

Metodología para el estudio de la evolución histórica de la línea de costa

JOSE MANUEL DE LA PEÑA OLIVAS (*)
FRANCISCO JAVIER SANCHEZ PALOMAR (**)
PEDRO RODRIGUEZ BERZOSA (***)

RESUMEN. En este artículo se describen las distintas fuentes que se posee para determinar la evolución histórica de la línea de costa, analizando cada una de ellas para conocer los errores inherentes a las mismas, así como su grado de exactitud y aplicación.

METHODOLOGY FOR A STUDY OF THE HISTORICAL DEVELOPMENT OF THE COASTLINE

ABSTRACT. In the following article, the different data types that we can use for determining the shoreline historic evolution are described. Every type of data are analyzed in order to know their own mistakes and how to use them properly.

1. INTRODUCCION

En la mayoría de los estudios litorales se precisa el conocimiento de la evolución a la que se ha visto sometida la línea de costa a lo largo del tiempo. Ello requiere poseer una serie de datos que reflejen el estado en que se encontraba la costa en unos instantes determinados de su vida, para poderlos comparar con la situación actual de la costa.

Dependiendo del momento que se quiera partir para determinar la evolución de la línea de costa a lo largo del tiempo hasta alcanzar su estado actual, habrá que recurrir a una fuente de información concreta. Obtenida dicha fuente de información, el siguiente paso es comparar los distintos estados en que se encontraba la costa con el actual y con ellos evaluar y cuantificar, si fuera posible, los cambios producidos.

En muchas ocasiones la única comparación posible es cualitativa, dado la heterogeneidad de los datos que se posee, pues para poder medir los cambios producidos

entre dos momentos diferentes ambos deben estar referidos a unos mismos puntos fijos o de referencia.

A continuación se pasa a enumerar las diferentes fuentes de información con las que se puede contar al realizar un estudio sobre la evolución de un tramo de línea de costa. Asimismo, se concretará el grado de validez y fiabilidad de las mismas y, por tanto, el tratamiento e interpretación que se pueda dar a sus resultados.

2. FUENTES DE INFORMACION, VERACIDAD Y TRATAMIENTO

Como se ha comentado en el punto anterior, las fuentes a las que se puede recurrir para determinar la evolución que se ha producido en una costa a lo largo de un espacio de tiempo determinado son muy variadas, dependiendo, principalmente, del período al que se quiera remontar y del grado de exactitud con que se desee conocer los cambios acaecidos en el tramo de costa a estudiar, uno y otro, como más tarde se verá, son contrapuestos, pues a mayor lejanía en el tiempo, normalmente, se obtiene menor precisión en el conocimiento de la evolución, no pudiendo en la mayoría de los casos dar valores cuantitativos sino tendencias evolutivas cualitativas.

Las fuentes de información a las que se puede acudir para determinar o conocer la evolución de la línea de costa se pueden dividir en:

1. Referencias, planos y mapas históricos.
2. Cartas náuticas y levantamientos batimétricos.

(*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Ingeniero Técnico en Construcciones Civiles, Jefe de la División de Estudios Litorales del Sector de Costas del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (IMOPTI).

(**) Ingeniero Técnico de Obras Públicas, Jefe de Sección de la División de Estudios Litorales del Sector de Costas del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (IMOPTI).

(***) Ingeniero Técnico de Obras Públicas, Jefe de Sección de la División de Estudios Litorales del Sector de Costas del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (IMOPTI).

3. Fotografías.

4. Planos de evolución de la línea de costa.

Cada una de las fuentes de información en las que se ha dividido tendrán un comentario aparte en los puntos siguientes de este artículo.

El primer tipo, en que se han dividido las fuentes de información, engloba todas las fuentes históricas que se ocupan de describir la costa; tanto sean relatos o escritos como planos, cartas y mapas antiguos. Su grado de precisión es bajo, residiendo su importancia en el gran espacio de tiempo analizado, pudiéndose examinar la tendencia evolutiva natural de la línea de costa.

El segundo de los tipos está compuesto por dos familias diferentes de levantamientos batimétricos. La primera, cartas náuticas, son levantamientos batimétricos efectuados en España por el Instituto Hidrográfico de la Marina; su grado de precisión se reduce al aproximarse a la línea de costa. Lo normal es que dicho Instituto tenga efectuados uno o dos sondeos de la plataforma costera española, procediendo el primero de ellos de la segunda mitad del siglo XIX, por lo que, en muchos casos, pueden estudiarse las variaciones producidas en la línea de costa en cerca de un siglo. La segunda son levantamientos batimétricos efectuados por motivos concretos (realización de obras marítimas, regeneración de playas, seguimientos de playas...). Normalmente abarcan una reducida longitud de costa, si bien son los que dan mayor precisión del estado y forma del tramo de costa representado. En la mayoría de las ocasiones, los levantamientos batimétricos no son repetitivos, por lo que no dan mucha información en lo concerniente a la evolución de la costa, si bien en los casos en que sí se da esta repetición (seguimientos) éstos suministran una información precisa e importante, pudiéndose cuantificar las variaciones producidas.

La tercera de las fuentes la constituyen las fotografías. Como se verá en el apartado dedicado a ellas, pueden distinguirse dos tipos fundamentales de fotografías: las horizontales y las aéreas; dentro de esta última están las verticales, oblicuas y panorámicas. Las fotografías horizontales, oblicuas y panorámicas tienen un valor esencialmente cualitativo y orientativo; de apreciación visual de los estados en que se encontraba la costa y de las variaciones acaecidas entre dos instantáneas tomadas en el mismo lugar. El espacio de tiempo que puede haber entre la primera y la última foto tomada puede ser muy corto, si se refiere a fotografías horizontales, pues normalmente coincide su obtención con la realización de algún trabajo específico del tramo de costa retratado. La toma de fotografías oblicuas y panorámicas tiene una frecuencia muy variable, debido a que, en la mayoría de los casos, su objetivo no es técnico. Raramente existen instantáneas aéreas de los años 40, aunque se pueden encontrar fotografías oblicuas y panorámicas anteriores a este período.

La técnica de la fotografía aérea vertical se desarrolló en la Segunda Guerra Mundial y da origen a la foto-

grametría y por ende a los planos generales de evolución de la línea de costa. Aporta por sí misma una información bastante exhaustiva, pero necesita de una restitución fotogramétrica para que los datos proporcionados se conviertan en cuantitativos. Como se indica en el punto 6 de este artículo, el primer vuelo vertical parcial nacional data de 1947. A partir de 1965 pueden encontrarse vuelos nacionales de la línea de costa con un intervalo de tiempo de cuatro años aproximadamente. Los dos primeros vuelos verticales nacionales, de 1947 y 1956, fueron efectuados por los E.U.A.

Dentro de este mismo apartado podrían considerarse las fotografías verticales tomadas desde satélite, pero éstas poseen tres grandes inconvenientes: la escala tan alta de las imágenes obtenidas; el corto espacio de tiempo que lleva aplicándose esta técnica (lo que conlleva la falta de imágenes), y el estado incipiente en el desarrollo de la aplicación de este método a la evolución costera.

La cuarta y última de las fuentes de información puede considerarse como derivada de las anteriores y la más precisa de todas ellas. Planos de evolución de la línea de costa son aquellos que reflejan la línea de costa en diversas épocas con unas mismas referencias terrestres de un lugar determinado. Para la elaboración de dichos planos se deben tener datos precisos del tramo litoral que reflejan, esto únicamente lo dan las fuentes de información 2 y 3 anteriores. A partir de las cartas náuticas pueden realizarse, en ciertos casos, planos de evolución de la línea de costa que reflejen dos, y en casos extraordinarios cuatro, líneas de costa que muestren su situación a fines del siglo pasado y en la segunda mitad de este siglo. Los levantamientos batimétricos sistemáticos generan planos de evolución de la línea de costa que representan diversos estados de la línea de orilla y playa sumergida, generalmente, en un corto período de tiempo y de una reducida longitud de costa.

Los planos de evolución de la línea de costa más comunes son los efectuados a través de la restitución fotogramétrica de diversos vuelos nacionales o parciales existentes.

A modo de resumen de lo antedicho, para determinar el proceso de los cambios acaecidos en un tramo de costa pueden usarse, según la lejanía en el tiempo que se quiera partir: *las referencias, planos y mapas históricos, los cuales pueden remontarse hasta la época romana; las cartas náuticas, cuyas primeras ediciones aparecieron a mediados del siglo XIX; las fotografías aéreas y planos de evolución de la línea de costa que éstas producen, con datos desde la segunda mitad del presente siglo y los levantamientos batimétricos y fotografías horizontales, que suelen tener un período de duración menor de diez años.*

A continuación se pasa brevemente revista a cada uno de los tipos de fuentes de información, para determinar la evolución histórica de la línea de costa, que se ha hecho referencia en este punto.

