

XIV. GEOARQUEOLOGÍA Y PALEOMORFOLOGÍA LITORAL DE LA ENSENADA DE BOLONIA. PRIMEROS RESULTADOS Y NUEVAS PROPUESTAS

C. Alonso, L. Ménanteau, F. J. Gracia y R. Ojeda

XIV.1. PROBLEMÁTICA DE LA RESTITUCIÓN PALEOPAISAJÍSTICA EN LOS ESPACIOS COSTEROS

La información facilitada tanto por las antiguas fuentes literarias como arqueológicas apuntan que la prosperidad económica del litoral meridional de *Hispania* desde la época prerromana estuvo asociada, en gran medida, a la captación y transformación de los recursos del mar (Chic, 1997, 12; García, 2001, 9; Chaves y García, 1991, 139-168). El clima, la latitud, la altitud, las condiciones oceanográficas y la topografía de la zona (tanto emergido, como sumergido), son, entre otros, factores ambientales que condicionan la biodiversidad de este marco geográfico y contribuyen a perfilar en él las relaciones entre seres humanos y medio natural (Glade, 1995, 113-32). Pero por encima de ellas han sido las razones de tipo cultural, político y económico las que han contribuido a definir, a lo largo de la historia, los diferentes modelos geopolíticos y de asentamiento habidos en el territorio.

Una amplia red urbana, con asentamientos primarios, secundarios y de talleres dedicados a la explotación y transformación de los recursos de la pesca (Lagóstena, 2001) ha llegado hasta nosotros como testimonio mudo de un pasado que los siglos han decidido conservar. En su mayoría, estos enclaves se emplazaron en zonas estratégicamente elegidas. Las posibilidades que ofrecían de cara al control de la práctica comercial en su hinterland costero e interior (preferentemente a través de vías fluviales navegables) fueron bazas decisivas para optar por

la elección de su posición. Junto a ello, factores como la proximidad a los bancos pesqueros o la existencia de condiciones óptimas para la navegación y el abrigo de las embarcaciones o, en un segundo orden de cosas, la existencia de marismas emergidas sobre las que roturar cuando era posible las necesarias salinas (Alonso *et alii*, 2003, 317-332; Alonso *et alii*, 2004; Alonso y Gracia, 2004); o la proximidad a zonas madereras y de arcillas donde obtener materias primas para la construcción de embarcaciones (Parodi, 2001, 21ss) y la fabricación de los imprescindibles recipientes cerámicos (ánforas) en los que, una vez transformados, transportar los productos pesqueros (Lagóstena, 1996 a; García, 1998; García, 2000; Bernal, 2001), condicionaron igualmente el emplazamiento de muchos de nuestros actuales yacimientos.

Pero la investigación histórico-arqueológica ha venido interpretando los asentamientos humanos costeros desde la perspectiva de la realidad paisajística reciente, sin atender a las fuertes transformaciones habidas en ella a lo largo de los siglos. Efectivamente, la morfología actual de los espacios costeros es fruto de la interacción secular entre condicionantes de tipo geológico, sismotectónico (terremotos y tsunamis), climático (glaciarismo, eustatismo, tempestades, etc.) y oceanográfico (corrientes y mareas). Se trata de una de las zonas más dinámicas del planeta (Gracia *et alii*, 1999 y 2000). Un leve pero significativo cambio del nivel del mar puede, por ejemplo, llegar a generar grandes transformaciones sobre estos ecosistemas, reduciendo sus capacidades productoras y provocando graves problemas de estabilidad en los mismos, hasta el extremo de poder llegar a

hacerlos inhabitables. Un caso reciente lo ha puesto de manifiesto. El tsunami que ha asolado buena parte de las costas del Índico no sólo ha destruido la estructura material de pueblos y ciudades, sino también su sistema económico. Casos como éste no son extraños en las costas del Golfo de Cádiz. La presencia de depósitos sedimentarios marinos de alta energía en zonas específicas de este litoral muestran la recurrencia histórica de este fenómeno, si bien, el más conocido y mejor documentado de ellos es el asociado al terremoto del 1 de noviembre de 1755.

Sólo el notable progreso conceptual, metodológico y técnico habido durante los últimos años en el seno de la geomorfología y la geodinámica litoral ha posibilitado la aparición de estudios en esta línea, dando origen a la que hoy podemos denominar la arqueología litoral, fundamentada metodológicamente en el análisis multidisciplinar del medio a través de la aplicación de técnicas que están, no pocas veces, a caballo entre la arqueología terrestre y la subacuática.

Durante las últimas décadas la investigación histórico-arqueológica sobre *Baelo Claudia* se ha centrado en, principalmente, la caracterización arquitectónica y urbanística del mismo, despreocupándose por todo lo relativo al paleopaisaje de la ensenada. En consecuencia, una de las grandes incógnitas que aún persiste sobre este importante emporio comercial salazonero que cumplió su función como puerto de embarque de pasajeros y mercancías en ruta a *Tingis* (Estrabón III, 4, 8), ha sido la de restituir la paleotopografía costera de esta ensenada, para saber si de forma natural ofrecía condiciones adecuadas para el desarrollo de las actividad marítima que le otorgan los textos clásicos o, por el contrario, disponía de algún tipo de infraestructura portuaria artificial para favorecer las labores de estiba y abrigo de las embarcaciones que a ella arribaban.

XIV.2. BAELO CLAUDIA: EMPORIO DE SALAZONES Y PUERTO DE EMBARQUE HACIA EL NORTE DE ÁFRICA

XIV.2.1. Un puerto para el debate

Puntualmente, algunos autores han sostenido que *Baelo* debió disponer de estructuras portuarias (París *et alii*, 1923, 99; Martín, 1988, 76 y Alonso y Navarro, 1998).

Otros, sin embargo, han apuntado que las antiguas naves romanas podrían fondear, sin problemas, en la zona más occidental de la Ensenada, auxiliadas quizás por algún muelle de aproximación construido sobre pilotes de madera (Martín, 1988, 76). Como caso excepcional, ante la supuesta inexistencia de estructuras portuarias permanentes y la aparente falta de condiciones naturales para el abrigo de embarcaciones en la ensenada de Bolonia, se llegó a poner en duda incluso el carácter portuario de este enclave (Millán, 1998, 199-200), trasladando toda su infraestructura marítima a la vecina ensenada del Barbate.

Es evidente que las pequeñas maniobras para el transporte de personas y mercancías podían efectuarse en casi cualquier parte del litoral, pero cuando se incrementaba el volumen del tráfico marítimo los problemas, y por tanto los riesgos, se hacían mayores (Martín, 1998, 16).

Las escasas condiciones naturales que actualmente presenta la ensenada para estos menesteres y el fuerte régimen de vientos de SE y SW dominantes en la zona, llevaron a plantearnos que: o bien durante la época romana la paleotopografía costera de la ensenada fue diferente a la actual, ofreciendo condiciones más adecuadas a las necesidades portuarias de un enclave de este tipo; o bien el enclave fue dotado de algún tipo de infraestructura portuaria con la que salvar las exigencias de abrigo y estiba de las naves.

Dar respuesta a este doble interrogante sólo era posible desde el diseño y ejecución de un amplio proyecto de carácter geoarqueológico, planteado multidisciplinariamente desde la aplicación de técnicas de análisis geofísico, geotécnico, geoquímico, paleobiológico, geomorfológico y geodinámico, a fin de obtener datos significativos de un medio en el que, muy posiblemente, la huella de las antiguas formas y estructuras costeras hubieran desaparecido en su casi totalidad por efecto de la acción erosiva del mar, como claramente se desprende de la descontextualización que actualmente presenta el yacimiento en relación con el lógico ambiente costero que debió propiciar el desarrollo de las funciones comerciales y portuarias que le eran propias. Se trata pues de una problemática similar a la que presentan antiguos emplazamientos portuarios del Mediterráneo como *Cesarea Maritima* (Raban y Holum, 1996), *Alejandro* (Goiran *et alii*, 2000), *Biblos* (Frost y Morhange, 2000), *Olbia* (Pasqualini, 2000; Vella *et alii*, 2000), *Sidon* (Morhange *et alii*, 2000) o *Marsella* (Hesnard, 1994), entre otros, y cuyo estudio se ha resuelto en este mismo orden metodológico.

XIV.2.2. El nacimiento de *Baelo*

A nuestro entender, para comprender las razones que llevaron a la fundación y decadencia de la ciudad de *Baelo Claudia* basta con realizar un rápido análisis diacrónico y comparativo del modelo de ocupación humana en la ensenada, plasmando sobre una carta del territorio la localización y caracterización de los yacimientos arqueológicos desde la Prehistoria Reciente a la actualidad. Abierta al mar, la ensenada se encuentra rodeada por una serie de sierras de mediana altura que, a manera de anfiteatro natural, la aislan del interior, dificultando notablemente la entrada o salida de la misma por vía terrestre (Ménanteau *et alii*, 1983). Por este motivo, y por el hecho de ser un lugar marginal en relación con el trazado de los principales ejes de comunicación terrestre (salvo durante la época romana), hasta principios de siglo XX este enclave ha estado habitado por una reducida población dependiente de una economía agropecuaria y pesquera de subsistencia.

Los asentamientos conocidos para finales de la Prehistoria se localizan, principalmente, en las zonas altas de las Sierras, en relación con el control de los recursos económicos que ofrecía, entonces, el gran humedal vecino de la Janda. En su casi totalidad se emplazan en la cara oeste o suroeste de las unidades de relieve, debido a que, por la morfología y litología del terreno, es en esta vertiente donde se localizan los abrigos y cavidades rocosas. Este modelo de ocupación fue el imperante hasta la Edad del Bronce. Enclaves como Los Algarves, situado en el eje de penetración que ofrece el Arroyo del Valle hacia el interior del humedal de la Janda, o La Silla del Papa, controlando uno de los principales vértices estratégicos de comunicación, son ejemplos de ello.

