrecha, como corresponde a su carácter prácticamente micromareal (Fig. 16). El escaso caudal de los arroyos afluentes a la ensenada impide su desembocadura directa en el mar, de modo que el desagüe se realiza por infiltración a través del sedimento arenoso de la playa, generándose dos lagunas costeras temporales o “charcones” separados del mar por el cordón arenoso (Figura 4). En época de lluvias, cuando los caudales fluviales son grandes, o bien cuando los temporales de Poniente azotan la costa o en mareas vivas equinocciales, se producen roturas puntuales de la barrera arenosa, permitiendo una comunicación episódica con el mar.

Desde el punto de vista morfodinámico el perfil de la playa sufre importantes variaciones estacionales. Una parte significativa de la alimentación de arena a esta playa procede del transporte eólico por los fuertes vientos de Levante desde la vecina ensenada de Valdevaqueros, en la que se desarrolla un importante conjunto de dunas móviles (complejo dunar de Betis y Paloma Baja). La reforestación de dichas dunas, en varias fases a lo largo de las últimas décadas, ha frenado considerablemente este transporte eólico de arena hacia la ensenada de Bolonia, lo que ha traído como consecuencia un déficit sedimentario que, sin ser grave, hace que la playa sea cada vez más vulnerable a los temporales marítimos.



En las últimas décadas la playa muestra una tendencia claramente erosiva, con un retroceso medio de la línea de costa de 1,1 m/año en la zona central de la ensenada y en su extremo oriental, hacia el área de Paloma Baja. Durante situaciones de temporal marítimo invernal, la playa se encuentra así con un volumen cada vez más escaso de arena, lo que hace que el oleaje energético llegue con mayor facilidad a las inmediaciones de la ciudad romana, poniendo en peligro algunas de sus estructuras más expuestas.

Figura 16. Aspecto de la playa de Bolonia, con un charcón mareal hacia tierra de la berma y la gran duna al fondo.

Parada 4. Conjunto arqueológico de Baelo Claudia

La Ciudad hispano romana de Baelo Claudia

En el extremo más meridional de la Península Ibérica, y por tanto, punto más cercano con el continente africano, se sitúa la ciudad hispano romana de Baelo Claudia. Pequeño emporio comercial abierto al mar, a las aguas del Estrecho, cuyo objetivo principal fue, precisamente, la conexión entre ambas orillas, además de la explotación comercial de la riqueza de estas aguas. Un verdadero confín, de paso obligado para las embarcaciones que se adentraban en el Atlántico o retornaban de éste al Mediterráneo. Su proximidad a dos importantes ciudades como Gades (actual Cádiz) y Carteia, en la Bahía de Algeciras, debió contribuir notablemente al crecimiento y desarrollo del pequeño emporio a través del aporte poblacional y la salida de sus principales productos.

Sin embargo, Baelo Claudia, no sólo es una ciudad abierta al mar. El asentamiento, durante la antigüedad, se sirvió de la importante dualidad geográfica que el entorno ofrecía. De un lado, la obtención de importantes productos y subproductos obtenidos de las aguas del Estrecho, una de las más importantes vías de comunicación durante la antigüedad, y que aún, a día de hoy, lo sigue siendo. Y del otro, la riqueza de sus montes y de una importante campiña agrícola y ganadera en conexión directa con las principales vías terrestres.

Gracias al ininterrumpido proceso de investigación que se desarrolla en la actualidad en la ensenada de Bolonia, podemos afirmar que la fundación de Baelo Claudia tiene su origen en torno al siglo II a. C a partir de un asentamiento primigenio dedicado a la producción de salazones. A pesar de esta temprana fecha, hay que tener en cuenta que la gran mayoría de los restos monumentales visibles (teatro, termas, templos, etc.) deben situarse en un momento avanzado de la historia del asentamiento, en torno a finales de la primera mitad del siglo I d. C y posterior. Una excelente síntesis se encuentra en Sillieres (1997). Una de las principales actividades económicas desarrolladas fueron las salazones y subproductos derivados, actividad que perduró prácticamente hasta los siglos V - VI d. C (Arévalo y Bernal, 2007: 549), prolongándose la ocupación humana en el asentamiento hasta los siglos VII - VIII d. C, cuando se procedería a un abandono definitivo.

Las intervenciones arqueológicas desarrolladas en el yacimiento desde principios del s. XX han puesto al descubierto el que probablemente sea el conjunto urbano de época alto imperial mejor conservado y documentado de la Península Ibérica. Se trata de una ciudad de unas 13 hectáreas perfectamente delimitada por una muralla jalonada por, al menos, 36 torres. Apreciando perfectamente el trazado

ortogonal de la ciudad, las excavaciones se han centrado fundamentalmente en el centro monumental, donde puede observarse el foro, en un excelente estado de conservación, un área religiosa, compuesta por al menos cuatro templos, una gran basílica con primer orden de columnas restaurado, un área comercial compuesta por *tabernae* y *macellum*, además de otros edificios. Fuera de esta área céntrica destaca también al oeste de la ciudad un importante edificio termal. Al norte se erige el teatro, que junto con la basílica se trataría del edificio de mayores dimensiones. Y como última gran área excavada en la ciudad nos encontraríamos al sur, junto a la playa e integrado en el espacio urbano de la Ciudad, con un espectacular complejo industrial dedicado a las salazones de pescado, que como es bien conocido, fue uno de los principales motores económicos de la Ciudad a lo largo de su existencia, amén de la importancia de la agricultura y ganadería para el desarrollo y subsistencia de la población local.

La exhumación de todos los inmuebles que actualmente podemos ver durante la visita a Baelo Claudia corresponden a tres períodos claramente diferenciados en el tiempo; un primer período: 1917-1921, durante el cual el arqueólogo francés e hispanista P. Paris y sus colaboradores ponen al descubierto gran parte del yacimiento que hoy conocemos. La prematura publicación de los trabajos introdujo tempranamente a Baelo Claudia en los principales foros internacionales de investigación (Paris *et alii* 1923; 1926). El segundo período fue de 1966 a 1989 realizándose un total de 23 campañas arqueológicas bajo la tutela científica de la Casa de Velázquez. Por último un tercer período, desde 1989 en adelante, momento a partir del cual, bajo la tutela administrativa de la Junta de Andalucía, se crea el Conjunto Arqueológico de Baelo Claudia. Sin que se hayan vuelto a realizar grandes campañas de intervenciones arqueológicas, que caracterizaran la época anterior, los objetivos han sido prioritarios en primer lugar hacia la conservación, a través de proyectos de restauración y consolidación, y en segundo lugar a la puesta en valor.

En la actualidad se vive un nuevo período de esplendor caracterizado por la ejecución de nuevos Proyectos de Investigación que tienen por objetivo el barrio meridional salazonero, la necrópolis oriental, el área forense o algunos de los principales edificios de la ciudad, como el teatro.