3. REFERENCIAS, PLANOS Y MAPAS HISTÓRICOS

Este tipo de fuente de información no es usada muy frecuentemente, pues, normalmente, para abordar un problema costero o que atañe a la ingeniería de costas, no es necesario remontarse a tiempos tan pretéritos; generalmente basta con utilizar los datos que facilitan las cartas náuticas del siglo pasado o, más comúnmente, con los planos de evolución de la línea de costa determinados mediante la restitución fotogramétrica de las fotografías estereoscópicas verticales.

Sin embargo, en ciertos casos, suele ser interesante conocer el estado en que se encontraba la costa en tiempos pasados, sobre todo si el litoral en cuestión es susceptible de cambios importantes; tal es el caso de la costa onubense, con una dinámica litoral muy activa.

Las primeras descripciones de la costa española se remontan a la época romana; en base a ellas y a estudios geográfico-históricos puede conocerse la situación en que se hallaba el litoral español en aquellos tiempos.

El conjunto de referencias romanas más importantes de las costas españolas se puede resumir en seis fuentes informativas que son, ordenadas cronológicamente, las siguientes:

1. **Avieno** (1). Escribió *Ora marítima*, descripción en verso de las costas mediterráneas europeas.
2. **Polibio** (2). Escribió *Historia universal durante la república romana* en la cual existen descripciones bastante rigurosas de ciertas partes de la costa española.
3. **Estrabón** (3). Escribió una gigantesca geografía en XVII libros, *Geographika*, de los cuales el III trata exclusivamente de España.
4. **Pomponio Mela** (4). Escribió una pequeña geografía del mundo conocido hasta entonces que denominó *Chorographia*, dividida en tres libros. Sus descripciones del norte y noroeste peninsular son las más detalladas de la antigüedad. Tiene gran importancia dado su gran conocimiento de la Península, de donde era originario.

(1) Poeta latino del siglo IV a. de C. De su obra mencionada a continuación sólo ha llegado completa a nuestros días la parte referente a la Península Ibérica. Utilizó para su redacción un periplo griego o púnico del siglo VI a. de C.

(2) Historiador griego del siglo II a. de C., nació en Megalópolis, escribió en latín y griego. Con Escipión Emiliano estuvo en España hacia el año 133 a. de C., por lo que todas sus descripciones son directas.

(3) Geógrafo griego, vivió en tiempos del emperador Augusto, en el siglo I a. de C. No estuvo en España; para su descripción utilizó como fuentes informativas las obras de carácter geográfico de tres compatriotas suyos que sí estuvieron en la Península Ibérica: Polibio (ver nota 2), Poseidonios y Artemidoro (estos dos últimos hacia el año 100 a. de C.).

(4) Nació en Tingentura, un pueblecito cercano a Cádiz. Escribió su obra bajo el imperio de Claudio, entre los años 43 y 44 de nuestra era. Es la primera obra geográfica conocida escrita en lengua latina.

5. **Caius Plinius Secundus** (5). Escribió una obra en XXXVII libros sobre *Historia natural* (*Naturalis Historia*). Fue coetáneo de P. Mela. Los libros III y IV se dedican exclusivamente a la Península Ibérica, si bien existen multitud de referencias en los restantes libros.

6. Numerosos escritores romanos y griegos que abarcan toda la cronografía antigua que si bien sus obras no son de carácter geográfico, contienen descripciones de las costas españolas. Entre ellos cabe destacar a **Cayo Julio César** (6) que en su libro *La guerra civil* incluye numerosos datos geográficos peninsulares.

Los relatos y descripciones geográficas de la Península y Baleares desaparecen en la alta edad media, no volviendo a presentarse hasta el siglo XIV, donde resurge de nuevo el transporte marítimo, si bien la práctica totalidad de los mapas y planos, referentes a la costa, son imprecisos y únicamente reflejan rutas náuticas y contornos costeros con la posición de sus puertos. Así pues, no existe en esta época documentación gráfica o escrita que aclare o indique el estado en que se encontraba la costa española.

A partir del siglo XVI (7), con la era de los grandes descubrimientos, se produce una gran eclosión en la cartografía y en las descripciones geográficas, si bien es cierto que estas disciplinas tienen como objetivo prioritario la descripción de las nuevas tierras descubiertas y no el viejo continente. Aun así existen ya en este período grandes obras gráficas descriptivas, apareciendo con gran profusión atlas geográficos del mundo conocido.

En las figuras 1, 2 y 3 se muestran tres ejemplos de aplicación práctica de las fuentes de información anteriormente comentadas.

En la figura 1 se representa Cádiz en dos instantes de nuestra historia: en la época romana y en los años 60 del presente siglo. La figura 1B, época romana, es una reconstrucción paleográfica debida al insigne historiador y arqueólogo español Antonio García y Bellido (8), basada principalmente en *Poseidonios*, *Artemidoro*, *Polibio*, *Estrabón*, *Valleius*, *Plinio* y *Mela*, así como

(5) Nació en Novumcomum, en el norte de Italia, en el año 23 ó 24 de nuestra era. Murió de un ataque asmático en la destrucción de Pompeya y Herculano. Consultó para la redacción de su obra 146 textos latinos y 327 no latinos.

(6) Nació en Roma el 12 de julio del año 100 a. de C. En el 61 a. de C. fue nombrado gobernador de la España Ulterior. Formó triunvirato con Pompeyo y Craso que gobernó Roma. Murió en el 44 a. de C.

(7) Las fuentes de información más importantes para el lector general se pueden encontrar fácilmente en el MUSEO NAVAL DE MADRID, SERVICIO HISTÓRICO DEL EJÉRCITO DE MADRID Y SERVICIO GEOGRÁFICO DEL EJÉRCITO. Para lectores más ávidos, puede consultarse el Archivo General de Simancas, Archivo Histórico Nacional, Real Academia de la Historia, Biblioteca Nacional, etc.

(8) Nació en Villanueva de los Infantes en 1908 y murió en Madrid en 1972. A él corresponden las únicas traducciones existentes en la actualidad de las obras de Estrabón, P. Mela y C. Plinio; sus comentarios a estas obras son imprescindibles para conocer la realidad geográfica romana.

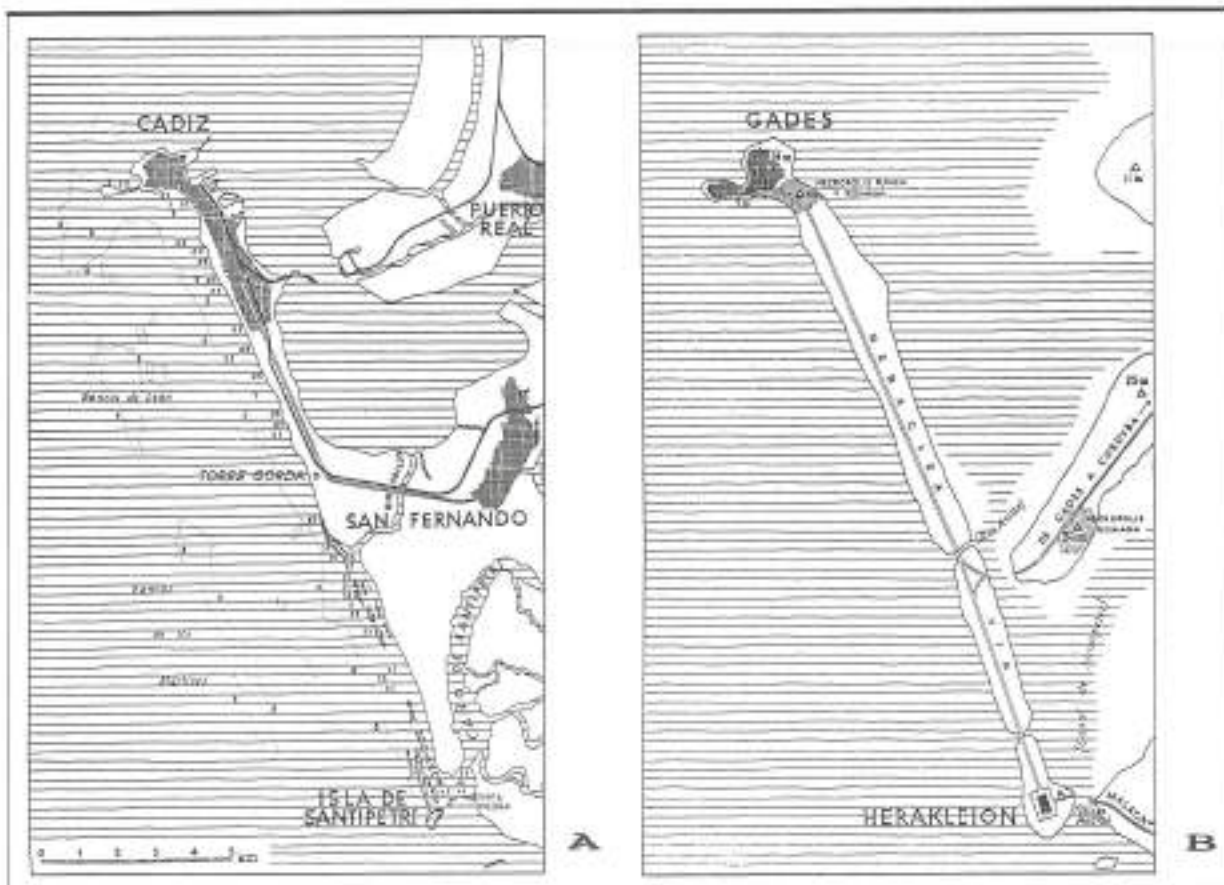


FIGURA 1. A) Estado de la isla de Cádiz en los años 60. B) Reconstrucción paleogeográfica de la isla de Cádiz según Antonio García Bellido

Ptolomeo (9), Itinerario Antonino (10) y Vasos Apoloniares (11), y a prospecciones y estudios arqueológicos.