La llegada de los primeros colonizadores trajo nuevas posibilidades económicas basadas en el comercio, la navegación, la pesca y la transformación y comercialización de estos recursos, contribuyendo a la conformación de un nuevo modelo de implantación territorial en el que la costa y el frente litoral tomaron mayor relevancia.

El análisis de la información arqueológica sobre el mapa pone de relieve que la romanidad supuso una transformación exponencial del modelo de ocupación en este territorio, tanto cuantitativa como cualitativa. La fundación en el 171 a. C. de la antigua colonia latina de *Carteia*, en la bahía de Algeciras, junto a la desemboca-

dura del Guadarranque (vía natural de penetración hacia el interior de la Bética), supuso ratificar el modelo de control territorial imperante en el estrecho de Gibraltar desde época fenicio-púnica. *Carteia*, que sustituiría al asentamiento fenicio-púnico del Cerro del Prado debido, posiblemente, a los problemas que planteaba su emplazamiento (más hacia el interior del mismo Guadarranque) de cara al incremento del tránsito naval y comercial, se convertiría desde entonces en el principal puerto del Estrecho, siendo éste el lugar donde buscaron abrigo las grandes flotas de guerra de Varron (D.C. 43, 31) y Pompeyo (B.H. 37).

Pero la nueva política atlántica iniciada por César al objeto de conseguir tanto la explotación directa de las viejas rutas oceánicas del norte (Chic, 1995), como la anexión para el Imperio de las tierras del antiguo reino de *Mauritania Tingitana*, vino a marcar el inicio de una nueva organización geopolítica en este marco. Como heredero y continuador de la política cesariana, Augusto fue el encargado de pacificar las nuevas tierras anexionadas y luchar contra una piratería que hacía insegura la navegación por aguas del Mediterráneo –R.G. 25,1 y 26,2– (Gozalbes, 1988). Como forma de fortalecer su presencia en el norte del África occidental y garantizar la navegación y el comercio hacia el interior del territorio, optó por la creación de nuevos núcleos de población y el asentamiento de guarniciones militares en puntos estratégicos (*Lixus, Zelis, Banasa* y *Babba*: Plin., H.N. V.2.), trasladando a habitantes de las ya existentes *Iulia Traducta, Iulia Iozá* y *Tingintera* (Estrabón III, 1, 8; Plinio H.N. V.2). En este marco, *Tingis*, antigua capital del reino mauritano y principal puerto en la zona, fue elevada a la categoría de municipio romano (D.C. 48, 45, 3), convirtiéndose en cabeza de puente para la relación con la vecina Bética, lo que vendría a suponer un problema para el futuro de las relaciones entre ambas orillas del Estrecho.

En esta nueva coyuntura la ciudad de *Carteia*, situada en la parte oriental, al fondo de la actual bahía de Algeciras, se encontraba visiblemente desplazada del eje de *Tingis* (en la parte occidental del Estrecho, sobre la vertiente atlántica). La difícil travesía entre ambos puntos se convertía así en una gran traba para el desarrollo y control de la zona, por lo que Roma se vio obligada a fundar, en la orilla atlántica hispana, una segunda cabeza de puente sobre la que pivotar, junto a *Carteia*, su política administrativa y comercial en la zona (Alonso *et alii*, 2003).

Las especiales condiciones climáticas e hidrológicas de la vertiente occidental del Estrecho y la existencia de un sistema de corrientes marinas que facilita considerablemente la travesía entre *Tingis* y la ensenada de Bolonia (Ménanteau *et alii*, 1983), a pesar de su aislamiento con el interior, *Baelo*, un asentamiento indígena que, desde los últimos años del s. II a. C., comenzó a tomar notoriedad de la mano del rentable negocio de la pesca y transformación de sus capturas (Arévalo y Bernal, 1999) alcanzando ahora, en época de Claudio o Nerón, su máximo esplendor político, administrativo y urbanístico (Álvarez, 2002), siguiendo los más puros patrones vitrubianos. En este sentido debe entenderse la descripción de *Baelo Claudia* como "... puerto donde generalmente se embarca hasta *Tingis*..." (Estrabón III, 4, 8), condición que desaparecerá apenas tres siglos después, cuando las nuevas condiciones geopolíticas del Estrecho cambien provocando, nuevamente, el desplazamiento del eje de comunicación entre el norte y sur del Estrecho y la ruta atlántica pierda su razón de ser.

Pero, si bien los textos clásicos describen *Baelo Claudia* como puerto y ciudad de comercio y transporte de viajeros en tránsito hacia África, la investigación histórico-arqueológica, hasta el presente, no se ocupó por conocer las verdaderas posibilidades portuarias de este enclave. La falta de estudios en este sentido y la tendencia generalizada de analizar e interpretar los enclaves costeros en función de su realidad ambiental actual y de espaldas al mar que les dio origen, han contribuido para que, en la actualidad, permanezcan aún sin respuesta muchas incógnitas del urbanismo en el sector meridional de *Baelo*, y entre ellas su potencial portuario.

XIV.3. LA INVESTIGACIÓN GEOARQUEOLÓGICA DEL SECTOR MERIDIONAL DE BAELO CLAUDIA

XIV.3.1. Origen y objetivos del proyecto

Entre 1999 y el 2001, desde el Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (I.A.P.H.) de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía se desarrolló un proyecto de investigación geoarqueológica en el sector meridional de la ciudad romana de *Baelo Claudia* cuya finalidad era profundizar, mediante el uso de técnicas no

intrusivas, en el conocimiento de la trama urbana situada entre el *decumanus maximus* y el mar, al objeto de mejorar las medidas cautelares necesarias para su protección y conservación material, paisajística y ambiental.

Entre sus objetivos, este proyecto buscaba conocer diacrónicamente la evolución del medio costero y restituir la paleotopografía de la ensenada en el momento concreto de máxima actividad de la ciudad hispanorromana, teniendo presente, en todo momento, que los resultados que se obtuviesen no serían concluyentes ni definitivos, sino más bien una primera toma de contacto con el tema, a partir de la cual, conocida su potencialidad, diseñar estrategias más concretas de trabajo para el futuro.

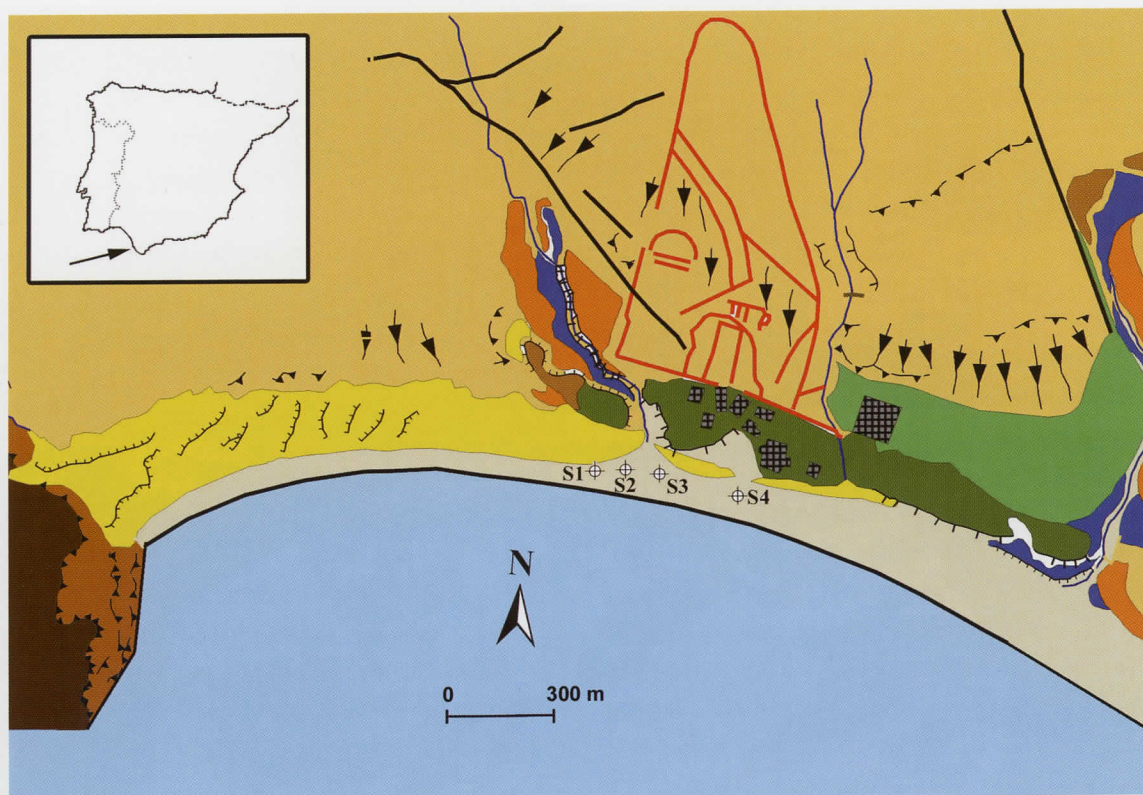
En su planteamiento, el proyecto fue metodológicamente ideado desde una perspectiva geoarqueológica, contemplando la aplicación de técnicas geofísicas, geotécnicas, arqueológicas y arqueométricas con el propósito de caracterizar los posibles restos de estructuras conservados, tanto por encima como por debajo de la línea de bajamar. Para cubrir tales objetivos trabajaron conjuntamente técnicos del Centro de Intervención y del Centro de Arqueología Subacuática del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, en colaboración con especialistas en geología y dinámica marina de la gaditana Facultad de Ciencias del Mar y del laboratorio Geolittomer-Nantes, perteneciente este último al Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) y la Universidad de Nantes (Francia).