La protección del yacimiento arranca en fechas tempranas: Baelo Claudia fue declarado Monumento Histórico Nacional el 19 de enero de 1925, donde ya se incluían las canteras romanas y el trazado del acueducto este, es decir; una gran área que no sólo se circunscribía únicamente a la ciudad. Posteriormente hay un gran espacio de abandono hasta que en 1966 se establece una guardería permanente, iniciándose el período de intervenciones arqueológicas auspiciadas por la Casa de Velázquez.

En los primeros años de la década de los setenta, la Dirección General de Bellas Artes y Archivos del Ministerio de Educación, adquirió la mayor parte de los terrenos en los que se ubican los restos arqueológicos, para lo cual previamente habían sido declarados de utilidad pública. Finalmente, con fecha 29 de febrero de 1984, se produjo el traspaso de la titularidad y la gestión de Baelo Claudia a la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Con posterioridad, se alcanza el momento clave para Baelo Claudia que es, naturalmente, la creación del Conjunto Arqueológico mediante Decreto de la Junta de Andalucía, de fecha 6 de junio de 1989, con el fin de conservar, difundir e investigar sobre los restos arqueológico del yacimiento.

Los materiales constructivos de la ciudad.

En la ciudad romana de Baelo aparecen solamente algunas litologías como principales constituyentes de sus elementos arquitectónicos. Estas litologías se pueden concretar en tres tipos principales, que en algún caso pueden presentar variedades y que podríamos describir como: conglomerados bioclásticos y una variedad más conglomerática y gruesa, con cantos rodados de mayor tamaño y menor contenido en bioclastos; areniscas cuarzosas (cuarzoarenitas) del Mioceno, las denominadas facies del Aljibe, de color amarillento; calizas arenosas, de tonos verdosos o grises, generalmente tableadas y en ocasiones en forma

de lajas muy planas; otros materiales rocosos, generalmente de carácter exótico y procedencia lejana, como son los mármoles ornamentales y otros fragmentos de rocas que han podido ser reutilizados como elementos constructivos.

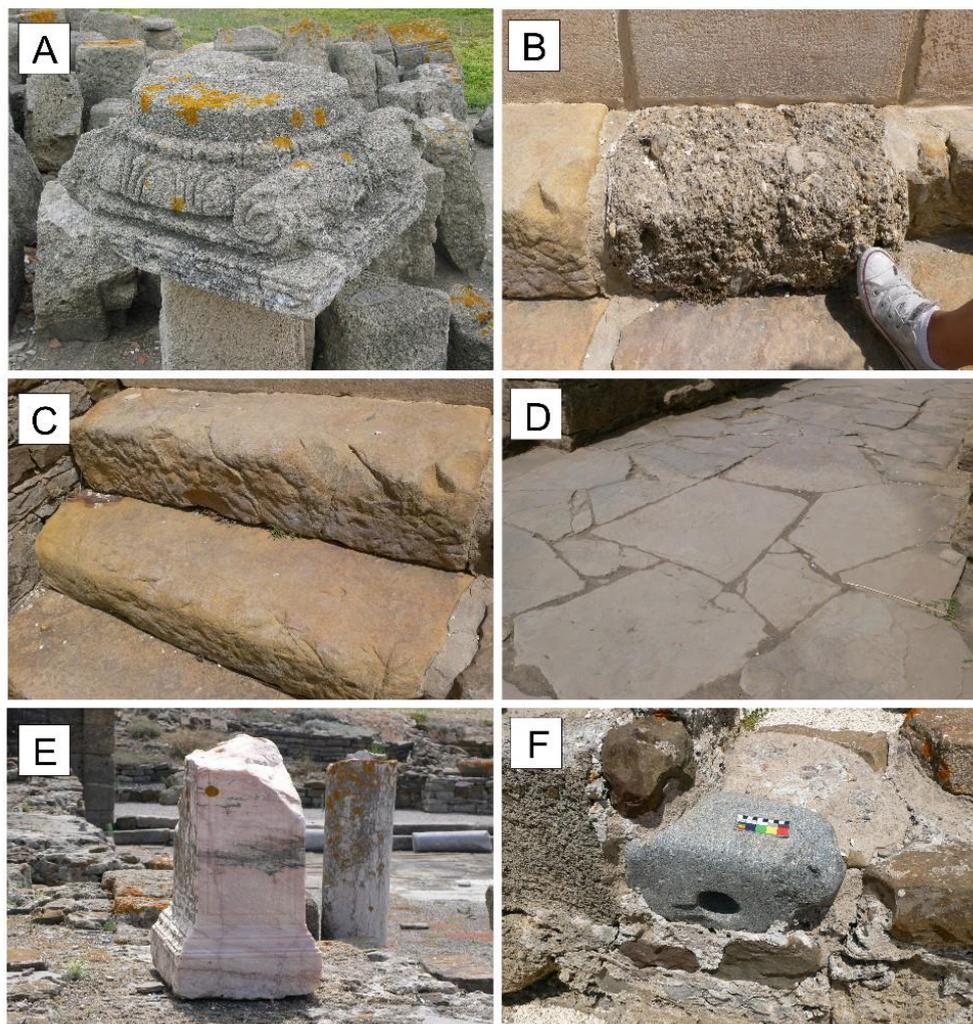


Figura 17. A. Capitel elaborado en conglomerado bioclástico; B. Peldaño de escalera sobre facies conglomerática de los conglomerados bioclásticos de Punta Camarinal; C. Peldaño de escalera en arenisca amarilla de facies Aljibe; D. grandes lajas del pavimento del decumano, en calizas arenosas tabulares; E. Elementos arquitectónicos como columnas y altares en mármoles de importación, aquí un mármol rosado, posiblemente de Almadén de la Plata, Sevilla; F. Elementos reutilizados en rocas exóticas importadas, como este granito, reutilizado en un muro de la zona de las termas occidentales de la ciudad.

Los tres primeros tipos litológicos parecen tener un carácter local o del entorno próximo a la ciudad, concretamente los conglomerados bioclásticos procederían sin duda de las zonas de canteras situadas al este y oeste de la ciudad, en Paloma Alta y Punta Camarinal. Son litologías muy utilizadas como elementos estructurales (sillares, muros) en los edificios de la ciudad, como podemos ver en el foro, la basílica y el teatro. Se usa igualmente para elementos de tipo ornamental, como son los capiteles, frisos o cornisas (Fig. 17 A y C).

Las areniscas del Aljibe o cuarzoarenitas, tienen por lo general un uso específico, más minoritario, asociado a la fabricación de algunos elementos estructurales como los escalones o quicios de puertas de acceso a viviendas (Fig. 17 C).

Las calizas arenosas, cuyos afloramientos geológicos los podemos encontrar en el substrato próximo a la ciudad, como ocurre al este de la muralla de la ciudad, presentan un diaclasado natural, que facilitó la elaboración de bloques o paralelepípedos idóneos para la ejecución de muros, tal y como podemos observar en diferentes puntos de la ciudad como los muros del teatro.