La comparación entre ambas figuras, A y B, denota la transformación tan tremenda que se ha producido en la costa en el transcurso de algo más de 2.000 años. Ello debido principalmente a la acumulación de ingentes cantidades de arena que han unido las islas de Cádiz al continente.

La figura 2 muestra las costas de Huelva en tres instantes diferentes. El primero de ellos en época roma-

na, figura 2A, es una reconstrucción paleogeográfica debida al geólogo español José Dabrio González (12), basada esencialmente en estudios morfológicos y sedimentarios de esta costa sudoeste peninsular. La segunda de las figuras, B, es un mapa topográfico de Huelva, tal y como se encontraba en el año 1755. Y la tercera de las figuras, C, es una representación parcial de la carta náutica n.º 44 A de 1978 del Instituto Hidrográfico de la Marina (13).

Si se analizan someramente estas tres figuras, A, B y C, se puede apreciar que los estuarios que forman los ríos que desembocan en ella —Guadiana (Anas), Pie-

(9) A mediados del siglo II, escribe en griego (*Geographike hyphegesis*), donde se describe el lugar donde se sitúa cada ciudad conocida, señalando éste en grados y minutos respecto a un meridiano y paralelo cero. Únicamente tiene un valor de conocimiento de distancias relativas de ciudades y su existencia.

(10) Redactado, al parecer, hacia el año 300, si bien su nombre proviene de Marco Aurelio Antonino (Caracalla). Describe los itinerarios por tierra de todo el imperio romano, con su distancia correspondiente.

(11) Existen cuatro vasos. En sus paredes cilíndricas están grabados los nombres y distancias de las estaciones sobre la vía que conducía de Cádiz (Gades) a Roma.

(12) Perteneció al Departamento de Estratigrafía de la Facultad de Ciencias de la Universidad Salamanca y más tarde de la Universidad de Granada. Ha publicado varios trabajos relacionados con el movimiento sedimentario, dinámicas costera y evolución histórica de las costas.

(13) Se encuentra situado en Cádiz, proviene de la antigua Dirección de Hidrografía. Desde finales del siglo pasado es la encargada de la realización de sondeos de toda la costa, con el fin de publicar las cartas náuticas de la plataforma costera española.



FUENTE: JOSE DARRIO DONZALEZ Y OTROS

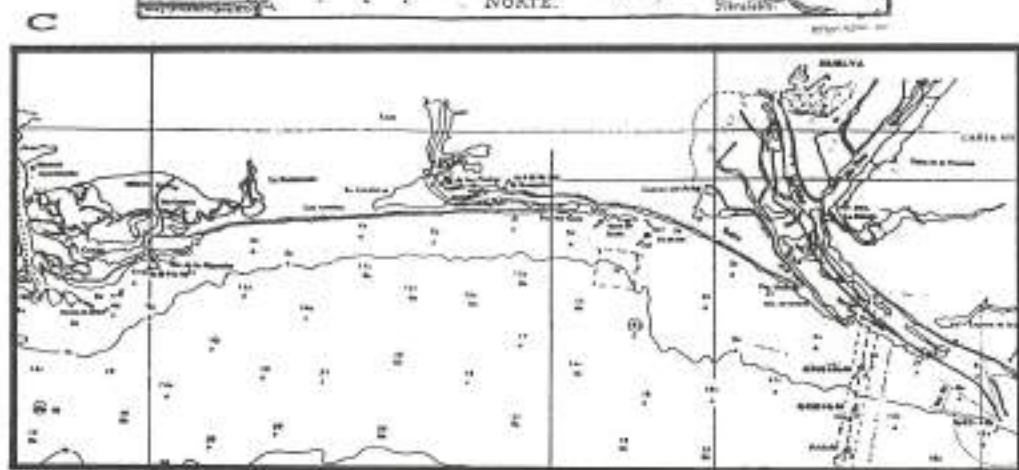
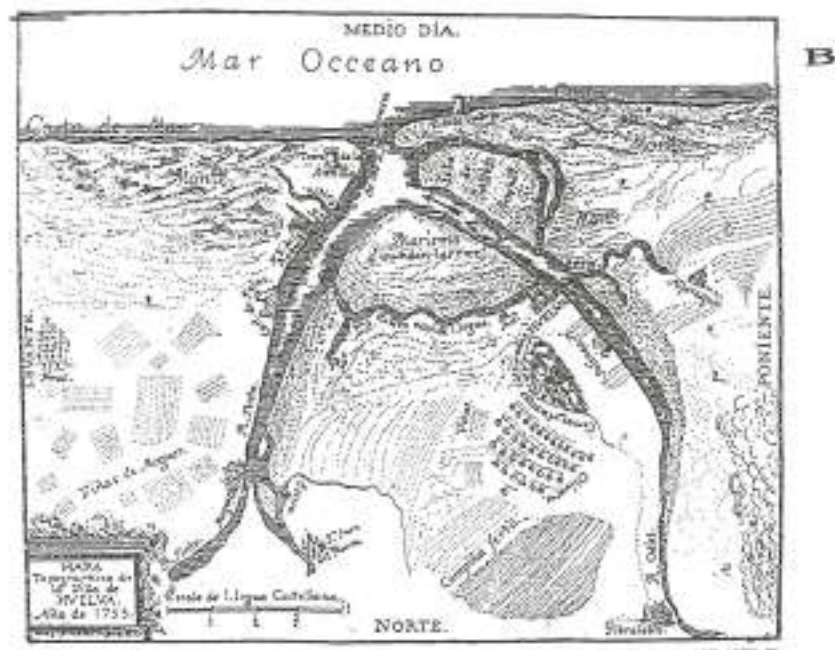


FIGURA 2. A) Reconstrucción paleogeográfica del litoral de Huelva, según José Dabrio González. B) Mapa del entorno de Huelva de 1755. C) Estado actual del litoral onubense.

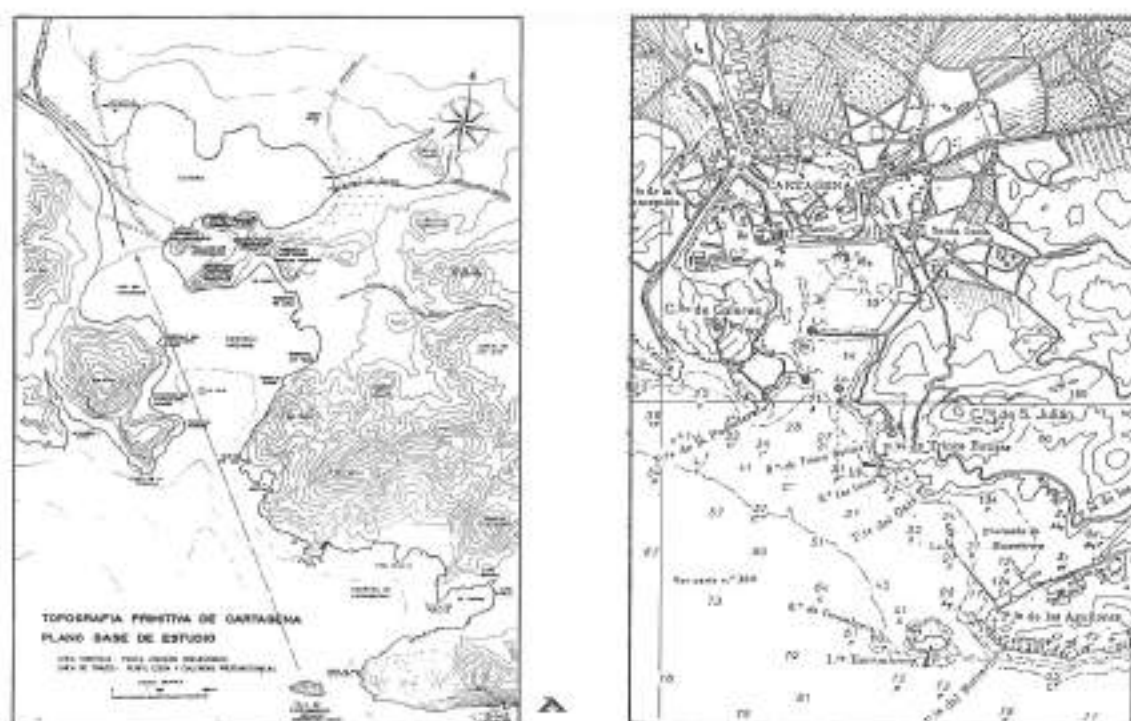


FIGURA 3. A) Reconstrucción paleográfica de Cartagena según Julio Mas. B) Estado de Cartagena en 1963.

dras, Odiel (Urúm) y Tinto (Luxia)— han ido colmatándose a lo largo del tiempo, para más tarde formar flechas de arena (Rompido, Punta Umbría y Huelva). En el mapa de 1755 se distingue claramente la existencia de Punta Umbría, pero no había comenzado a formarse aún la flecha de Huelva a partir de la isla de Saltes.