XIV.3.2. Metodología y fases de actuación

El proyecto geoarqueológico de *Baelo Claudia* fue diseñado atendiendo no sólo a la evolución de las secuencias estratigráficas del litoral emergido, sino también al sumergido, con la esperanza de que los diferentes factores morfodinámicos que han intervenido en el proceso de conformación costera actual (variación eustática, corrientes litorales y mareales, vientos, actividad sismotectónica y antrópica, etc.) hayan dejado huellas de su incidencia a lo largo de las distintas épocas históricas.

Las fases de actuación contempladas en el desarrollo del mismo fueron las siguientes:

- Estudio físico del medio.



Leyenda:

	Conglomerado cuaternario		Escarpe en depósitos holocenos
	Dunas		Escarpes estructurales
	Flecha-barrera holocena		Laderas regularizadas
	Glacis		Ruinas de Baelo Claudia
	Laguna costera colmatada		Caminos
	Llanura de inundación		Sondeos
	Relleno antrópico		
	Terraza fluvial		

Figura 1. Cartografía geomorfológica del sector occidental de la ensenada de Bolonia.

De una parte era necesario realizar un profundo análisis sobre la evolución de la zona de estudio, no sólo desde una vertiente estructural y descriptiva (análisis geomorfológico), sino, y lo que era más importante, desde la visión interpretativa de los procesos dinámicos habidos en éste (influencia de vientos, corrientes, posibles variaciones climáticas y del nivel del mar, etc.), sin duda los verdaderos artífices del paisaje en el medio costero (figura 1). Cartografiadas cada una de las unidades estructurales terrestres, y posicionadas sobre las mismas los elementos arqueológicos, se procedió, en paralelo, al de los fondos marinos próximos al Conjunto Arqueológico, reconociendo y delimitando tanto las unidades morfológicas aflo-

rantes, como los elementos constructivos que, cubiertos o descubiertos por las arenas en función del régimen de corrientes marinas y del efecto del oleaje, habíamos detectado en nuestras prospecciones¹; actuación esta última que ni pudo ser efectuada en su totalidad sobre la zona prevista, ni nos permitió llegar a conclusiones en relación con lo sucedido en el espacio sumergido de la ensenada (figura 2).

- Prospecciones geofísicas.

Al objeto de conocer mejor las posibilidades arqueológicas de la zona se diseñó una campaña geofísica sobre cuatro áreas del sector meridional de la ciudad (figura 5): el extremo SO de la ciudad, entre la Puerta de *Gades*,

¹ Actuación puntual, efectuada bajo la dirección de Martí Solano, J. y Alzaga García, M. (1999) de la que se presentó el correspondiente informe bajo el título "Prospección subacuática de la zona sur del Conjunto Arqueológico de *Baelo Claudia*, Bolonia (Tarifa, Cádiz)".



Figura 2. Imagen de los trabajos subacuáticos de algunos de los materiales de construcción dispersos por el fondo marino contiguo a la ciudad romana.

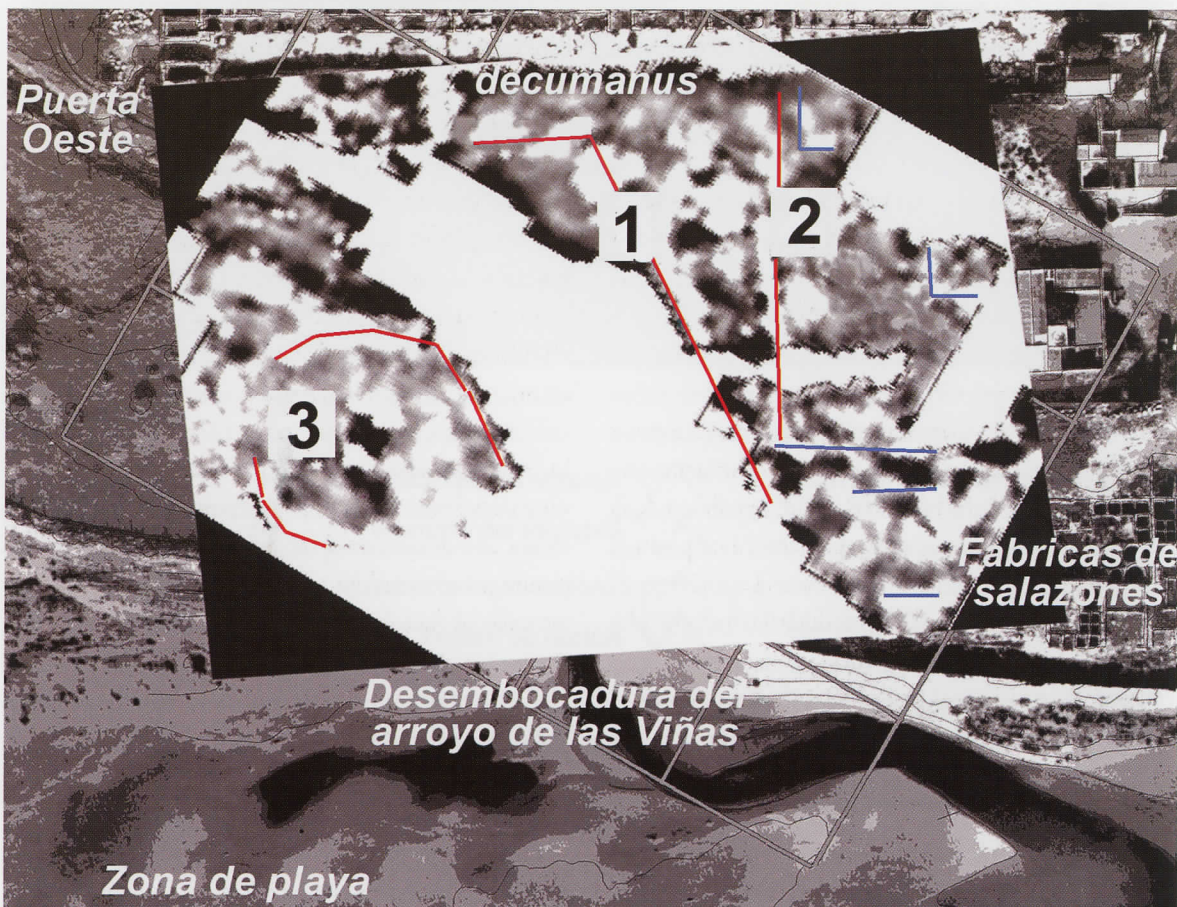


Figura 3. Imagen mostrando los resultados de la geofísica practicada en la zona de la desembocadura del Arroyo de las Viñas.

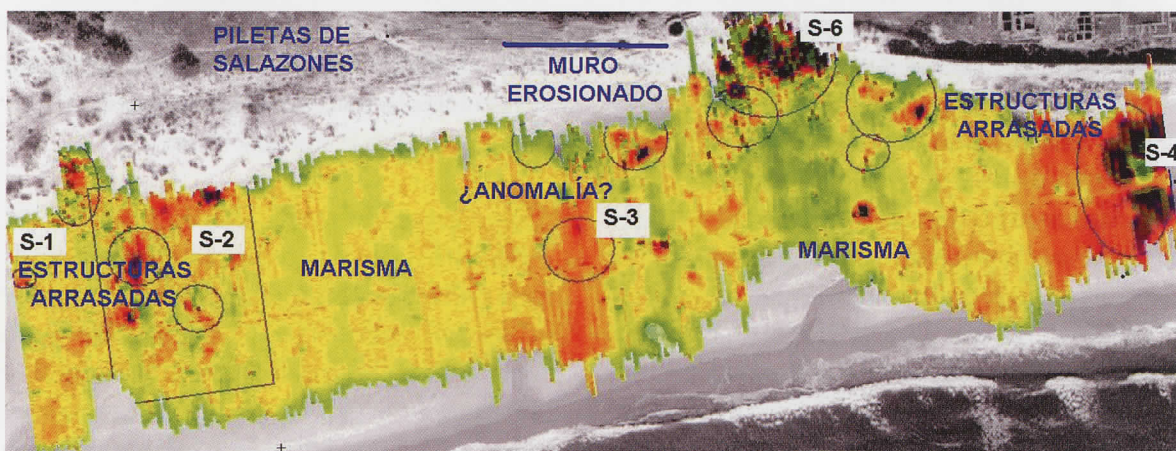


Figura 4. Imagen mostrando los resultados de la geofísica practicada en 1999 en el sector de playa.

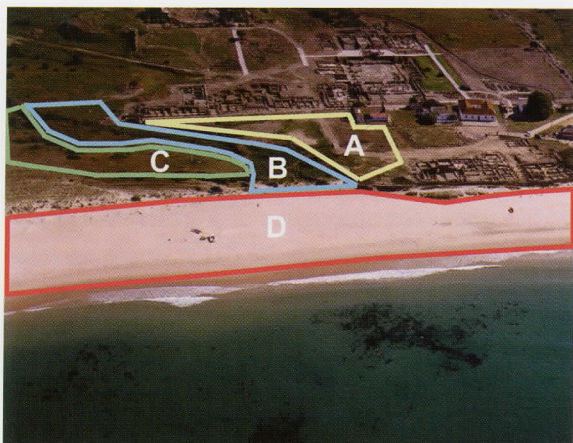


Figura 5. Zonas sobre las que se practicó la prospección geofísica.

el *decumanus maximus* y la playa; el cauce del arroyo de las Viñas; las riberas del mismo; y la playa. En función de las condiciones geofísicas del terreno de cada una de las zonas, fue ideada conjugando el uso de técnicas magnéticas y de resistividad eléctrica (figuras 3 y 4).

- Sondeos geotécnicos.

Para obtener una respuesta a la posible evolución del medio costero y determinar la naturaleza de algunas de las anomalías detectadas en el estudio geofísico de la playa, se planteó una campaña geotécnica puntual sobre aquellas anomalías que, si bien el estudio geofísico interpretaba (no sin serias dudas) como posibles afloramientos de las estructuras geológicas cubiertas como máximo por 2 m de arena de playa, nosotros no descartábamos como arqueológicas (figura 5. Véase localización en figura 1 y 4, S-1, S-2, S-3, S-4 y S-6).