Una litología similar a la anterior, pero con una laminación más marcada, son las calizas arenosas tableadas, que actualmente conocemos como losa de Tarifa, de colores claros y que aparecen en la ciudad formando parte de los pavimentos como los del foro y el decumano (Fig.17 D).

Las litologías exóticas están constituidas generalmente por los materiales rocosos de uso ornamental, suelen ser mármoles, rocas ígneas, o sedimentarias, los llamados *marmora* en época romana, generalmente rocas de importación, con un alto valor, utilizadas en los programas decorativos de grandes edificios públicos como las termas, los templos o el foro, o bien en viviendas privadas de un cierto nivel económico (Fig. 17 E y Fig. 18).

Finalmente, algunas litologías que aparecen esporádicamente en los elementos constructivos de la ciudad y que generalmente representan elementos líticos reciclados y reutilizados en épocas posteriores. En este grupo podemos encontrar algunas rocas ígneas, con un origen lejano y alóctono a la provincia de Cádiz (Fig. 17 F).

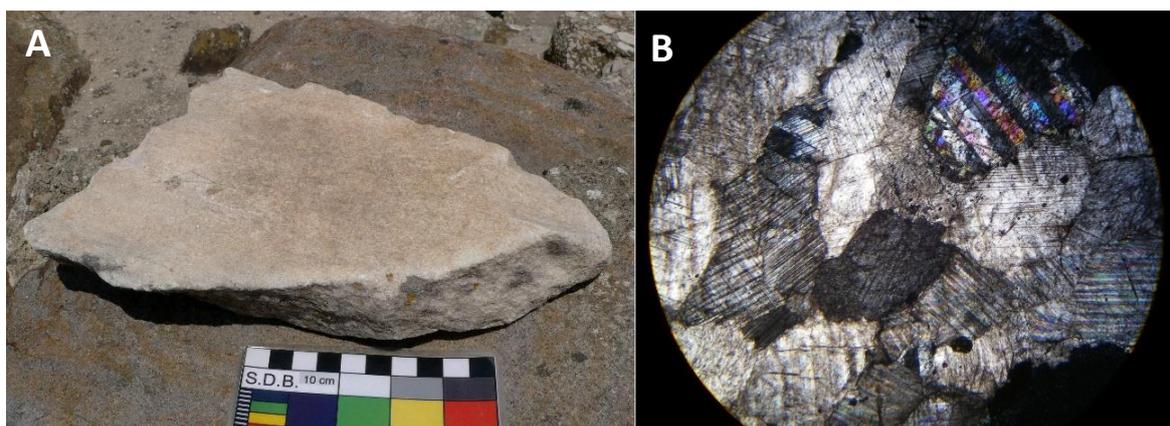


Figura 18. A. Fragmento de losa de mármol blanco en el recubrimiento de un pavimento de las termas occidentales de Baelo y B. vista bajo microscopio óptico de luz polarizada de un mármol de pavimento.

Análisis arqueométrico de los materiales

El análisis científico de las rocas usadas en los materiales constructivos de la ciudad y en los afloramientos geológicos de la zona, mediante lupa binocular y microscopía óptica de láminas delgadas de las rocas, muestran características muy similares o idénticas entre las muestras de Paloma Alta y de Punta Camarinal, y los elementos arquitectónicos de la ciudad (e. g. sillares, columnas). En ambos casos, aparecen diferentes microfacies, con niveles de carácter más carbonatado (Figs. 17 A y 19 B) con mayor concentración de bioclastos o más conglomerático (Figs. 17 B y 19 A), con diferente granulometría. Este hecho ha sido observado en diferentes puntos de las dos zonas de canteras estudiadas y en los materiales arquitectónicos, con usos específicos para algunas de estas microfacies, como ocurre en la Basílica. Mediante microscopía óptica nosotros podemos observar en estas muestras una gran cantidad de bioclastos, especialmente fragmentos de moluscos (Fig. 19 B), cantos rodados o subangulosos de cuarzo mono y policristalino, que generalmente muestra extinción ondulante, cantos rodados de cuarcita y alguno de plagioclasa, todos ellos cementados por un cemento de microesparita (Fig. 19 A y B). Esta roca presenta

una gran cantidad de poros y grandes huecos, resultantes de los moldes y huellas de las conchas de moluscos. Los otros tipos rocosos presentan las texturas y mineralogías típicas de las areniscas de facies Aljibe (cuarzoarenitas) y de las calizas arenosas del Cretácico, usada para enlosar las principales calles de la ciudad romana como el decumano máximo. Todos ellos tuvieron un origen en canteras locales o muy próximas.