El tercero de los ejemplos mostrados es Cartagena, figura 3A, B y C. La primera de las figuras (3A) es una reconstrucción paleográfica de Julio Mas a partir de la descripción que Polibio hace de Cartago Nova en su libro III, de Estrabón y de estudios arqueológicos del propio autor y su equipo, además de estudios del profesor Antonio García y Bellido. La tercera de las figuras, 3C, muestra la misma ciudad según un plano francés realizado en el siglo XVIII por J. Agronard (14). La figura 3B es una representación parcial de la carta náutica n.º 3610 de 1963 del Instituto Hidrográfico de la Marina.

A simple vista se puede apreciar los cambios producidos en la configuración de la costa desde que Polibio

visitara estas tierras. En 1728 no existía ya el Estero o laguna interior del puerto y la configuración de la dársena interior había sufrido cambios, sobre todo en su lado norte. En la carta de 1963 dichos cambios son mucho más notables; el mar del Mandarache se había convertido en una dársena cerrada, su dársena interior estaba ahora franqueada por un dique de abrigo con su lado de levante rigidizado por muelles, etc.

Los anteriores ejemplos expuestos indican que en muchas zonas del litoral español, el estudio de la evolución histórica de la línea de costa puede remontarse a épocas tan pretéritas como las griegas o romanas, pudiendo dar una continuidad al estado evolutivo del litoral en cuestión.

4. CARTAS NAUTICAS Y LEVANTAMIENTOS BATIMÉTRICOS

La segunda de las fuentes de información con que es posible contar para el estudio de la evolución de la línea de costa está compuesta, como se ha descrito en el apartado 2 de este artículo, por las **cartas náuticas** y los **levantamientos batimétricos** parciales de un tramo de costa.

Las cartas náuticas son levantamientos batimétricos realizados en España por el Instituto Hidrográfico de la

(14) Este plano ha sido tomado del libro de Julio Mas, el cual en su referencia bibliográfica indica su procedencia de la publicación *Cartagena y los aguas de la región marítima*. Apéndice al t. III pág. 11, que no da referencia del original.



C

FIGURA 3C. Plano de Cartagena de 1728, realizado por J. Agronard.

Marina (15). Abarcaban todo el litoral español y se llevan a cabo en base a parcelarios efectuados por buques de sondeo del propio Instituto, si bien en los primeros tiempos éstos fueron hechos por barcos de la marina inglesa; tal es el caso de la primera carta náutica de Lanzarote cuyo levantamiento batimétrico lo realizó un buque de esa nacionalidad en 1838.

Las primeras campañas de tomas de datos batimétricos y ediciones de las cartas náuticas españolas provienen de la segunda mitad del siglo pasado, siendo la base de las cartas náuticas actuales.

El levantamiento batimétrico de la plataforma costera, en las cartas náuticas, alcanza valores precisos hasta profundidades de diez metros, debiéndose considerar, en general, los datos batimétricos para profundidades menores como aproximados, dado que las arenas del litoral costero se mueven, principalmente, a partir de esta profundidad hasta la línea de orilla.

A partir de la primera edición de las cartas náuticas se han ido publicando sucesivamente distintas ediciones y dentro de ellas diversas correcciones a cada edición que refleja las alteraciones producidas en la costa, las nuevas construcciones marítimas y las variaciones en las señales marítimas (aviso a los navegantes). No debe

confundirse las diversas ediciones de una determinada carta náutica con la realización de un sondeo batimétrico, pues una nueva edición puede llevar aparejado un nuevo sondeo general de toda la costa o simplemente los diversos cambios que se han producido en la línea de costa o sus proximidades.

No es muy normal que de un tramo de costa existan más de dos levantamientos batimétricos de cartas náuticas, salvo, excepcionalmente, en costas con mucho movimiento de arenas y, por tanto, susceptible a grandes variaciones en su plataforma costera.

De gran parte de la costa española, sólo existe un solo levantamiento batimétrico base, que procede del siglo pasado como se ha dicho, corregido y actualizado con una o dos ediciones sucesivas. A modo de ejemplo del anterior aserto, en la figura 4 se presenta las dos ediciones aparecidas de la *Ensenada de Benidorm*, de 1877 y 1961 (cartas náuticas n.º 287 A); en ellas puede verse que el sondeo y batimetría son el mismo en los dos casos, existiendo únicamente pequeñas variaciones en su línea de costa.

En el supuesto anteriormente descrito no es posible realizar planos de evolución de la línea de costa únicamente a base de cartas náuticas, a no ser que la línea de orilla sea una de las variaciones introducidas en la nueva edición.

(15) Ver nota 12.

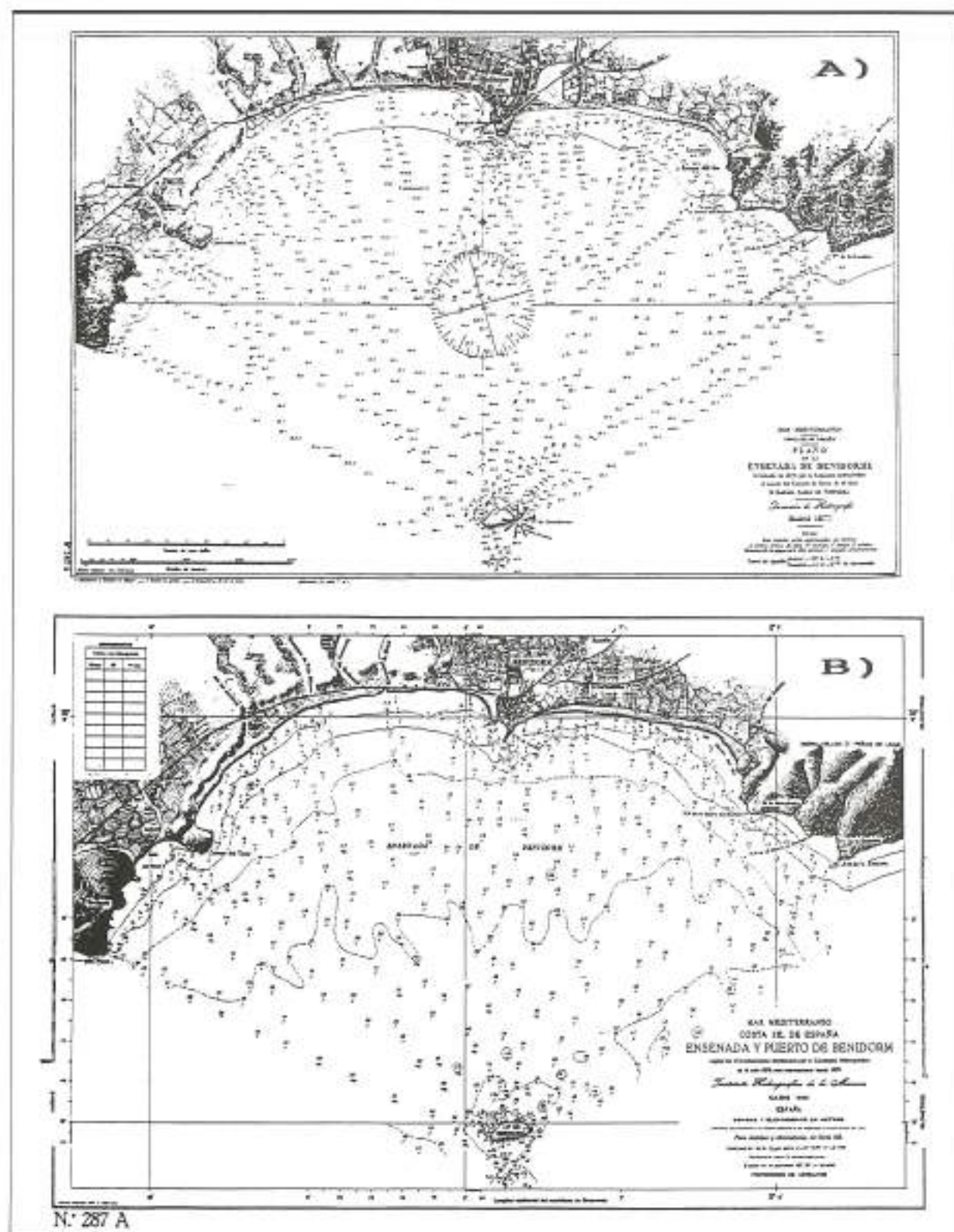


FIGURA 4. Carta náutica de la ensenada de Benidorm del Instituto de la Marina. **A)** Edición de 1877. **B)** Edición de 1961.