- Sondeos arqueológicos.

Con el fin de confirmar la naturaleza arqueológica y las hipótesis que se fueran planteando en relación con la restitución paleopaisajística y evolutiva del medio, se diseñó, a posteriori de conocer los resultados de las fases anteriores, una campaña de sondeos arqueológicos puntuales para esclarecer la naturaleza de las anomalías más representativas.

XIV.4. GEOMORFOLOGÍA Y PALEOTOPOGRAFÍA DE LA PLAYA DE BOLONIA

Si bien la zona de trabajo abordada fue, como ya se ha dicho, más amplia, en estas páginas presentaremos tan

sólo las conclusiones obtenidas en el entorno de playa, el sector más interesante para definir la paleotopografía y la posible antropización de cara a mejorar las condiciones en las que el núcleo urbano entraba en contacto con el mar y permitía el desarrollo de las funciones portuarias citadas en los textos clásicos.

XIV.4.1. Una evolución condicionada por el entramado físico del Estrecho de Gibraltar

La ensenada de Bolonia, como parte de la zona subbética de las cordilleras béticas, está conformada por materiales mesozoicos y cenozoicos plegados por la orogenia alpina, asociados a los cuales se detectan las series paleógenas del Campo de Gibraltar. La orientación, paralela y perpendicular a la línea de costa, y la morfología general de las "sierras" costeras, están muy influenciadas por la compleja estructura tectónica de la zona (Zazo *et alii*, 1999), resultando un perfil costero con alternancia de acantilados y pequeñas ensenadas (figura 1).

En éstas, la acumulación de sedimentos arenosos (playas y dunas) sobre las zonas más restringidas se ve favorecida por los aportes fluviales, mientras que, sobre los promontorios, predominan las zonas acantiladas, caracterizadas por la acción erosiva marina y el retroceso costero.

Factores de tipo climático e hidrológico propios de la zona del Estrecho han influido sobre la evolución de este paisaje. Se trata de una zona de fuertes vientos, caracterizados por dos regímenes dominantes de direcciones opuestas: el Poniente (W y NW) y el Levante (E y SE), el denominado *Vulturne* de los romanos, cuya energía se desplaza hacia el NW. Otro tipo de viento menos frecuente (8%) es el de *Vendaval* (S y SW), que produce tempestades con olas que pueden sobrepasar los cuatro metros (hasta 9 m medidas desde su cresta).

La misma dualidad caracteriza a la hidrología marina, marcada por la inversión y la alternancia de corrientes. Sobre las dos orillas del Estrecho, donde se produce un desfase en los niveles marinos que provoca un régimen de mareas semidiurnas, que generan fuertes corrientes paralelas a la costa en fases opuestas (caracterizadas por la alternancia de las direcciones y de velocidad durante el mismo ciclo mareal), alterando la deriva litoral dominante (NNW- SSE) en el sector norte. Es por ello que

las marismas de la zona, de superficie reducida, se encuentran normalmente aisladas o semiaisladas del mar por flechas litorales de direcciones contrarias (por ejemplo, en las ensenadas de Valdevaqueros y Los Lances). Mientras, en el centro del Estrecho, un flujo de componente occidental (corriente atlántica), con espesor de 50-200 m, introduce las aguas del Atlántico hacia el Mediterráneo a una velocidad media de 0,75-1,5 km/h y máxima de 3 km/h, a la vez que, por debajo, un flujo con componente oriental (subcorriente mediterránea), hace salir aguas del Mediterráneo hacia el Atlántico.

La interacción de estos diferentes agentes morfodinámicos ha dado origen a la actual configuración litoral entre Tarifa y Bolonia, diferente en gran parte, como veremos, a la existente durante la época romana.

XIV.4.2. Fisiografía y dinámica de la Ensenada de Bolonia

La ensenada de Bolonia, con una amplitud cercana a los 3,5 km., tiene la forma de media luna alargada hacia el norte. Está delimitada por el Cabo Camarinal (al Oeste) y la Punta Paloma (al Este), y separada de la parte de tierra por un anfiteatro de sierras: la Sierra de la Plata (al NO) y la de San Bartolomé (al E), y de lomas, unidades de relieve dominante en la zona baja, dibujadas por la acción de arroyos con curso de agua intermitente.

Al Oeste, el relieve amesetado de Cabo Camarinal (con altura de 15 m) está modelado sobre un conglomerado marino del Pleistoceno inferior, y de calcarenitas del Mioceno superior (Ménanteau *et alii*, 1983), posteriormente karstificadas y fosilizadas por una formación coluvial. Punta Paloma, al Este, está recubierta por un amplio complejo dunar que se extiende al interior mismo de la Ensenada y que, debido a la acción del viento de Levante, aporta sus arenas a las playas vecinas.

Las dunas, cuya morfología se ve frecuentemente perturbada por la topografía, son tanto fósiles (del Pleistoceno superior) como recientes, y están fijadas, en su mayor parte, por efecto de repoblaciones forestales que han tenido lugar entre 1938 y 1955 (Ménanteau *et alii*, 1983, 100).

El estudio del borde de la ensenada permite identificar diferentes unidades morfosedimentarias: restos, muy repar-

tidos, de niveles pleistocenos antiguos, seguido de un cordón litoral muy continuo bordeando el alto de la playa situado cerca de los +3 mts., en la desembocadura del arroyo Alpariate, aísla una antigua laguna litoral totalmente colmatada por sedimentos arcillosos (figura 1). El sistema de flecha/lagoon parece haberse formado a lo largo del Holoceno inferior. La mayor parte de *Baelo Claudia* fue construida sobre una zona de pendiente media de sustrato arcilloso, entrando, en la zona baja, en contacto con la unidad del cordón arenoso y el lagoon holoceno.

El perímetro amurallado de la ciudad está delimitado por dos arroyos cuyos lechos están excavados en materiales del Cretácico, modelando un paisaje de colinas bajas en la parte inferior, delimitando la zona restringida de unas 25 Has. que ocupa la ciudad.

Al oeste, el arroyo de las Viñas presenta, en su curso bajo, dos niveles de terrazas, formados a las siguientes cotas: T-1, a + 3 y T-2 a + 1,5 m (figura 1). Como indican las mediciones geofísicas, su lecho, delimitado posiblemente por estructuras arqueológicas, fue en otro tiempo más amplio y profundo.

Al Este, el de Alpariate, tiene igualmente dos niveles de terrazas (figura 1, T-1 y T-2). Cerca de su desembocadura, en la terraza alta, se han podido muestrear depósitos estuarinos compuestos por gravas fluviales y abundantes bioclastos de bivalvos, datados por ^{14}C entre 1600 y 1900 años B. P. (todas las dataciones se realizaron en el 2000 por el laboratorio *Beta Analytic Inc.*, Miami, USA). La terraza baja por su parte está formada por materiales más finos (limos y arcillas) ricos en materiales orgánicos.

La diferencia de altitud, la distribución y la edad de las terrazas pueden ponerse en relación con la existencia de fluctuaciones eustáticas post-flandrienses. Por su parte, la presencia de un lentejón de arena con abundantes bioclastos (tipo "overwash") que se ha podido datar por ^{14}C entre 1850 y 2200 años B. P., y las múltiples huellas erosivas asociadas a estructuras arqueológicas, han servido para poner de manifiesto que este medio se ha visto expuesto, al menos durante los últimos 2200 años, a la acción de temporales y tsunamis generados en el Golfo de Cádiz (Campos, 1992; Soloviev *et alii*, 2000; Luque *et alii* 2000), hecho que estamos confrontando en otras zonas del litoral gaditano (Gracia *et alii*, 2000).

El aporte fluvial (aporte anual medio de 5,5 Hm³) se efectúa sobre la playa por infiltración de flujos, dando

origen a pequeñas lagunas costeras o “charcones” en los que el nivel de infiltración fluctúa en función del aporte fluvial y la oscilación de las mareas.

La playa de Bolonia posee una morfología que varía rápidamente en función de vientos. Si el viento es de levante, con rachas que llegan a alcanzar entre 70 y 120 km/h, la arena genera en cuestión de horas campos de “barkhanes”. La parte alta de la playa está bordeada por un modesto tren dunar resultante de la acción de los vientos de poniente. A fin de evitar el cubrimiento de una pista militar por efecto del transporte eólico, durante los años 1961 y 1962 se creó en el ángulo muerto de la Ensenada al NW (El Anclón) una duna artificial hoy muy activa.

XIV.5. LAS CONCLUSIONES DE LOS DATOS GEOFÍSICOS Y GEOTÉCNICOS

Una de las particularidades del proyecto residió en el empleo de técnicas no destructivas de tipo geofísico (magnéticas y eléctricas) por medio de las cuales fue posible caracterizar arqueológicamente el subsuelo del sector de playa.

Si bien entre 1964 y 1994 se efectuaron varias campañas geofísicas en Bolonia, sólo la practicada en 1964 por la *Fondazione Lerici* (Pellicer, 1963), en la zona contigua a la playa, al oeste del Arroyo que bordea la ciudad por su parte occidental; y la realizada en 1980 sobre la playa, en el marco de un estudio ambiental del entorno de la ciudad antigua de *Baelo* (Ménanteau *et alii*, 1983), aportaban información sobre el potencial arqueológico de este sector meridional del Conjunto, ya en parte conocido por antiguos sondeos estratigráficos (Domergue, 1973).

De ésta es de destacar los resultados obtenidos en la prospección practicada por A. Kermovant (Université de Tours) y L. Ménanteau en 1980 cuando intentaban determinar por métodos eléctricos el contacto entre la ciudad y el mar. La localización y cartografiado de alineamientos discontinuos y subparalelos a la orilla, junto a la presencia en la zona alta de la playa de una zona vertidos de materiales de construcción de época romana, hizo apuntar la importancia y necesidad de estudios en esta zona.