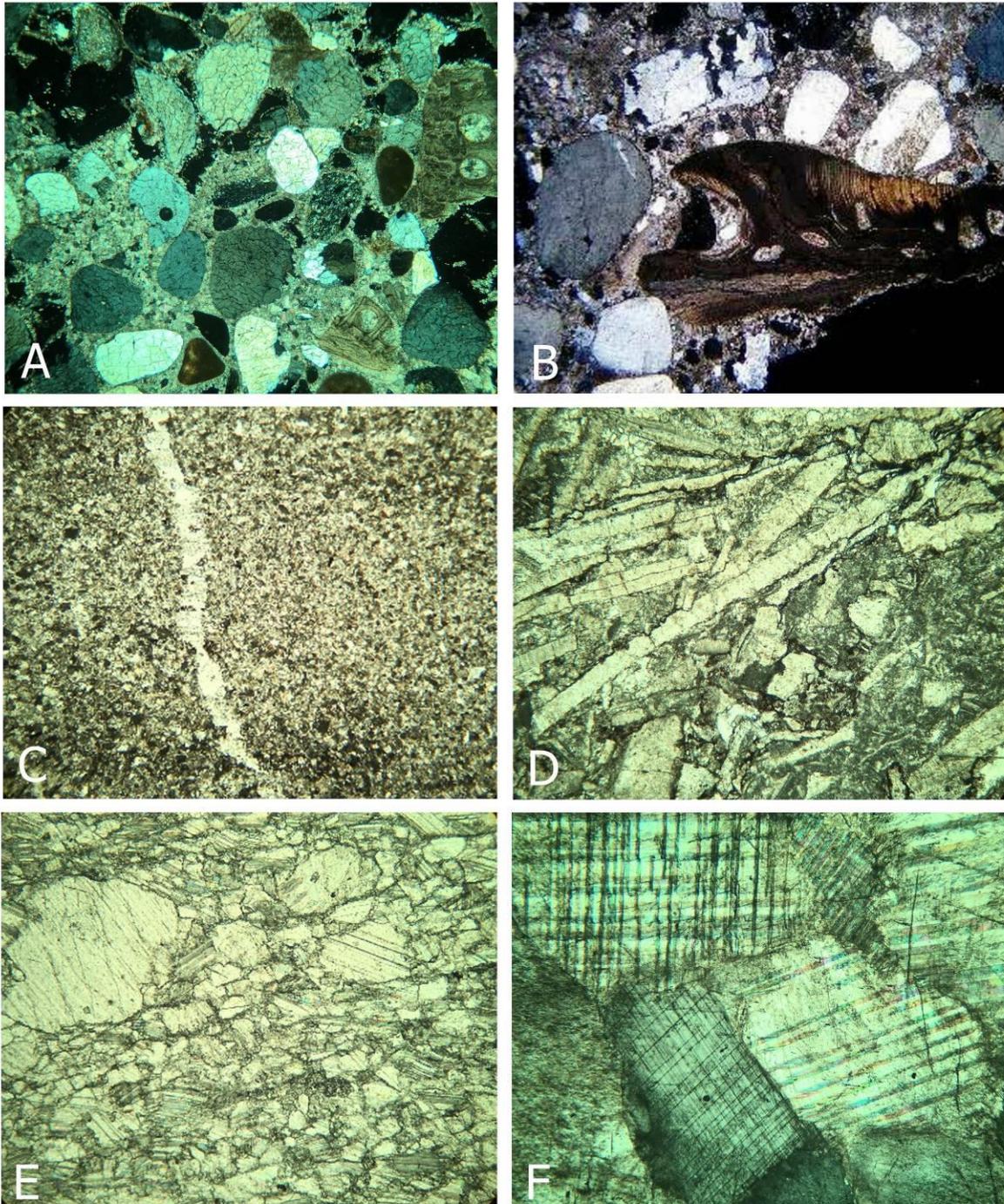


Fig. 19. A. Aspecto de los conglomerados con grandes bioclastos de las canteras romanas de Punta Camarinal y conglomerados con bioclastos de moluscos, de Paloma Alta (B), observados con lámina delgada y luz doblemente polarizada (XPL); C. Aspecto de una lámina delgada de las calizas arenosas de los pavimentos y muros de la ciudad de Baelo. Luz polarizada paralela (PPL); D. Caliza fosilífera de Lameiras, Portugal (PPL); E. Mármol blanco de tamaño de grano fino (PPL). F. Mármol blanco de grano grueso (PPL). C-D-E-F corresponden con materiales de recubrimientos de las termas de la zona oeste de la ciudad (Dominguez-Bella, 2009-2017 y Hoyo, 2015)

Sismicidad y deformaciones asociadas

La zona de la ensenada de Bolonia ha sido afectada por fuerzas sísmicas en varias ocasiones a lo largo de los últimos 2000 años, algunos científicos han encontrado registros de varios terremotos asociados a fallas reconocibles en el cabo de Gracia y sus alrededores. Son abundantes las huellas de deformación reciente en los depósitos cuaternarios de punta Camarinal (Silva et al., 2006). La Ciudad e Baelo Claudia constituye un ejemplo muy notable de registro de terremotos históricos e ilustra los efectos que estos pueden ocasionar sobre las estructuras de construcción humana.