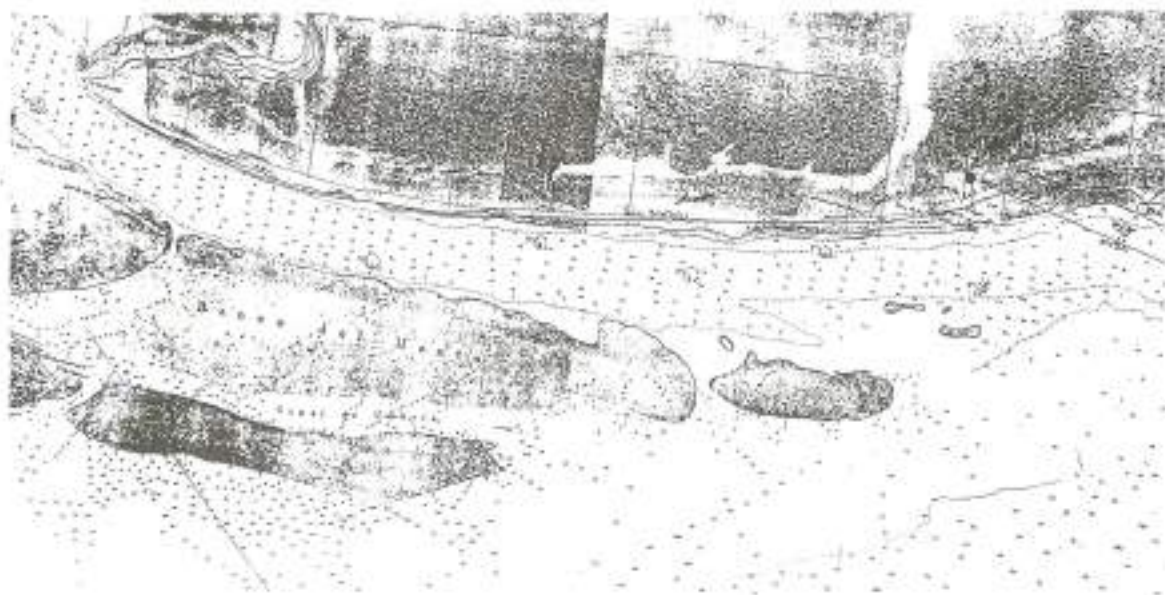


FIGURA 5A. Representación parcial de la carta náutica n.º 57 del Instituto Hidrográfico de la Marina editada en 1867, con sondeo de 1862.

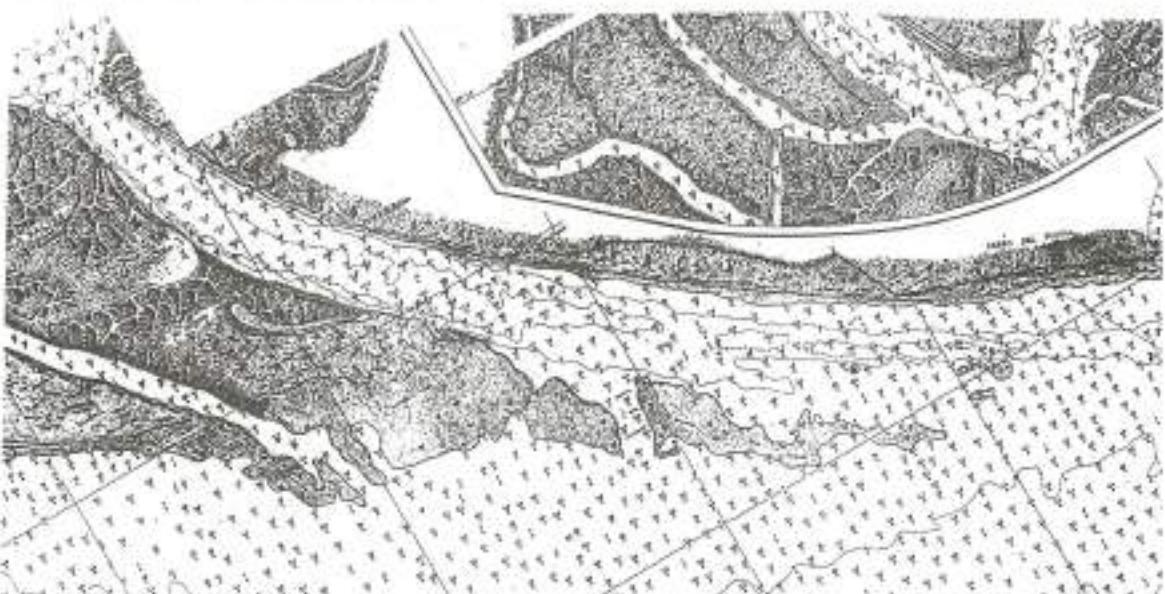


FIGURA 5B. Representación parcial de la carta náutica n.º 57A del Instituto Hidrográfico de la Marina editada en 1949, con sondeo de 1944.

Caso extremo al anterior descrito son las costas de Huelva (16) que, debido al gran movimiento de arena

(16) La dinámica litoral de la costa de Huelva, así como las formas costeras que origina, ha sido estudiada en el transcurso de 1991 por el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX-

MOPT en tres trabajos: *Dinámica litoral de la flecha del Rompido (Huelva)*, de José María Medina Villaverde; *Dinámica litoral de la zona de Punta Umbria (Huelva)*, de José María Medina Villaverde, y *Dinámica sedimentaria del tramo exterior del canal de Huelva*, de José Manuel de la Peña Olivas. La experiencia de estos tres trabajos se ha frugado en un artículo de estos autores incluido en la bibliografía de este artículo.

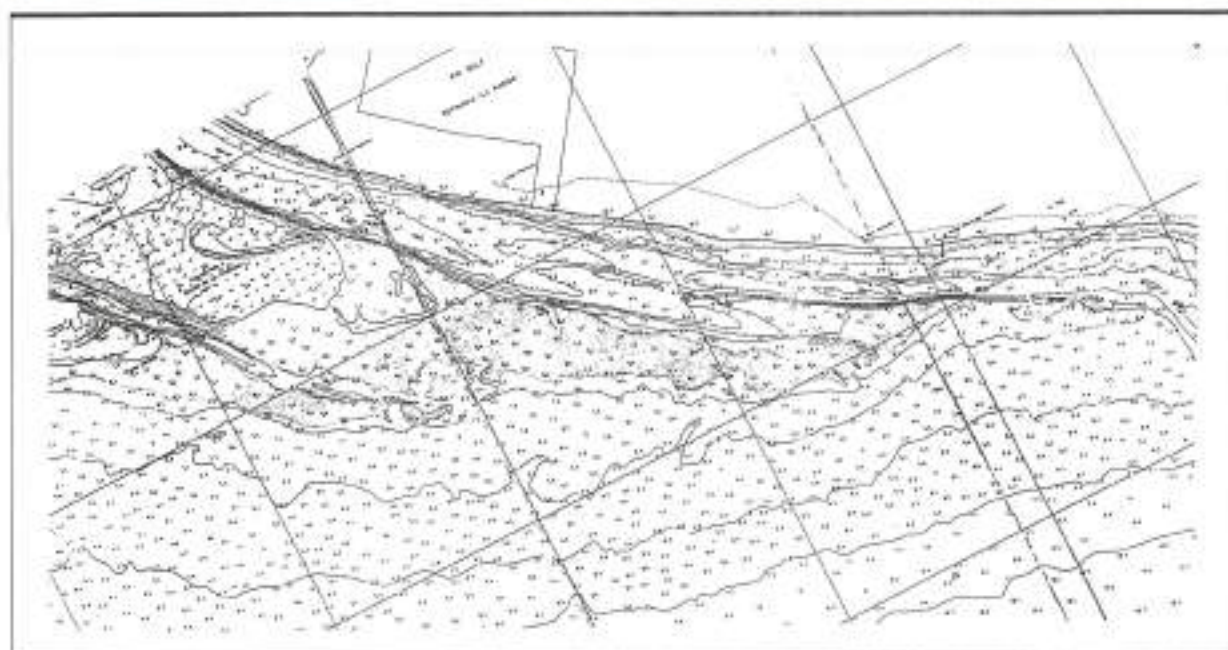


FIGURA 5C. Representación parcial de la carta náutica del Instituto Hidrográfico de la Marina de Portugal sondada entre 1970 y 1971.

existente en su plataforma costera, ha obligado a lo largo del tiempo a realizar numerosos sondeos para actualizar sus cartas náuticas. El número total de levantamientos efectuados para cartas náuticas ha sido de cuatro: tres españoles y uno portugués, en las fechas y número de carta siguientes:

— Carta náutica n.º 57, de 1862.

- Carta náutica n.º 57 A, de 1944.
- Carta náutica portuguesa, de 1970-71 (17).
- Carta náutica n.º 4413, de 1981-83.

(17) Esta carta náutica fue efectuada por el Instituto Hidrográfico de Portugal utilizando los sondeos por ellos realizados entre 1970 y 1971.