XIV.5.1. La campaña geofísica de 1999

En el mismo año 1999, en el marco de nuestro proyecto, se efectuó el encargo a la empresa *Terra Nova Ltd.* de efectuar una prospección geofísica en tres zonas diferentes (figura 5): el extremo sudoeste de la ciudad (entre la Puerta de *Gades*, el *decumanus maximus* y la playa); el lecho del Arroyo de las Viñas y sus riberas; y la playa. Las diferentes condiciones geofísicas del terreno entre unas y otras obligó a utilizar técnicas tanto magnéticas como eléctricas.

Si bien en el sector *intramuros* se detectaron con claridad alineamientos paralelos y perpendiculares a los principales ejes viarios; el lecho del arroyo dejó al descubierto a la luz de la prospección eléctrica anomalías, probablemente arqueológicas, bordeando el cauce fluvial, entonces más amplio que el actual y con indicios de éstas canalizadas mediante obras de mampostería (figura 5).

Los resultados de la prospección de la playa por su parte fueron menos aclaratorios. Se detectaron escasas anomalías magnéticas, localizadas sobre todo en el sector oeste, donde se habían identificado en las prospecciones arqueológicas superficiales previas restos de piletas de salazones *in situ*, fuertemente destruidos por efecto de la erosión marina. El resto de las anomalías detectadas que podían tener interés al objeto de determinar la presencia de estructuras enterradas (especialmente unos alineamientos de dirección NE-SW) fueron objeto de interpretaciones contradictorias, llegándose incluso a relacionarlas con posibles afloramientos de la roca natural enterrados a escasa profundidad (entre los -3 y los -2 m).

XIV.5.2. El sustrato de la playa: el aporte de los sondeos geotécnicos

Al objeto de reconocer la naturaleza de las referidas anomalías geofísicas detectadas bajo la playa, en diciembre de 1999 se encargó a la empresa *Vörsevi* realizar cuatro sondeos mecánicos sobre la playa de Bolonia, localizados cada uno de ellos sobre las principales anomalías geofísicas (Véase localización en figura 1 y columna estratigráfica en figuras 6 y 7).

Los sondeos se practicaron hasta la cota del sustrato margoso (unidad del Cretácico) situado, variablemen-

te, a unos 3-4 m bajo la playa. Ninguno de ellos mostraba la presencia del supuesto sustrato rocoso (al menos hasta los -9 mts., cota máxima alcanzada), si bien confirmaron que la playa actual fosilizaba un nivel de gravas fluviales datado mediante ¹⁴C en 3850 B. P. (figura 7). Este nivel fluvio-litoral, origen sin duda de la forma-

ción de los actuales charcones, marcaba el límite en extensión de una antigua laguna litoral que debió estar aislada o semiaislada del mar por una barrera arenosa. Además, el espesor de los niveles limosos estratificados indica una cierta persistencia del ambiente de *lagoon*, el cual se encontraba fosilizado por elementos de construcción de época romana (Sondeo S-4).



Figura 6. Equipo utilizado para la realización de los sondeos geotécnicos.

Los datos geotécnicos eran precisos y aclaratorios: dibujaban una paleotopografía costera diferente a la actual que era preciso datar e interpretar diacrónicamente; además, descartaban cualquier origen natural para las anomalías geofísicas detectadas en la campaña de 1999. Para profundizar en ambos campos de investigación, gracias al acuerdo de colaboración alcanzado con el Laboratorio Géolittomer-Nantes (LETG -UMR 6554, del Centre National de la Recherche Scientifique y la Universidad de Nantes, Francia), se diseñó en colaboración con el Prof. Loïc Ménanteau una nueva campaña geofísica eléctrica, empleando sistemas con mayor capacidad de resolución y precisión espacial al objeto de obtener una máxima precisión de cara a confirmar la posible naturaleza arqueológica de las anomalías e interpretar la evolución del perfil de playa.

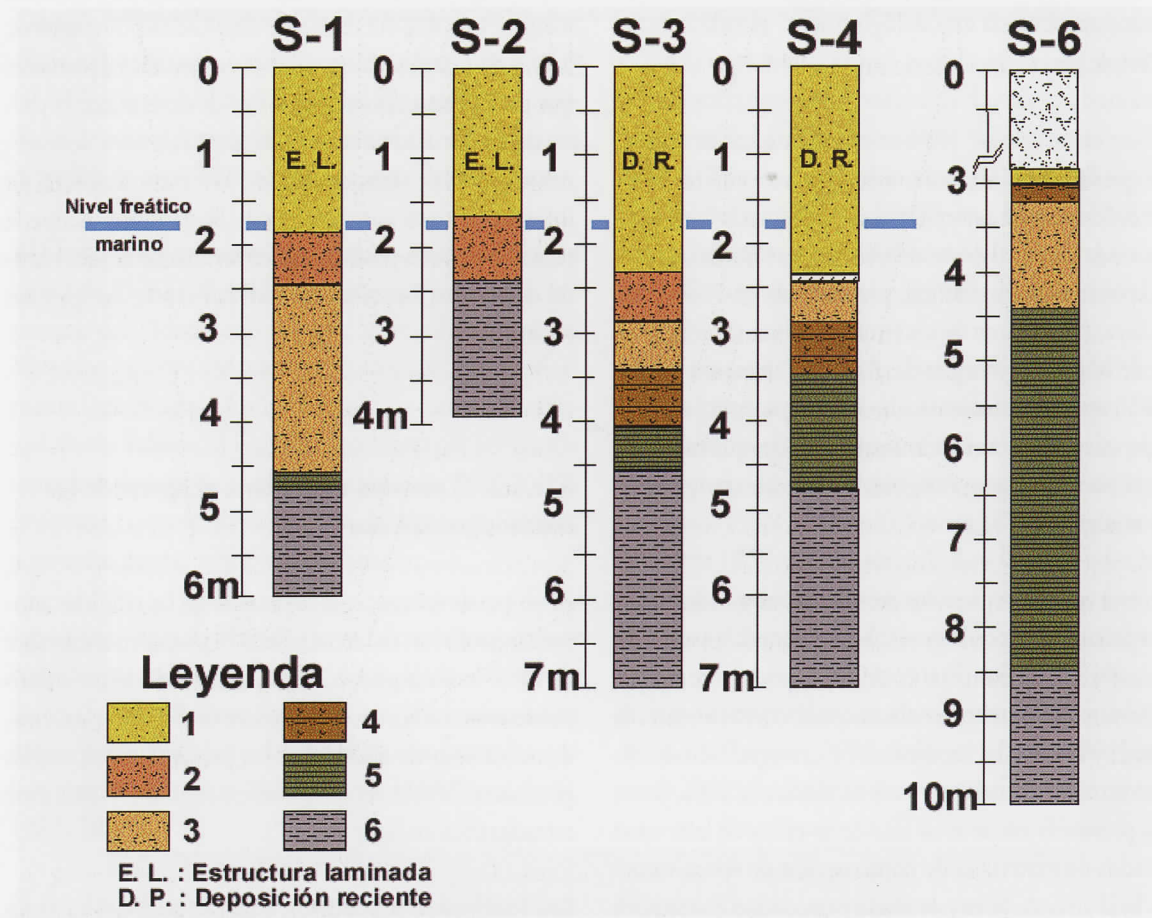


Figura 7. Esquema de la columna estratigráfica obtenida en los sondeos geotécnicos.

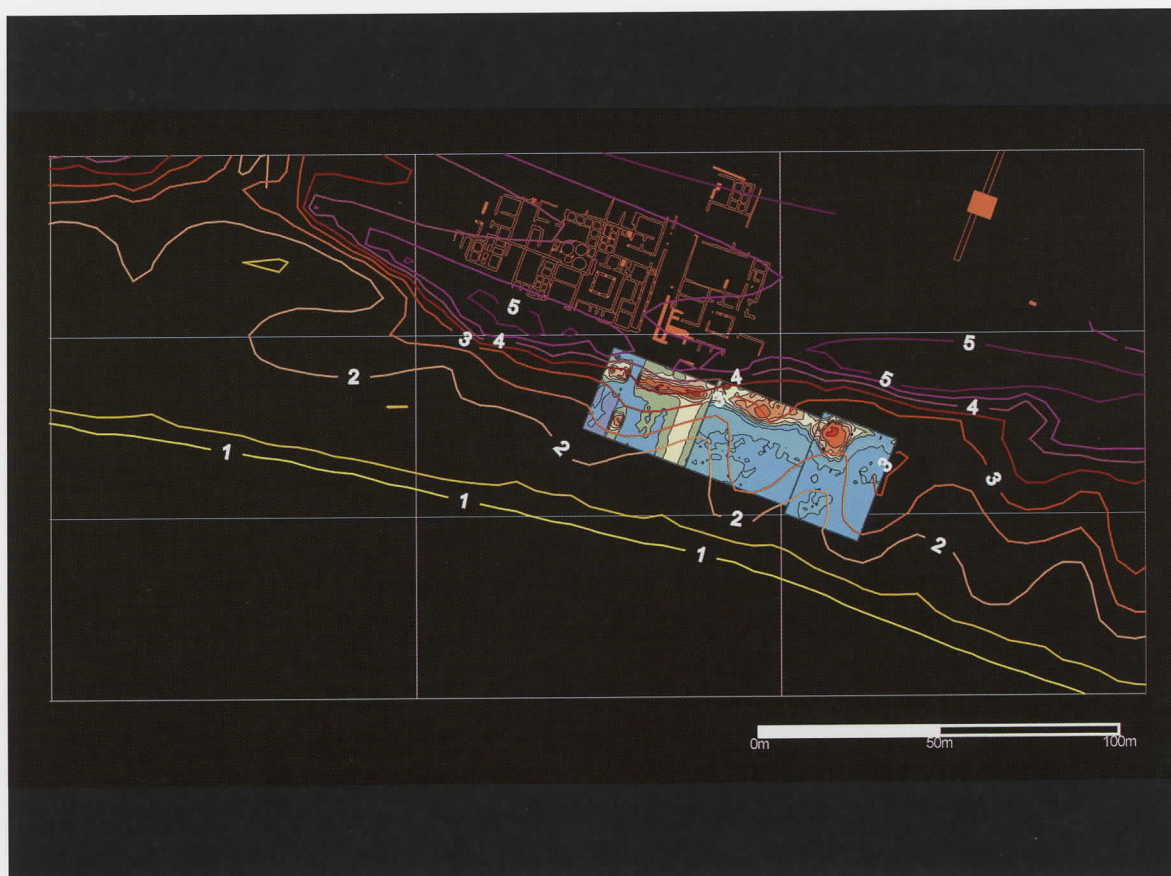


Figura 8. Imagen de la planimetría 2D del yacimiento sobre la que se han integrado los datos de la prospección geofísica de playa del año 2001.