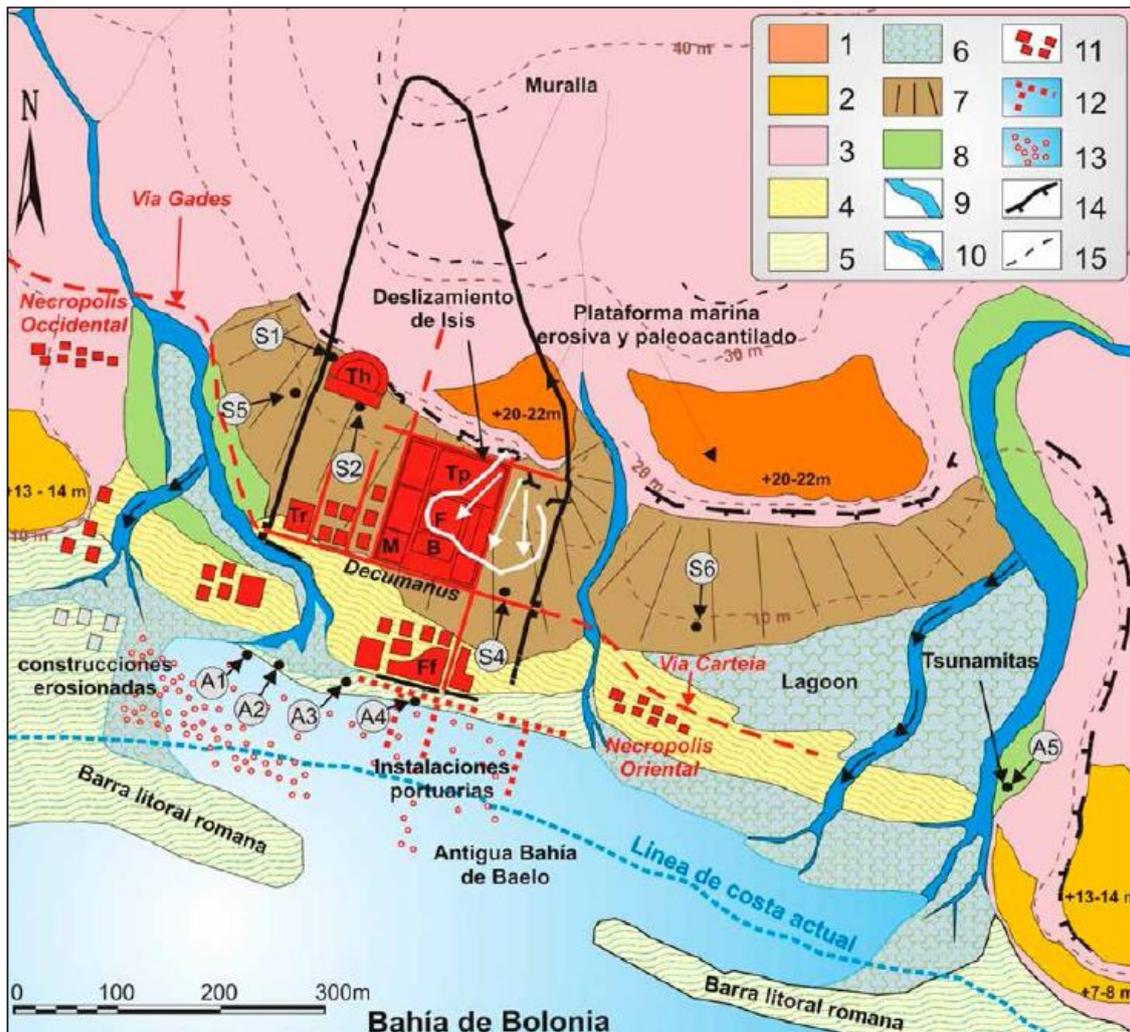


Figura 20. Mapa geomorfológico y reconstrucción paleogeográfica de la ensenada de Bolonia durante el siglo I a.C. (Silva et al., 2016). Datos submarinos y perfiles geotécnicos A1 a A4 tomados de Alonso et al. (2003a). Sondeos geotécnicos S tomados de Borja et al. (1993) y Silva et al. (2005). Leyenda: 1) antigua plataforma de abrasión marina; 2) terrazas marinas del Pleistoceno Superior; 3) Substrato bético; 4) flechas litorales holocenas; 5) flechas litorales de época romana, actualmente desaparecidas; 6) zonas de marisma; 7) coluvión post-romano; 8) llanuras aluviales de los arroyos de la zona; 9) canales activos; 10) canales abandonados; 11) edificaciones y restos arqueológicos; 12) estructuras portuarias romanas; 13) acumulaciones de bloques y sillares bajo el nivel del mar; 14) paleoacantilado; 15) escarpes rocosos. Edificios romanos más importantes: Th, teatro; Tp, templos; F, foro; B, basílica; M, macellum o mercado; Ff, fábricas de salazón; Tr, termas.

El ocaso de Baelo Claudia se inició posiblemente a finales del siglo II, viéndose acelerado a consecuencia de los efectos destructivos de un terremoto que afectó a la zona en el siglo III (Borja et al., 1993). A partir de ese momento, y durante todo el siglo IV, se redujo considerablemente el área urbana habitada, construyéndose

casas sobre los escombros de los edificios derruidos de la zona monumental. A lo largo de los siglos V-VI, Baelo se fue despoblando progresivamente, constatándose como últimos momentos de ocupación el inicio del siglo VII (Sillières, 1997).

Durante su apogeo, la principal actividad de la ciudad de Baelo Claudia era la fabricación de salazones de pescado; sin embargo, hoy en día no son visibles estructuras portuarias en las ruinas de la ciudad, tan sólo algunos restos de bloques en la zona submareal, a escasa profundidad. No obstante, las características fisiográficas y climáticas de la zona conllevan la necesidad de contar con una zona de abrigo para el amarre de las embarcaciones (Alonso y Navarro, 1999). Mediante un estudio sistemático empleando sondeos geotécnicos y arqueológicos y prospecciones magnéticas y eléctricas, Alonso et al. (2003) hallaron indicios estratigráficos de que, en época romana, existía en esta zona un sistema de barrera arenosa y laguna interior o lagoon conectado con el mar (Fig. 20). Una bocana limitada posiblemente por espigones daba acceso al lagoon, donde se hallaba instalado un puerto cuyos restos han sido detectados en los mencionados estudios (Fig. 21). En los últimos 2000 años la barrera arenosa ha desaparecido, posiblemente a consecuencia de un tsunami y/o un período especialmente intenso de temporales marítimos y la reducción de aportes sedimentarios tras la estabilización del complejo dunar de Punta Paloma (Alonso y Gracia, 2004).

En este sentido, junto a las ruinas de Baelo Claudia se han hallado registros de un evento energético marino de gran intensidad, probablemente un tsunami (Alonso et al., 2004). Están constituidos por un depósito de alta energía incluido dentro de la acumulación arcillosa de las marismas del Arroyo Alpariate (A5 en la Fig. 20), concretamente un lentejón de arenas gruesas con abundantes bioclastos, de unos 20 cm de espesor y situado a una cota ligeramente por encima de la pleamar viva actual. La datación por radiocarbono de los bioclastos dio una edad de 125 ± 70 años d.C. (Cal. 2150-1825 BP; Alonso et al., 2003a y b). La coincidencia aproximada en edad a la fecha del terremoto que destruyó la ciudad de Baelo Claudia hace suponer que el depósito corresponde a los efectos del tsunami asociado al mismo (Alonso et al., 2007).

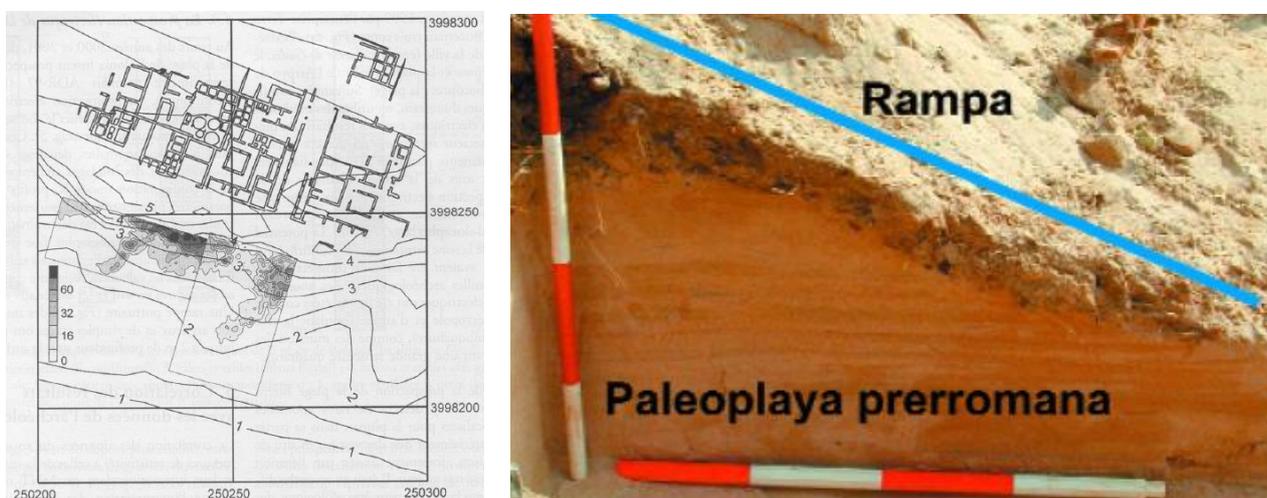


Figura 21. Izqda, registro geofísico electromagnético en la playa de Bolonia junto a las ruinas. Drcha, rampa portuaria romana sobre paleoplaya, descubierta en prospección arqueológica desarrollada sobre la playa (Alonso et al., 2003).

La mayor parte de la ciudad romana fue construida sobre laderas medias y bajas con sustrato arcilloso, y sobre la zona de contacto de éstas con los antiguos cordones litorales antes mencionados. El subsuelo, caracterizado por un desarrollo de tierras negras sometidas a procesos de reptación y mal drenadas, fue en muchos casos readaptado para preparar los terrenos para la construcción de grandes edificios, antropizándose los sistemas de drenaje. Ello originó probablemente una fuerte descompensación en los sistemas de cargas, que aceleró su destrucción durante el terremoto (Borja et al., 1993).