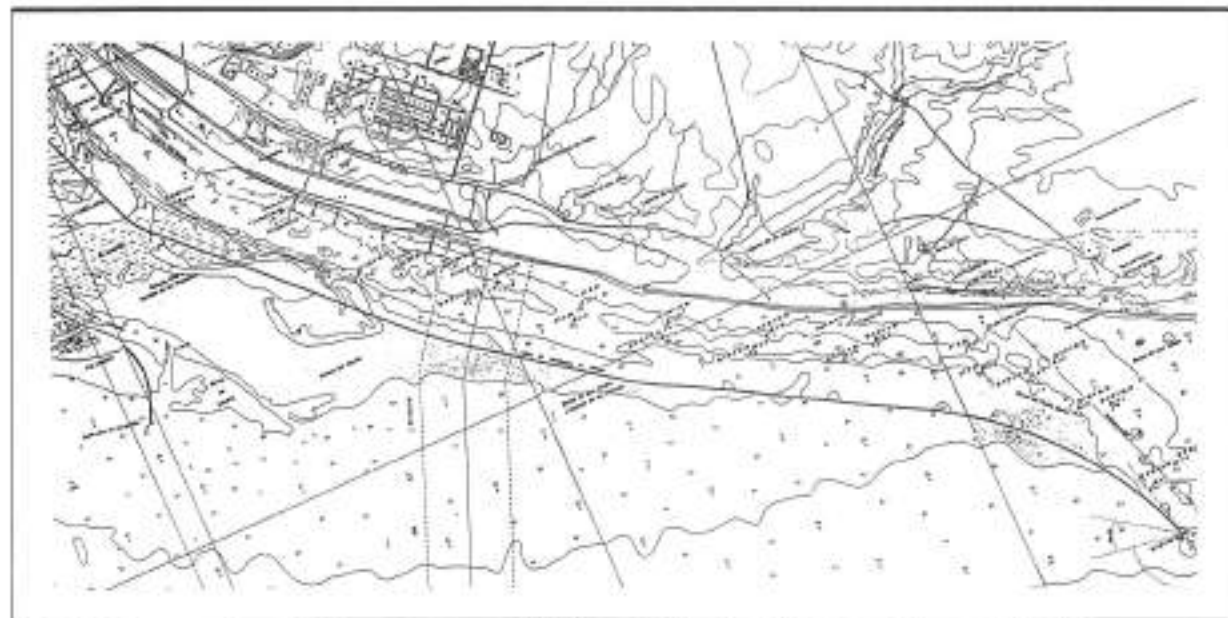


FIGURA 5D. Representación parcial de la carta náutica n.º 4.413 del Instituto Hidrográfico de la Marina sondada entre 1981 y 1983.

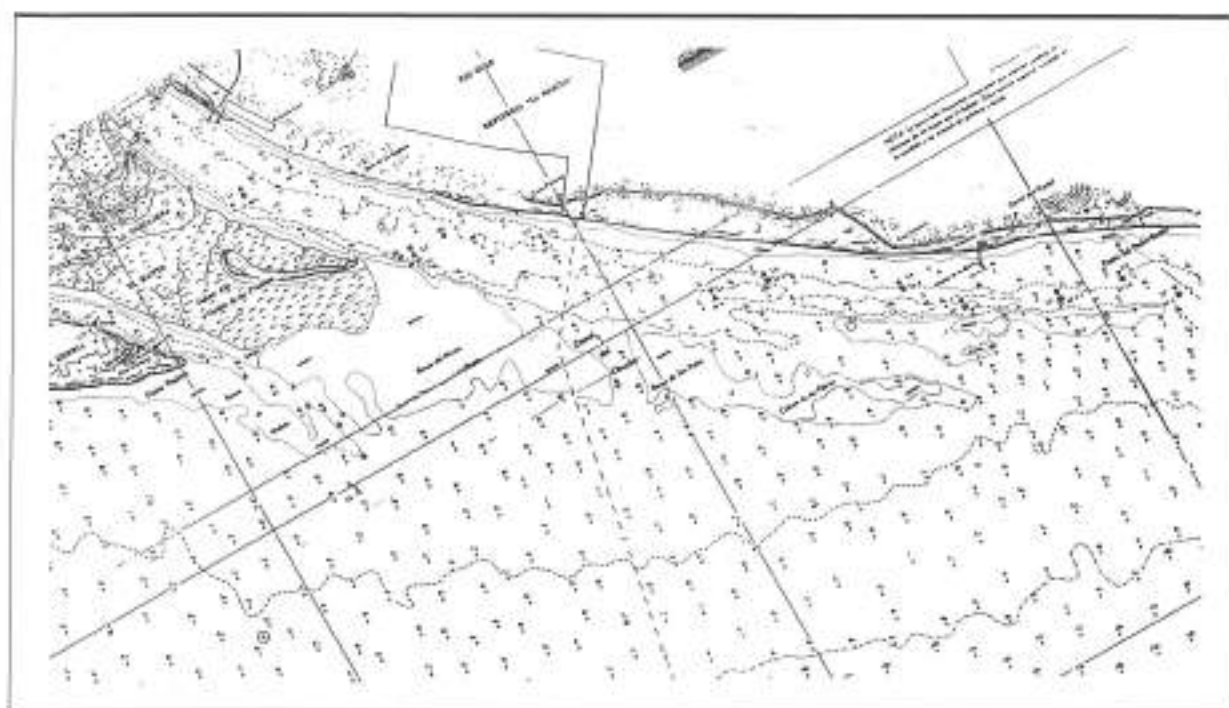


FIGURA 5E. Representación parcial de la carta náutica n.º 57A del Instituto Hidrográfico de la Marina editada en 1969 con sondeos de 1944.

Cada una de estas cartas se muestra parcialmente en la figura 5 (A, B, C y D), añadiéndose la figura 5E que es la edición renovada de 1969 de la carta náutica n.º 57 A de 1944. En ellas puede apreciarse las variaciones que se han producido en la línea de costa (18), especialmente en las flechas de Punta Umbría y Huelva, esta última transformada, a partir de 1975, en una playa apoyada (figura 5D), debido a la construcción del dique de encauzamiento «Juan Carlos I» del puerto de Huelva.

Es de especial interés la existencia de buen número de levantamientos batimétricos en estas costas, pues la presencia de marea y amplias zonas dunares litorales dificultan la realización de planos de evolución de la línea de costa utilizando fotografías aéreas, como más tarde se verá en los apartados 5 y 6 de este artículo.

Por **levantamientos batimétricos** se ha querido indicar los planos topográficos de una zona parcial de la costa, generalmente de longitud pequeña, que abarca la playa seca y sumergida, no alcanzando, de ordinario, profundidades mayores de 15 a 20 metros.

Los levantamientos batimétricos pueden tener diversos fines, pudiéndose englobar según este aspecto en dos grandes grupos: el conocimiento de los fondos mari-

nos para la realización de una obra marítima; el seguimiento de un tramo de costa, bien sea de playas o de calados en los puertos.

El primero de los fines anteriormente aludidos tiene como resultado una única batimetría inicial de la obra o, como mucho, una segunda batimetría de finalización de las obras. En cualquiera de los casos, sea una o dos las batimetrías realizadas, de común, no sirve para conocer la evolución que se ha producido en la línea de costa, pues o existe sólo un dato o la distancia en el tiempo es tan corta que no puede apreciarse grandes variaciones, y por ende extrapolarlas en el tiempo (19).

Del segundo tipo es de interés los seguimientos, pues tienen como objetivo, precisamente, el conocimiento de la evolución en el tiempo de un determinado tramo de costa, normalmente tras la realización de una obra en el litoral en cuestión. El tiempo de duración de estos seguimientos, habitualmente, no excede de cuatro años, con un intervalo entre campañas batimétricas variable de tres a doce meses, dependiendo de los objetivos perseguidos. Habitualmente, dichos seguimientos suelen venir acompañados de fotografías, tanto horizontales

(18) Compárese la figura 5 con la anterior figura 2, las cuales pueden formar todo un conjunto que sirva para estudiar la evolución acaecida en esas costas, como puede consultarse en las notas bibliográficas 7 y 8 de este artículo.

(19) Existen, sin embargo, situaciones singulares en que este tipo de campañas batimétricas ha servido para conocer el comportamiento futuro de la línea de costa con relación a la obra realizada, tal es el ejemplo clásico de los puertos isla de Segur de Calafell y Comarruga en la provincia de Tarragona, donde antes de la finalización de las obras había comenzado a generarse sendos tombolos.