XIV.5.3. La realización de un modelo digital del terreno

Para poder disponer de una herramienta georeferenciada sobre la que superponer la información, S. Pacaud, entonces doctorando en Géolittomer-Nantes, efectuó en septiembre del 2000 un levantamiento microtopográfico (de orden centimétrico en x, y, z) de la playa con la ayuda de un GPS diferencial de bifrecuencia. En total efectuó 6153 mediciones, tomadas en modo estático de cinco en cinco metros, en base a un punto acotado en el centro monumental de *Baelo Claudia*. El resultado fue la obtención de un modelo digital del terreno (MDT) de la playa georeferenciado (en proyección UTM 30), sobre el que se han integrado los resultados obtenidos y el resto de las estructuras arqueológicas adyacentes contenidas en el plano 1:1000 del Conjunto Arqueológico (realizado en 2D) facilitado desde la dirección del mismo² (figura 8).

XIV.5.4. Las prospecciones eléctricas de la playa (años 2000-2001)

A lo largo de los años 2000 y 2001, se prospectaron diferentes sectores de la playa de Bolonia con la ayuda de un resistímetro de fabricación polaca modelo ADR-97 (L. Ménanteau, Géolittomer-Nantes). La prospección eléctrica se diseñó para detectar el contacto de la ciudad con el mar en época antigua. Las claves de configuración del equipo (modo K, para perfiles superficiales), de los parámetros físicos del suelo, y el uso de diferentes distancias de separación entre los electrodos móviles (hasta 2 m), fue determinante para la calidad de los resultados. La cartografía detallada del subsuelo de la playa permitió constatar la existencia de fuertes contrastes de los valores de resistividad entre el nivel de base de las arenas saturadas de humedad y el freático marino, valores que podían corresponderse con la presencia de estructuras o elementos de construcción.

² Queremos agradecer al entonces Director del Conjunto Arqueológico de *Baelo Claudia*, D. Antonio Álvarez, las constantes muestras de interés y el apoyo prestado para el correcto desarrollo de este proyecto, gratitud que hacemos extensiva a todo el personal a su cargo, siempre dispuesto a colaborar con nosotros en cuanto necesitábamos.



Figura 9. Localización de las anomalías y sondeos arqueológicos practicados en el sector de la playa.

La correlación de los datos del subsuelo (sondeos, medidas de resistividad) y los de la superficie de la playa y su integración en un MDT han facilitado fuertemente la interpretación de las anomalías que han sido objeto del control arqueológico. El análisis en extensión de los resultados geofísicos apuntaba la alta potencialidad arqueológica de la zona alta de la playa, donde el contraste se mostraba más nítido, marcando alineamientos (posibles estructuras *in situ*) paralelos a la playa, acordes con la trama y el trazado de los principales ejes viarios de la ciudad (figuras 16 y 17).

XIV.6. LA COMPROBACIÓN ARQUEOLÓGICA DE LAS ANOMALÍAS GEOFÍSICAS

XIV.6.1. La verificación arqueológica de las anomalías eléctricas

En paralelo a las prospecciones geofísicas, conforme se iban aplicando diferentes sistemas de prospección para precisar aún más los resultados de la cartografía de resistividad, se practicaron sondeos arqueológicos para determinar, con certeza, la naturaleza y profundidad de las

principales anomalías de resistividad documentadas. En total se practicaron seis sondeos, distribuidos tanto a lo largo de la zona alta de la playa como más abajo, cerca de la línea de pleamar –véase la localización de los más relevantes en la figura 9– (Alonso *et alii*, 2003).

Con la ayuda de una pala mecánica se procedía a retirar la potente capa de arena aportada a la playa con posterioridad a los temporales de los años 1994-1996, procediéndose a partir de ese nivel a caracterizar y documentar gráficamente las anomalías que, en todos los casos, resultaron ser de naturaleza arqueológica.

Los resultados de los primeros sondeos (año 2000) apuntaban que toda la zona costera, por debajo de los +2,5 m (en relación al cero geográfico), se encontraban afectados por la erosión marina habida a lo largo de los siglos desde época romana, no detectándose en la misma estructuras arqueológicas en posición primaria (figura 10). Además, nos ayudaron a conocer que, mientras que el sector occidental de la playa mostraba una estratificación con estructuras laminadas desde la superficie hasta su contacto con los niveles de gravas (figura 11), el oriental había sido totalmente alterado hasta su nivel de base por el efecto de los últimos temporales, cuya huella pudimos constatar en las estructuras asociadas a materiales recientes (presencia de manchas de alquitrán y pintura



Figura 10. Estado en el que se presentan bajo la playa los elementos constructivos dispersos por efecto de los temporales y el oleaje.



Figura 11. Estado que presenta el perfil de playa en el sector occidental de la Ensenada.

sobre las mismas; elementos de artes de pesca; suelas de zapatos; latas de refresco y envases de golosinas; una moneda reciente, etc.). Las catas practicadas en todo el sector central y oriental de la playa permitían relacionar una y otra vez las anomalías eléctricas detectadas con fuertes concentraciones de materiales de construcción y restos de estructuras desplazados (en algunos casos sólo ligeramente dada la consistencia de las mismas) de su posición original, reposando sobre los niveles de gravas correspondientes a la paleolaguna litoral.

Sin embargo, los sondeos del año 2001, practicados por encima de esa cota (en torno a los +3 mts.) ayudaron a documentar estructuras *in situ*, si bien apreciándose sobre ellas las múltiples huellas erosivas de los temporales y el oleaje marino. Entre los sondeos practicados son de destacar, por la riqueza y claridad de la información obtenida, los realizados a lo largo de la franja de 300 mts. que se extiende desde la denominada Calle de las Columnas del barrio industrial, hasta la zona oriental de la playa (figura 9).

Los registros eléctricos obtenidos mostraban con nitidez la presencia a lo largo de toda esta área de una posible estructura paralela al cierre meridional de la ciudad, de la cual, frente a cada uno de los principales ejes viarios, partían posibles prolongaciones en dirección al mar. Todo este complejo mapa de resistividad se desdibujaba conforme avanzábamos hacia el Este, rompiendo su alineación y mostrando un perfil curvo en planta que se adentraba hacia el Conjunto Arqueológico (figura 8). El sondeo arqueológico practicado frente a la denominada Calle de las Columnas permitió correlacionar esta anomalía con la presencia de una rampa portuaria paralela a la orilla, construida sobre una pequeña paleoplaya estratificada cortada a este efecto (figura 12), cuya obra se adentraba en los niveles de laguna litoral delimitando el contacto de la ciudad con el mar. Véase al respecto un paralelo documentado en la localidad francesa de Arcachon (Aquitania), situada sobre el litoral atlántico (figura 13).

No pudo constatarse ningún tipo de espigón perpendicular en dirección al mar allí donde los registros apuntaban esta posibilidad, si bien la traza de los mismos, y el origen de las anomalías de resistividad, puede identificarse en la presencia de una potente concentración de material constructivo constatada en todos estos casos. A

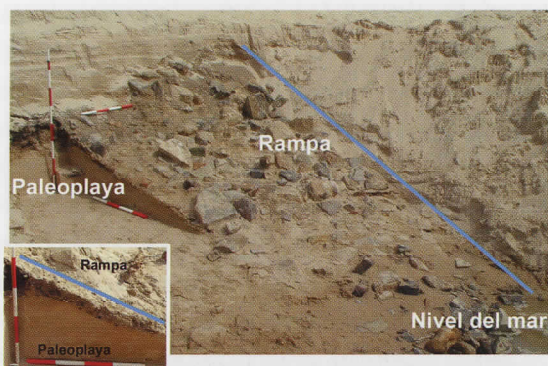


Figura 12. Rampa sobre la paleoplaya localizada frente a la denominada calle de las columnas del barrio industrial.



Figura 13. Embarcadero y rampa de la localidad de Arcachon (Aquitania, Francia). Obsérvese su similitud con la rampa de Bolonia, tanto por su técnica constructiva como por la disgregación que presentan sus elementos por efecto del mar.



Figura 14. Sondeo arqueológico VI. Obsérvese los muros y suelos cortados sobre el perfil de playa por efecto de la erosión marina.

unos 20 mts. de la rampa, aislada sobre la paleolaguna, una potente anomalía eléctrica provocada por una estructura cuadrangular de grandes sillares (figuras 8 y 17) podía corresponderse con algún tipo de gran pilar levantado sobre los niveles de gravas fluvio-litorales para el apoyo de estos posibles pantalanés.

Más hacia el Este el registro geofísico se mostraba desordenado (figura 17). Los sondeos arqueológicos practicados a unos cien metros del anterior permitieron confirmar el arrasamiento de todo este sector por efecto de los temporales; arrasamiento que había afectado incluso a parte del sector más oriental del barrio industrial, cuyos muros y característicos suelos hidráulicos aparecían “colgados” sobre la playa en el talud del terreno (localización figura 9, sondeo VI. Detalle figura 14).