Durante el proceso de abandono de la ciudad se produjo la inutilización de los sistemas de drenajes urbanos por obstrucción u oclusión, favoreciendo comportamientos diferenciales en los mecanismos expansivos. Los suelos y enlosados sufrieron claros efectos de descuadres, levantamientos (Fig. 22) y hundimientos (Silva et al., 2005), que se transmitieron a gran parte de los elementos arquitectónicos verticales y provocaron su caída. Todo este proceso, superpuesto a los efectos directos de origen sísmico, provocó una considerable aceleración en el proceso histórico de destrucción de la antigua ciudad romana.

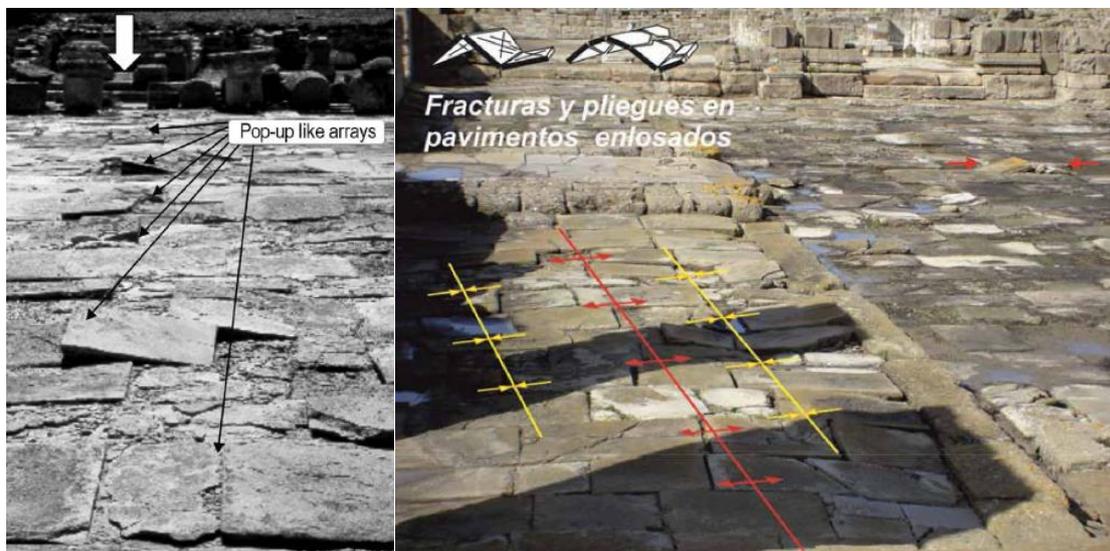


Figura 22. Daños arqueosísmicos afectando al pavimento de la ciudad (Silva et al., 2006, 2016).

En la actualidad la ciudad de Baelo Claudia constituye un ejemplo de interés internacional acerca del tipo de afecciones que un terremoto y sus fenómenos asociados puede ocasionar sobre construcciones históricas. En los últimos años, distintos especialistas españoles y extranjeros han desarrollado estudios arqueosismológicos muy detallados en la ciudad (Grützner et al., 2010, 2012; Silva et al., 2005, 2006, 2009, 2016; Giner et al., 2013).

Parada 5. Museo de Baelo Claudia

La actual Sede Institucional del Conjunto Arqueológico de Baelo Claudia, inaugurada en 2007, obra del arquitecto Guillermo Vázquez Consuegra (Fig. 23), está compuesta, además de otros espacios dedicados a la función laboral, de dos salas de exposición permanente. Ambas salas han sido integradas en el Proyecto Museográfico cuyo objetivo ha sido desarrollar un programa expositivo capaz de adaptarse a una colección museográfica almacenada en el propio Conjunto Arqueológico desde el reinicio de las intervenciones arqueológicas a partir de 1966, a cargo de la institución francesa Casa de Velázquez. Junto a este interesante conjunto de piezas pueden observarse también interesantes réplicas de bienes muebles halladas también en el yacimiento, que sin embargo por las distintas circunstancias históricas del hallazgo pertenecen a otras colecciones museográficas, como las del Museo Provincial de Cádiz o el Arqueológico Nacional en Madrid.

Otro de los aspectos fundamentales de la exposición permanente ha consistido en realizar un programa expositivo basado en el estudio y la valorización de las características espaciales, tanto formales como constructivas del edificio, respetando al máximo las cualidades arquitectónicas existentes (Muñoz y García, 2010), adaptándose el discurso expositivo y generando el carácter compacto y unitario del mismo.



Figura 23. Vista del museo del Conjunto Arqueológico de Baelo Claudia.

Sala de exposición permanente. Planta superior.

Se trata de un espacio a doble altura iluminado cenitalmente desde un espacio longitudinal que recorre el lado sur de la sala. Ésta, se encuentra presidida por una gran maqueta a escala de la ciudad hispanorromana. Una reconstrucción ideal de la ciudad y su entorno más inmediato, basado de manera fiel en las distintas investigaciones desarrolladas en el yacimiento. Además, junto a ésta, y en el resto de espacio dedicado a la exposición, se ofrece una panelería, analógica y digital, que ubica a la ciudad en su contexto geográfico durante la antigüedad. Una serie de interactivos amplían la información a contextos más amplios, como la organización territorial de la Bética e Hispania durante la antigüedad.

Sala de exposición permanente. Planta inferior.

La sala está conformada por un gran espacio longitudinal y una importante proyección en altura, otorgando al espacio una gran amplitud y luminosidad. Es precisamente la proyección vertical en altura de la sala una de sus principales virtudes. Aspecto que no pasó desapercibido durante la redacción del Proyecto Museográfico. Planteándose la reconstrucción parcial de algún momento de la Ciudad. En este caso, se optó por la reconstrucción, con materiales originales, de una de las columnas de la planta baja de la antigua basílica. Con más de 5m de altura, permite apreciar de cerca la imponente monumentalidad de uno de los edificios más grandes de la antigua ciudad de Baelo Claudia, quedando de esta forma plasmada la arquitectura y monumentalidad (Fig. 24). Los otros aspectos abordados en el proyecto museográfico, han sido el mundo funerario. Además de una vitrina expositiva con materiales y epígrafes procedentes de las excavaciones de las necrópolis, se ha reconstruido un pequeño enterramiento compuesto por ara y urna de incineración de época alto imperial (siglos I- II d. C). Como no podría ser de otra forma, la pesca y la derivación de sus aspectos económicos, forma parte igualmente de los campos y/o áreas de estudio representadas en la sala. Materiales arqueológicos relacionados con la actividad cinegética, además de contenedores cerámicos, ánforas, de distintas épocas que apoyan el discurso.

Otros aspectos destacados de la exposición son los relativos a la ingeniería civil, religión y estatuaria. Aspecto este último bien representado con algunas réplicas y originales fruto de recientes descubrimientos que han contribuido a la ampliación de la exposición y a la necesaria renovación del discurso museográfico, caso concreto de una copia del doríforo descubierto recientemente.

Todos los campos temáticos representados en la exposición permanente, están constituidos también por una serie de interactivos amenos que complementan adecuadamente la explicación, el discurso y por supuesto cumpliendo con el objetivo principal, que es apoyar la interpretación y visita al yacimiento arqueológico.