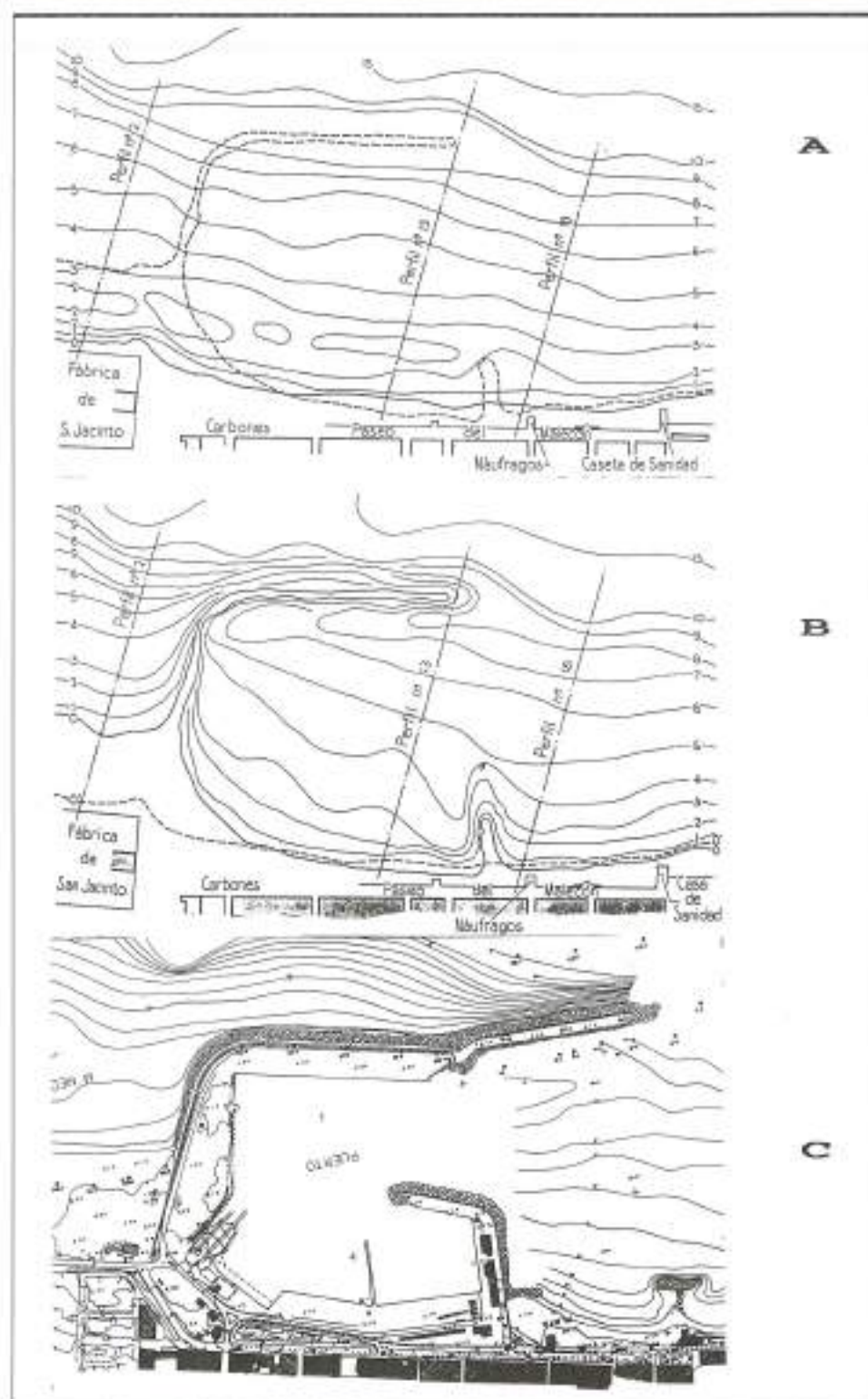


FIGURA 6. Puerto de Garrucha (Almería).
A) Batimetría de 1930 antes de construirse el puerto.
B) Batimetría de 1950.
C) Batimetría de 1987.

como aéreas, de la época en que se efectuó la campaña batimétrica.

Este tipo de levantamientos batimétricos sistemáti-

cos son complementarios a los planos de evolución de la línea de costa, que se pueden hacer por cualquiera de los otros procedimientos descritos con anterioridad, y dan

como resultado, por sí mismos, planos de evolución de la línea de orilla, si bien de un período de tiempo limitado.

En la figura 6 se muestra un ejemplo de lo anteriormente escrito: se trata del tramo de costa almeriense donde se encuentra en la actualidad el puerto de Garrucha. En ella se insertan tres batimetrías correspondientes: la primera de ellas al levantamiento previo a la construcción del puerto (20); la segunda data del año 1950, poco tiempo después de finalizarse las obras exteriores; y la tercera es un tramo parcial de una de las batimetrías efectuadas para el seguimiento de la playa de Garrucha (21). Como es apreciable, la construcción del puerto ha originado cambios significativos en la línea de costa primitiva, con grandes acumulaciones de arena a resguardo del dique, y pérdidas importantes de material tras el contradique.

5. FOTOGRAFÍAS

La tercera de las fuentes de información la integran las fotografías, que constituyen, por sí solas o mediante su restitución fotogramétrica, uno de los elementos más fiables y precisos que se posee para abordar cualquier estudio que necesite conocer la evolución de la línea de costa a lo largo del tiempo.

No cabe duda que la fotografía es un fiel reflejo del terreno en el momento justo de su toma, por lo que constituye una herramienta imprescindible para estudiar la variación sufrida por la costa a lo largo del tiempo, como se puso de manifiesto en los primeros apartados de este artículo.

Geométricamente, la fotografía es una perspectiva central cónica del terreno cuyo punto de vista es el centro óptico del objetivo y el plano focal de éste es el plano del cuadro.

Técnicamente, las fotografías son soportes de gran estabilidad dimensional sobre los que se impresiona la información que capta el sensor de las máquinas fotográficas. Estos soportes están sensibilizados para pequeñas regiones del espectro electromagnético y forman una imagen, en la cual sus aspectos fisiográficos iluminados directamente por el sol y la luz que reflejan las nubes, aparecen diferenciados por los factores tono, textura y forma.

Durante la exposición, la luz incide sobre el revestimiento sensible de la película (22), formándose una

imagen latente. Dicha imagen se convierte en el proceso de revelado en una imagen fija final (23).

Desde el punto de vista del estudio de la evolución histórica de la línea de costa, las fotografías se clasifican en dos grupos:

- **Fotografías horizontales.**
- **Fotografías aéreas.**

Las fotografías horizontales son aquellas que se realizan desde tierra dando, generalmente, información cualitativa de zonas concretas. Estas fotografías permiten, en estudios sistemáticos, obtener una documentación gráfica que muestra la evolución de la costa de tramos particulares. La información que se consigue de las fotografías terrestres sólo indica la tendencia general de la costa, acumulación, erosión, o estabilidad, teniendo que recurrir a otro sistema de trabajo si se quiere cuantificar dicha variación. El intervalo de tiempo entre la primera y última de las tomas fotográficas suele ser corto, pues normalmente se realizan como información complementaria de seguimientos batimétricos o en campañas de tomas de datos en la costa.

En la figura 7A y B se muestra un ejemplo significativo de aplicación de las fotografías horizontales al estudio de variación de playas. Se trata de la playa de Villajoyosa (Alicante); en noviembre de 1989 (A), y en septiembre de 1991 (B). Las grandes variaciones que se aprecian en la playa se deben a que ésta fue regenerada en la primavera de 1991.

Las fotografías aéreas, según la inclinación del eje del levantamiento, se clasifican en:

- A) **Verticales:** Cuando el ángulo de inclinación, respecto a la perpendicular a tierra, no excede de 3° .
- B) **Oblicuas:** En las cuales no aparece el horizonte y el ángulo de inclinación del eje alcanza valores superiores a 3° .
- C) **Panorámicas:** En las cuales aparece el horizonte.

En la figura 8A, B y C aparecen tres ejemplos de cada uno de los tipos de fotografías aéreas.

La información que facilita la fotografía aérea vertical es, junto a los levantamientos batimétricos y cartas náuticas, la fuente principal para poder cuantificar las variaciones que se producen en la línea de costa. Si bien éstas necesitan de un tratamiento posterior, como más tarde se indicará.

Las fotografías oblicuas y panorámicas, al igual que las terrestres, dan un conocimiento exclusivamente cualitativo de los cambios producidos en la costa entre las dos instantáneas comparadas. Dentro de este tipo de fotografías se encuentran las postales comerciales (24),

(20) La construcción del puerto de Garrucha ha pasado por numerosas vicisitudes, pues los primeros proyectos datan de comienzos de los años 30, terminándose las obras a finales de los años 40. Para mayor información se remite a la bibliografía.

(21) El seguimiento de la playa de Garrucha fue efectuado por el Centro de Estudios de Puertos y Costas a instancias de la extinta Dirección General de Puertos y Costas. Consistió de cuatro campañas batimétricas, realizadas entre 1986 y 1988. Para más información se remite a la bibliografía.

(22) El revestimiento sensible de una película fotográfica está formado por finos granos de bromuro de plata, en suspensión en un baño de gelatina con una pequeña cantidad de yoduro de plata.

(23) En el proceso de revelado de la película sensible, la imagen latente reacciona convirtiéndose en plata negra visible. Posteriormente los procesos de fijado y lavado forman la imagen final al disolverse y lavarse las sales de plata no atacadas por el ácido.

(24) Las postales comerciales comenzaron a aparecer a finales del siglo pasado y principios de éste, por lo que en ciertos casos se puede remontar la documentación fotográfica a estas fechas.



FIGURA 7A. Fotografía horizontal de la playa de Wilapayosa vista desde las proximidades del puerto en noviembre de 1989.

que en algunos casos particulares y ante la falta de otra información más precisa permiten estudiar la tendencia general de la costa.