A unos 75 m del sondeo anterior, hacia el Este, donde las prospecciones superficiales confirmaron la presencia *in situ* de estructuras relacionadas posiblemente con la vecina necrópolis, se descubrió bajo la duna la presencia de una gran plataforma aterrazada construida ganando terreno al mar (localización, figura 9; sondeo II, figura 9; detalle figura 15) que no pudo ser delimitada debido a su gran extensión. Construida con aparejo de bloques de calcarenita gris aglutinadas con mortero de cal y arena, está conformada por muros (de 70 cms. de anchura) orientados paralela y perpendicularmente a la playa, provistos estos últimos de contrafuertes de refuerzo en ambas caras. Levantada sobre la paleoplaya, adentrándose en el freático marino, conforma compartimentos individualizados rellenos de capas alternantes de arenas y arcillas impermeables. En

un pequeño sondeo se pudo recuperar asociada a éstas una amplia variedad de restos cerámicos cuya cronología, poco precisa, permite datar su construcción hacia el s. I. Esta estructura fue posteriormente amortizada por otra más pequeña, cimentada sobre los muros de la anterior de manera discordante. Estaba construida con materiales reutilizados, destacando entre sus elementos un magnífico sillar moldurado utilizado en una de las esquinas. La limpieza realizada sobre su cara sur, carente de cerramiento, dejó al descubierto un corte estratigráfico, cuya limpieza permitió detectar en el interior de la estructura un nivel basal oscuro de cenizas del que se extrajeron fragmentos cerámicos y una aguja de pelo que remontaban su uso a un momento posterior al menos en dos siglos al de la construcción de la estructura anterior sobre la que apoyaba, identificándose su funcionalidad con un uso funerario relacionado con la contigua necrópolis sureste.

La estructura se extendía en dirección al mar, encontrándose destruida por esta zona por efecto de los temporales hasta una proporción desconocida. Presentaba en toda su extensión los efectos de embates marinos cubiertos en algunos casos por manchas de alquitrán y pintura. Asociado a ello se documentaron depósitos de tormentas que pudieron incluso ser datados gracias a la presencia de envases actuales (latas de bebidas y bolsas de patatas fritas) con fecha de caducidad. Todo apuntaba que esta zona de la playa estaba siendo sistemáticamente arrasada por efecto de los temporales hasta su nivel basal, y que el perfil costero de este sector estaba siendo defendido tan sólo por la presencia de este aterrazamiento de época romana.

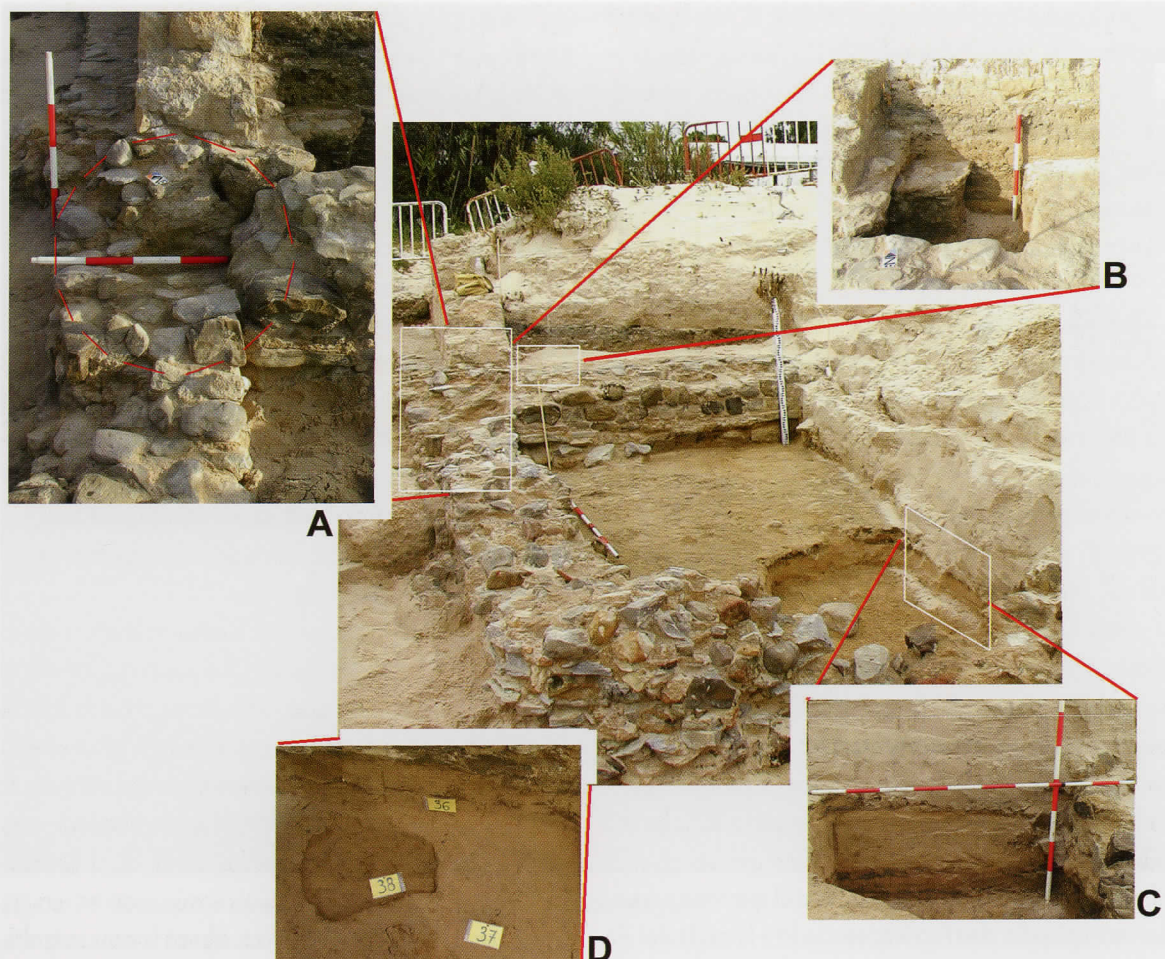


Figura 15. Estructura aterrazada localizada en el sector oriental de playa. Sondeo II.

XIV.7. CONCLUSIONES PALEOGEOGRÁFICAS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

XIV.7.1. Un intento de reconstrucción diacrónica de la playa de Bolonia

El paisaje litoral de la ensenada de Bolonia fue variando a lo largo de los últimos miles de años bajo el efecto de procesos climáticos que cada vez nos son mejor conocidos (Alonso y Gracia, 2004). Al Nordeste de la ciudad se reconoce un acantilado muerto y una antigua zona de marisma aislada por un cordón litoral que debió conformarse hacia el final de la última transgresión marina (hacia el 6500 B.P.). Este mismo modelo de laguna costera, semiaislada a consecuencia del desarrollo de una barra arenosa, se reproduce delante del cordón flandriense a partir al menos del 3850 B.P., durante un momento de descenso del nivel marino. Este paleoambiente parece mantenerse al menos hasta la época romana, como se desprende del hecho de que la parte baja de

una rampa portuaria que fue excavada frente a la denominada Calle de las Columnas, se adentre en los característicos niveles de gravas que se forman asociados a este tipo de ambientes (figura 12).

Una amplia laguna, alimentada por los entonces más amplios y caudalosos arroyos de las Viñas, del Cañuelo, Alpariate y Pulido, delimitaba la ciudad romana por el sur. La falta de adecuación del perfil costero ante las exigencias del modelo urbanístico escogido para *Baelo* y el correcto desarrollo de su actividad comercial y portuaria, influyeron muy posiblemente para la transformación y adecuación de este medio (al menos en la zona norte de la laguna). Mientras que en la zona central fue preciso cortar la pequeña playa natural preexistente y construir, a todo lo largo, un amplio espacio portuario que entraba en contacto con el mar por medio de una rampa de bloques de piedras compactadas con arcillas (figura 12), en la oriental, para continuar su trazado, fue precisa la construcción sobre la playa, ganando terreno al mar, de la gran estructura aterrazada (figura 15) que acabamos de describir. Frente a la salida de cada uno de

los principales ejes viarios que llevaban al mar desde el interior de la ciudad (figuras 16 y 17), los registros geofísicos y los indicios detectados en los sondeos mecánicos parecen apuntar la existencia de espigones o pantalanos de madera, posiblemente cimentados sobre la marisma con postes de madera y la ayuda de piedra o pilares de obra para darles consistencia.

La paleotopografía de la Ensenada se vio modificada, posiblemente, durante la propia época romana, como lo indica la presencia de un depósito marino de alta energía enterrado en las marismas del Alpariate que, tras ser muestreado, pudo datarse entre el 2200 y el 1800 B. P. La deposición de este nivel debió ir emparejada a un retroceso o destrucción del cordón o cordones arenosos que cerraban la laguna, así como a la reducción de la potencia de la playa (del orden al menos de 2 m en la zona Noroeste de la Ensenada, a juzgar por los indicadores arqueológicos) por arrasamiento, provocando la destrucción de buena parte de las estructuras romanas edificadas sobre la misma, y la disgregación-dispersión de sus restos, localizados bajo la playa actual.

El momento político y económico en el que vino a suceder este episodio destructivo, asociado a la caída del eje comercial atlántico y al desplazamiento de éste hacia el Mediterráneo, contribuiría para que las destruidas estructuras portuarias, al igual que de otras grandes edificaciones de intramuros, fueran abandonadas, iniciándose la progresiva decadencia de este viejo enclave portuario-salazonero a favor, nuevamente, de emplazamientos más acordes con la nueva geoestrategia del Estrecho, ahora más oriental y mediterránea.