Por último, existe una sala dedicada a exposiciones temporales, desde donde el propio Conjunto Arqueológico y otras instituciones han proyectado aspectos relacionados con la arqueología y la investigación en general, no representados en la exposición permanente, teniendo por protagonista a arqueólogos insignes u otros yacimientos arqueológicos.



Figura 24. Aspecto de la sala de exposición permanente de la planta inferior del museo de Baelo Claudia.

Los materiales de tipo *marmora*, usados en la decoración de los principales edificios públicos (Hoyo, 2015), así como en la estatuaria expuesta en el museo, presentan tipologías y procedencias muy variadas, desde puntos muy distantes del imperio, como pueden ser Egipto o Turquía. En el Museo de Baelo podemos ver algunos de estos ejemplos, como el recientemente descubierto Doríforo (Bernal *et al.*, 2016), elaborado en mármol blanco de la Isla de Paros, Grecia (Álvarez *et al.*, 2016). Las dos estatuas tumbadas de las fuentes que decoraban el teatro de Baelo (originales en el Museo de Cádiz), están elaboradas posiblemente en mármol de Almadén de la Plata, Sevilla. Algunos elementos arquitectónicos como las placas de recubrimiento marmóreo de las termas marítimas proceden de las canteras de Mijas, Málaga y Sintra, Portugal). El alabastro y el granito del Foro posiblemente provengan de Egipto. También hay mármoles de Turquía, Grecia y Túnez, como los tipos pavonazetto, portasanta, africano, y brecha de Skyros (Figura 25).

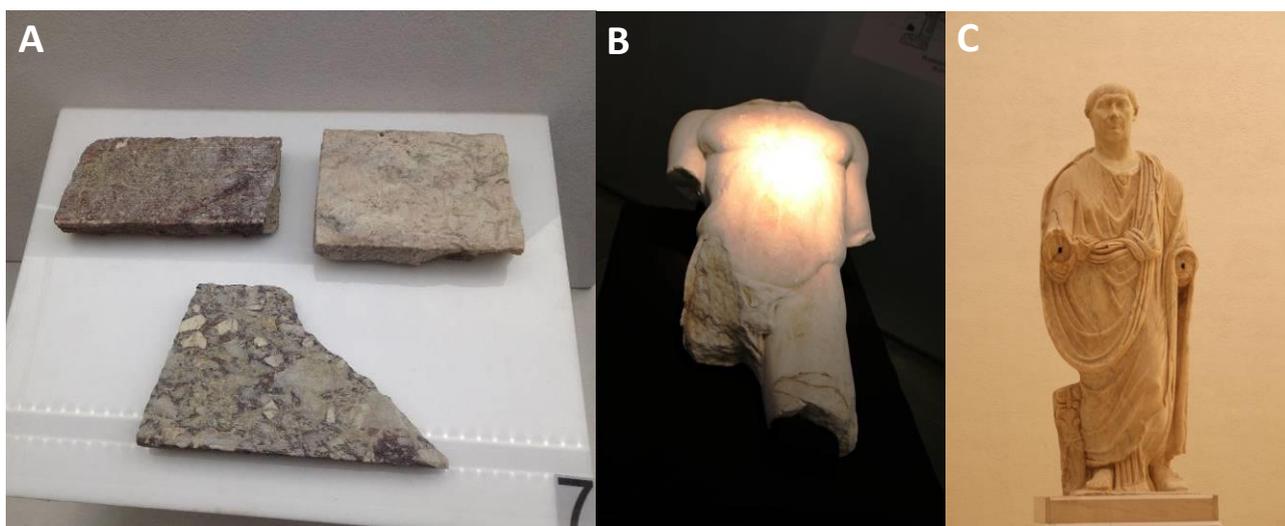


Fig. 25. A. Aspecto de los materiales marmóreos de recubrimiento arquitectónico de la ciudad. B. Mármol blanco de Paros, del Doríforo (Museo de Baelo), C. Mármol blanco de Carrara (cabeza), de la estatua togada de Trajano (Museo de Cádiz).

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, C. y Navarro, M. (1999). Baelo Claudia: sus posibilidades portuarias y la navegación por el estrecho de Gibraltar. En: III Jornadas de Arqueología Subacuática; Reunión Internacional sobre Puertos Antiguos y Comercio Marítimo. Valencia, pp. 133-140.
- Alonso, C.; Gracia, F.J.; Ménanteau, L.; Ojeda, R.; Benavente, J. y Martínez, J.A. (2003a). Paléogeographie de l'anse de Bolonia (Tarifa, Espagne) à l'époque romaine. En: *The Mediterranean World, Environment and History*. Elsevier S.A.S., Amsterdam, pp. 407-417.
- Alonso, C.; Ojeda, R.; Ménanteau, L. y Gracia, F.J. (2003b). Análisis geoarqueológico del sector meridional de Baelo Claudia (Tarifa, Cádiz). *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 43, 58 – 74.
- Alonso, C. y Gracia, F.J. (2004). La paleotopografía costera y el asentamiento de puertos, fondeaderos y zonas de producción del litoral gaditano durante la antigüedad. En L. De Maria y R. Turchetti (eds.): *Evolución paleoambiental de los puertos y fondeaderos antiguos en el Mediterráneo Occidental*. Proyecto europeo ANSER (Anciennes routes maritimes Méditerranéennes), Programa Europeo Interreg III B Medocc. Rubbettino, Roma, pp. 167 – 195.
- Alonso, C.; Menanteau, L.; Gracia, F.J. y Ojeda, R. (2007). Geoarqueología y paleomorfología litoral de la ensenada de Bolonia: primeros resultados y nuevas propuestas. En A. Arévalo y D. Bernal (coords.): *Las "Cetariae" de "Baelo Claudia": avance de las investigaciones arqueológicas en el barrio meridional (2000-2004)*. Serv. Publ. Univ. de Cádiz, Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, pp. 521 – 538.
- Álvarez, A.; Gutiérrez, A.; Rodá, I.; Royo, H. (2016) Análisis arqueométrico de elementos lapídeos de las Termas Marítimas. En: Bernal et al. (2016) *Las Termas marítimas y el Doríforo de Baelo Claudia*. 156-175.
- Arevalo, A y Bernal, D (Eds), (2004): *Las cetariae de Baelo Claudia. Avance de las investigaciones arqueológicas en el barrio meridional (2000- 2004)*. Sevilla
- Bernal, D.; Expósito, J.A. Díaz, J.J. y Muñoz, A. (Eds. Cient.) (2016). *Las Termas Marítimas y el Doríforo de Baelo Claudia*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz. 198 p. ISBN-13: 9788498285734.
- Borja, F.; Martínez, A. y Troya, A. (1993). El proceso histórico de destrucción de la ciudad romana de Baelo Claudia (SW Cádiz). *Caracterización geotécnica y análisis de formaciones superficiales*. *Arqueología Espacial*, 16-17, 297-308.
- Del Río, L. (2007). *Riesgos de erosión costera en el litoral atlántico gaditano*. Tesis Doct. Univ. de Cádiz, 496.
- Domínguez-Bella, S. (2009): Roman quarries from Sierra de Paloma Alta-San Bartolomé, near Baelo Claudia (Cádiz, SW Spain). *Interdisciplinary Studies on Mediterranean Ancient Marble and Stones. Proceedings of 8th International Conference ASMOSIA VIII (Aix-en-Provence, France 2006)*. Philippe Jockey (Coord.). *Maison méditerranéenne des sciences de l'homme*. Ed. Maisonneuve & Larose. Paris, pp. 213-228.
- Domínguez-Bella, S. (2016): *Materiales rocosos en la construcción de Baelo Claudia. Análisis arqueométrico y geoarqueología de las canteras de Paloma Alta y de Punta Camarinal*. *Actas de las II Jornadas Internacionales de Baelo Claudia: nuevas investigaciones: 14 y 15 de abril de 2010, Cádiz*. Baelo Claudia. 264 p. [PDF] pp. 93-105. ISBN: 978-84-9959-214-5
- Giner, J.L.; Silva, P.G.; Rodríguez-Pascua, M.A.; Pérez-López, R. y Bardají, T. (2013). *Mapa de efectos arqueológicos de terremotos (EAE) en la ciudad romana de Baelo Claudia (Cádiz, España)*. Libro-Guía de Excursiones, VIII Reunión de Cuaternario Ibérico, Sevilla. AEQUA. Grupo de Tectónica Activa, Paleosismología y Arqueosismología (QTECT).
- González Lastra, J.; García de Domingo, A.; Hernáiz, P.P.; Zazo, C. y Goy, J.L. (1990). *Cartografía geológica y memoria de la hoja 13-47 (Tarifa)*. Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. Plan MAGNA, 2ª serie. IGME, Madrid.
- Grützner, C.; Reicherter, K. y Silva, P.G. (2010). Comparing semiquantitative logic trees for archaeoseismology and paleoseismology: The Baelo Claudia (southern Spain) case study. *The Geological Society of America, Spec. Paper 471*, 15 p.

- Grützner, C.; Reicherter, K.; Hübscher, C. y Silva, P.G. (2012). Active faulting and neotectonics in the Baelo Claudia area, Campo de Gibraltar (Southern Spain). *Tectonophysics*, 554-557, 127-142.
- Gutiérrez Más, J. M., Martín-Algarra, A., Domínguez-Bella, S. y Moral Cardona, J. P. (1991): Introducción a la geología de la provincia de Cádiz, Servicio de Publicaciones Universidad de Cádiz. p. 148.
- Hoyo, L. (2015). Memoria del estudio arqueológico y muestreo arqueométrico de la decoración arquitectónica de las termas urbanas de Baelo Claudia. Máster en Patrimonio Histórico-Arqueológico.. Directores: Darío Bernal Casasola y Salvador Domínguez-Bella. Universidad de Cádiz. 30 p. (sin publicar).
- Martín, J.M., Braga, J.C. Aguirre J., Puga-Bernabéu, A. History and evolution of the North-Betic Strait (Prebetic Zone, Betic Cordillera): A narrow, early Tortonian, tidal-dominated, Atlantic–Mediterranean marine passage. *Sedimentary Geology* 216 (2009) 80–90
- Menanteau, L.; Vanney, J.R.; Zazo, C. (1983). Belo et son environment. En: D. Ozanam (ed.), *Belo II*. Publicaciones de la Casa de Velázquez, Ed. Broccard, París. Seria *Archeologie*, 4, 39-201.
- Muñoz, A y García, I. (2010): "La nueva sede institucional. Revalorización y puesta en valor de nuevos espacios en el Conjunto Arqueológico de Baelo Claudia." *V Congreso Internacionales de Musealización de Yacimientos Arqueológicos, Cartagena 2008*, pp, 243- 251.
- Paris, P., Bonsor, G., Laumonier, A., Picard, R y De Mergelina, C. (1923): *Les fouille de Belo (Bolonia, province de Cadix) (1917- 1921)*, Tome I. La ville et ses dépendances. Bordeaux.
- Sillières, P. (1997): Baelo Claudia, una ciudad romana de la Bética, *Collección de la Casa de Velázquez nº 61*, Madrid, 237 p.
- Silva, P.G.; Borja, F.; Zazo, C.; Goy, J.L.; Bardají, T.; De Luque, L.; Lario, J. y Dabrio, C.J. (2005). Archaeoseismic record at the ancient Roman City of Baelo Claudia (Cádiz, south Spain). *Tectonophysics*, 408 (1-4), 129-146.
- Silva, P.G.; Goy, J.L.; Zazo, C.; Bardají, T.; Lario, J.; Somoza, L.; Luque, L. y González-Hernández, F.M. (2006). Neotectonic fault mapping at the Gibraltar Strait Tunnel area, Bolonia Bay (South Spain). *Engineering Geology*, 84, 31-47.
- Silva, P.G.; Reicherter, K.; Grützner, Ch.; Bardají, T.; Lario, J.; Goy, J.L.; Zazo, C. y Becker-Heidmann, P. (2009). Surface and subsurface paleoseismic records at the ancient Roman city of Baelo Claudia and the Bolonia Bay area, Cádiz (south Spain). *Geological Society of London, Special Publication*, 316, 93-121.
- Silva, P.G.; Reicherter, K.; Giner-Robles, J.L.; Rodríguez-Pascua, M.A; Grützner, C.; García-Jiménez, I.; Carrasco García, P.; Pérez-López, R. (2016): Arqueosismología del Conjunto Arqueológico Romano de Baelo Claudia (Cádiz, Sur de España): estado de la cuestión. *Actas de las II Jornadas Internacionales de Baelo Claudia [PDF]: nuevas investigaciones: 14 y 15 de abril de 2010, Cádiz. Baelo Claudia*. 264 p. pp. 63-91. ISBN: 978-84-9959-214-5
- Silva, P.G.; Giner, J.L.; Reicherter, K.; Rodríguez-Pascua, M.A.; Grützner, C.; García, I.; Carrasco, P.; Bardají, T.; Santos, G.; Roquero, E.; Röth, J.; Perucha, M.A.; Pérez-López, R.; Fernández, B.; Martínez-Graña, A.; Goy, J.L. y Zazo, C. (2016). Los terremotos antiguos del conjunto arqueológico romano de Baelo Claudia (Cádiz, Sur de España): Quince años de investigación arqueosismológica. *Estudios Geológicos*, 72 (1), 30.

geología 17

Cádiz eología

COORDINAN



FINANCIA



ORGANIZA



Financia la fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.
Ministerio de Economía, Industria y Competitividad