XIV.7.2. Perspectivas de futuro

Si bien los resultados de este proyecto de investigación han servido para mostrar la potencialidad que tiene la investigación geoarqueológica del litoral y para perfeccionar alguna de las técnicas aplicadas a la misma, parece claro que el trabajo no ha hecho más que empezar. Los estudios realizados a nivel geofísico, geotécnico y geoarqueológico de la ensenada se han centrado, casi en su totalidad, sobre la zona emergida y sumergida bajo la playa, frente al denominado barrio industrial; sin duda, el sector más prometedor a la hora de determinar la forma en la que la ciudad se relacionaba con el mar. Pero a lo largo de los años de su duración, como com-

plemento para determinar en extensión el modelo de ocupación y la evolución ambiental de la ensenada, desde el proyecto también trabajamos en otros sectores de la propia ensenada y del litoral de Cádiz desde perspectivas diferentes.

Las anomalías eléctricas obtenidas en el sector más occidental de playa en las prospecciones del año 1999, lejos de tener un origen natural como se apuntó entonces, podría estar en relación con la presencia de elementos arqueológicos. Ensayos puntuales realizados sobre las anomalías geofísicas de 1999 con los equipos de prospección eléctrica del CNRS permitieron cartografiar una nítida alineación de altísimos valores para los que, según los resultados geotécnicos del subsuelo de la playa, se descarta un posible origen natural. Las conclusiones obtenidas para el sector más occidental de la playa apuntan, como ya hemos dicho, que fue arrasado por efecto de la erosión marina, provocando, respecto de la actual, la pérdida de unos 2 mts. de su potencia original, motivo por el que las prospecciones permitieron localizar *in situ*, sobre la playa actual, sólo la base de piletas de salazones de una antigua factoría.

Igualmente un test eléctrico efectuado en la zona más alta, sobre la ribera derecha del arroyo de las Viñas, permitió reconocer anomalías que por su intensidad y dirección, parecen ser arqueológicas y que por su caracterización y morfología bien podrían relacionarse con algún tipo de infraestructura marítima de la ciudad.

En cualquier caso, en función de los indicios ofrecidos y de lo fragmentado de la información obtenida por el alto nivel de destrucción de los restos, damos por zanjado el debate acerca de las posibilidades portuarias que ofrecía *Baelo Claudia* durante su momento de máxima actividad y de la presencia o no de estructuras creadas a tales fines. El modelo de restitución que proponemos no pasa de ser pues una idealización en la que encajan las huellas detectadas a lo largo del proceso de estudios. Sólo la investigación en extensión de este litoral permitirá corroborar o modificar dicho modelo (figura 16).

Junto a ello, otra línea de estudio, prioritaria por lo que de riesgo supone para la conservación del Conjunto (Alonso *et alii*, 2003), se desprende igualmente de nuestro trabajo: la de conocer cuantitativamente el proceso de retroceso que se está produciendo en la estructura costera y que está generando perfiles de playa cada vez más inestables que están provocando la dispersión de



Figura 16. Restitución idealizada de la playa de Bolonia hacia el siglo I.

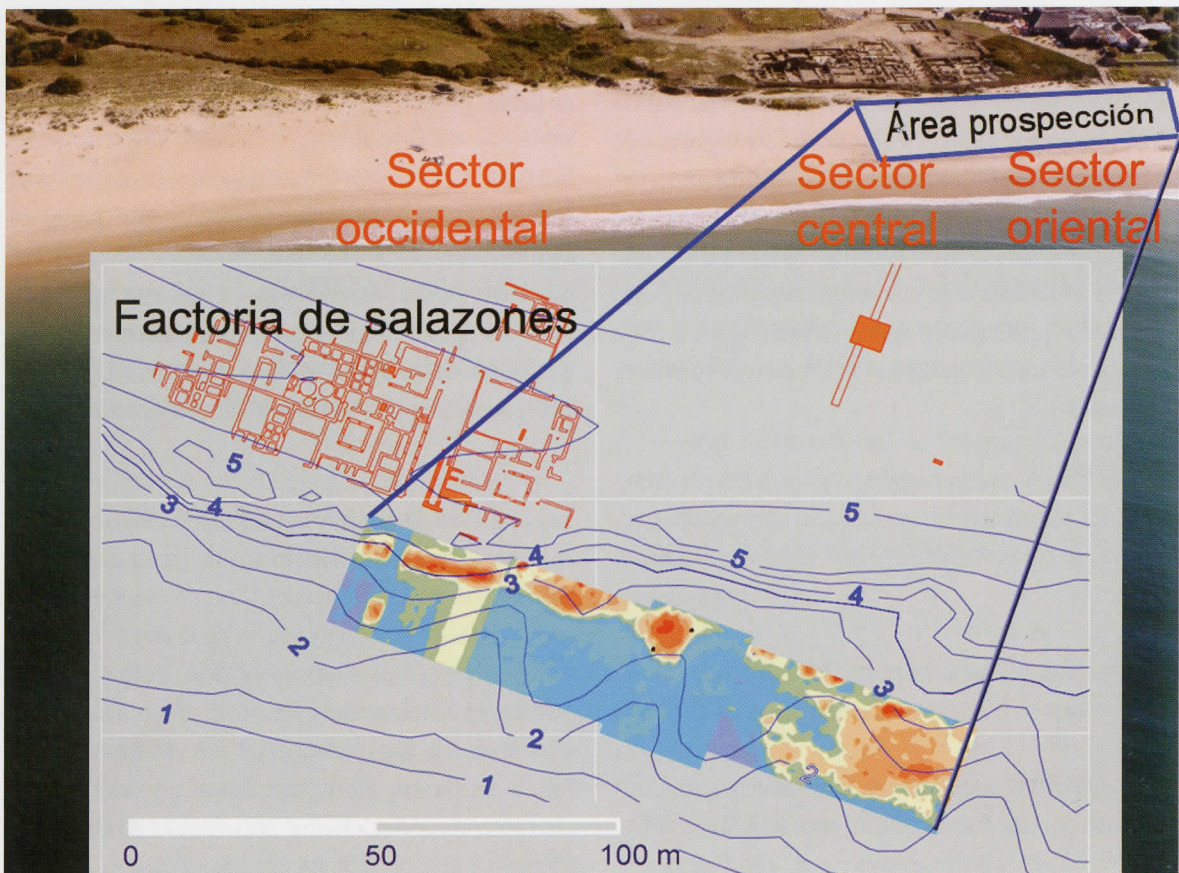


Figura 17. Integración de los datos geofísicos obtenidos en la campaña del 2001.

los restos y estructuras conservados bajo y sobre la playa por el efecto del oleaje y la recurrencia de los temporales.

Efectivamente, al margen de fenómenos catastróficos de muy baja frecuencia (como tsunamis, terremotos, etc.), la acción del oleaje asociada a los temporales invernales son un factor de riesgo para el Conjunto Arqueológico que es preciso conocer. Los datos disponibles acerca de los trenes de olas proporcionados por la boya *Cádiz* de la red REMRO (Red Española de Medición y Registro del Oleaje) indican que, durante los temporales invernales, un tercio de las olas que azotan la costa superan la altura de 4 metros (Benavente *et alii*, 2002). En esa situación la morfología costera, y especialmente la altura y pendiente de la playa, adquieren una importancia fundamental de cara a la protección de los parajes, asentamientos o infraestructuras existentes sobre éstas.

Sobre Bolonia inciden dos tipos de corrientes principales en función de los factores climáticos y oceanográficos. Por un lado, el viento de poniente afecta a la zona central y oriental de la playa, quedando la occidental a resguardo por los acantilados del Cabo de Camarinal. Por otro, el fuerte viento de levante origina una corriente costera en sentido opuesto que transporta sedimentos desde Punta Paloma hacia la zona central y occidental, contribuyendo a la alimentación de la ensenada, por vía aérea (transporte eólico), y por mar. Este esquema de transporte sedimentario se ha visto profundamente alterado en las últimas décadas, como ya hemos apuntado, a consecuencia de la fijación de los mantos eólicos mediante la reforestación de una amplia superficie de pinar, reduciendo la potencia del aporte sedimentario a la playa y desencadenando el progresivo retroceso de su estructura costera.

La playa de Bolonia, condicionada por su granulometría, presenta una pendiente acusada, lo que le confiere una mayor vulnerabilidad ante los oleajes energéticos. A lo largo del año su anchura varía considerablemente, de modo que la línea de costa avanza/retrocede más de 20 m en la horizontal. El seguimiento morfológico llevado a cabo en los últimos dos años ha puesto de manifiesto una cierta tendencia al retroceso, especialmente marcada en los tramos más altos de la misma, con un ritmo medio de cerca de 1 m/año, si bien es posible que sobre él influya además la subida del nivel del mar que se está produciendo a nivel planetario, aunque los datos específicos con que contamos para la zona no permitan afirmarlo. Cuando una playa va perdiendo progresivamente arena, se vuelve cada vez más sensible ante la actuación de nuevos temporales, que, a su vez, provocan una mayor pérdida de arena y un retroceso erosivo de las dunas y cabeceras.

En la ensenada se reconocen indicadores inequívocos de erosión costera. Una comparativa de las fotos aéreas de las últimas décadas; las huellas erosivas detectadas sobre las estructuras arqueológicas enterradas y expuestas; y, muy especialmente, el arrasamiento por sobreexcavación y pérdida de, al menos, 2 mts. de potencia de playa en el sector occidental de la ensenada, son indicadores inequívocos de la situación de riesgo que en este sentido padece el Conjunto, obligado en los últimos años a retranquear el cerramiento del mismo por la zona de playa.

Esperamos que, en un futuro próximo, el desarrollo de ambas líneas de investigación permita conocer y mostrar a los visitantes una ciudad mejor conservada, integrada física e históricamente con el mar; un mar que, además de darle su origen y ofrecerle los recursos necesarios, la elevó en tiempos de los Julio-Claudios por su privilegiada posición geoestratégica a la categoría de *municipium*.