La fotografía aérea vertical tomada con una cámara métrica calibrada se conoce con el nombre de fotograma. Los fotogramas, junto con los apoyos y la restitución fotogramétrica, constituyen una de las bases principales para los estudios evolutivos de la costa.

A partir sólo de los fotogramas se puede determinar medidas de elementos lineales del terreno, ya sean altimétricas o planimétricas.

En las medidas planimétricas interviene como factor dominante la escala del fotograma, elemento variable en la mayor parte de las fotografías. La escala de la fotografía se determina al relacionar la distancia focal (f) con la altura del vuelo (H_v).

$$E = f/H_v$$

También puede obtenerse la escala comparando dimensiones homólogas entre la fotografía y el terreno, o bien con algún mapa de escala conocida.

La escala obtenida por esta fórmula es válida para la



FIGURA 7B. Fotografía horizontal de la playa de Wilapayosa vista desde las proximidades del puerto en septiembre de 1991.

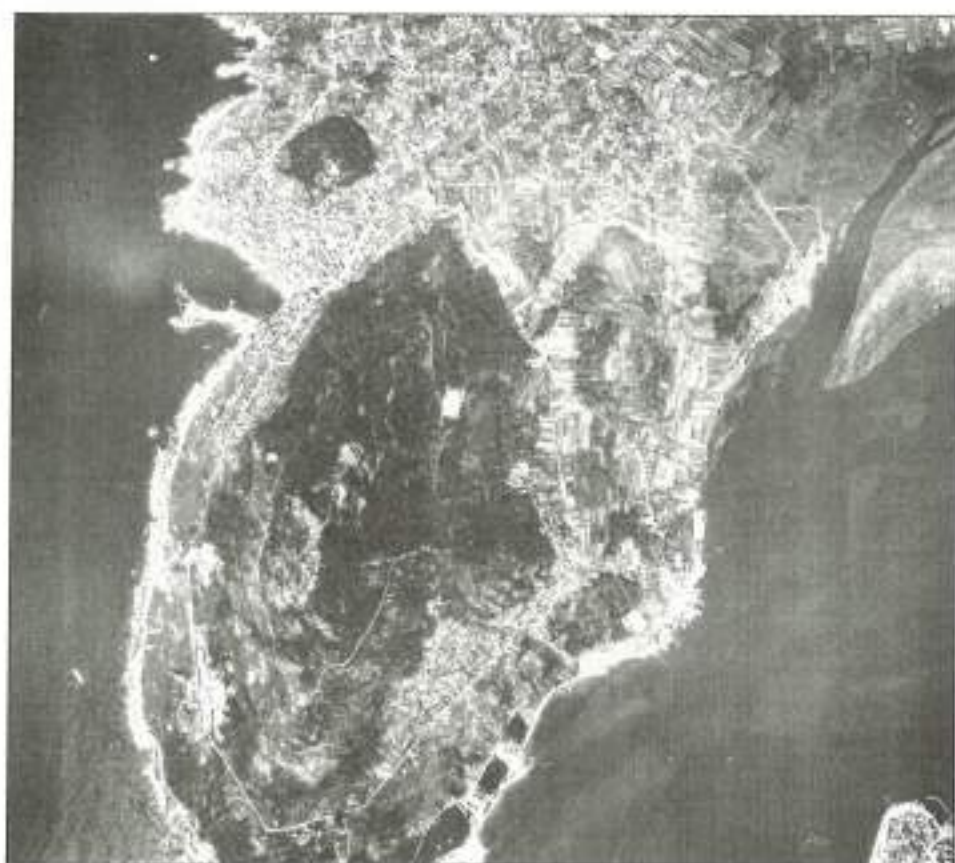


FIGURA 8A. Fotografía vertical I/a Guardia-Pontevedra.



FIGURA 8B. Fotografía oblicua I/a Guardia-Pontevedra.



FIGURA 8C. fotografía panorámica de Guardo-Pontevedra.

zona central de la fotografía, ya que el terreno no suele ser llano y su representación es cónica, variando la escala en las zonas periféricas.

En las fotografías oblicuas y panorámicas la determinación de la escala es más compleja, siendo necesario determinar el desplazamiento radial de la imagen debido a la inclinación del eje.

Las medidas altimétricas que se pueden conseguir a partir únicamente de la fotografía suelen tener poca utilidad en los estudios costeros. Si se quisiera obtener una precisión altimétrica mayor, habría que recurrir a la restitución fotogramétrica del vuelo.

La precisión de las fotografías depende de diversos factores, que inciden en la calidad de las mediciones efectuadas sobre las mismas. Por un lado se encuentran los errores sistemáticos inherentes a la fotografía, que incluyen la ejecución de la toma fotográfica y los trabajos posteriores de laboratorio. De otro lado, los errores provocados por la manipulación de las fotografías por parte de los usuarios.

Dentro del primer tipo de errores están, entre otros, los originados por:

- La refracción atmosférica, que produce un desplazamiento en el negativo, aumentando con la altura de vuelo.
- La curvatura terrestre origina error de desplazamiento en la imagen.
- La calidad de material fotográfico y su posterior proceso de revelado.

Respecto a la fotointerpretación por parte del usuario hay que tener en cuenta, para disminuir errores:

- Trabajar en la zona central del fotograma.
- Escoger detalles nítidos y bien definidos.
- Tener en cuenta la pendiente del terreno en las medidas altimétricas.

Las fotografías aéreas son, en ciertas ocasiones, la única fuente de información a la que se puede recurrir para estudiar la evolución que se ha producido a lo largo de la línea de costa; tal es el caso del litoral donde no existen planos de evolución (25) y la información batimétrica es escasa.

Las fotografías oblicuas y panorámicas, como se ha comentado anteriormente, sólo facilitan una visión global de los cambios sucedidos. Siendo deseable la existencia de fotogramas de diversas épocas de la zona a estudiar, donde pueden determinarse los cambios acaecidos, aunque los datos obtenidos sólo pueden considerarse aproximados.

En la figura 9 se presenta un ejemplo de lo antedicho efectuado en un estudio reciente de la playa de Feneals (26). En ella se muestra cuatro instantáneas pertenecientes a los vuelos nacionales de 1956, 1973, 1981 y 1986. Para tener una mayor visión de conjunto se han

(25) No existen planos de evolución de la línea de costa realizados a partir de vuelos verticales en mares con marea dada la dificultad que entraña. Este punto se comentará más extensamente en el siguiente apartado de este artículo.

(26) El Centro de Estudios de Puertos y Costas efectuó en 1992 un estudio de la incidencia de una marina en la playa de Feneals, a solicitud del ayuntamiento de Lloret de Mar, municipio donde se encuentra dicha playa; para más información se remite a la bibliografía.



FIGURA 9. Playa de Fenals en Lloret de Mar (Gerona).

reducido todas las fotografías a la misma escala. Como se aprecia la playa ha permanecido estable dinámicamente a lo largo del tiempo.

6. PLANOS DE EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

Los planos de evolución de la línea de costa son aquellos que definen las sucesivas posiciones de las líneas batimétricas correspondientes a períodos de tiempo diferentes. Estos planos ayudan en el conocimiento e interpretación de diversos aspectos de la dinámica litoral.

Para la elaboración de los planos de evolución de la línea de costa se pueden utilizar diferentes fuentes de información, como:

- Cartas náuticas.
- Seguimientos batimétricos.
- Restitución fotogramétrica.

Las cartas náuticas, como se ha comentado en el apartado de este artículo dedicado a ellas, permiten obtener una visión histórica de la costa, cuando de ellas existen varias ediciones corregidas o con sondeos diferentes. Como se sabe, las primeras cartas náuticas provienen de la segunda mitad del siglo pasado, habiendo sido sucesivamente corregidas, al menos en lo referente a su línea de orilla, hasta nuestros días.

Los problemas que presenta la realización de planos de evolución a partir de las cartas náuticas son obtener los mismos puntos de referencia exactos en todas las cartas.

Teniendo en cuenta las dificultades que presenta el estudio de la variación de la línea de orilla a partir de cartas náuticas, especialmente cuando éstas son únicamente correcciones en base de un mismo sondeo, los planos de evolución de la línea de costa que se obtienen a partir de ellas permiten conocer la tendencia general, bien regresiva o bien progresiva, de la costa sencilla y rápidamente, aunque su valor técnico, en la mayoría de los casos, presenta algunas deficiencias y no son muy exactos cuantitativamente.

Es de particular interés el poder obtener planos de evolución de la línea de costa a partir de cartas náuticas en mares con marea, dada la dificultad que entraña, prácticamente irresoluble, realizarlos a partir de los vuelos fotogramétricos existentes.

En la figura 10 se presenta el plano de **Evolución de la línea de costa Punta Umbria, Huelva (27)**, basado en las cartas náuticas que, sobre el litoral onubense, se han presentado parcialmente en la figura 5. Los

(27) Este plano se realizó para diversos estudios hechos en 1991, a los que se hace referencia en la nota 16.

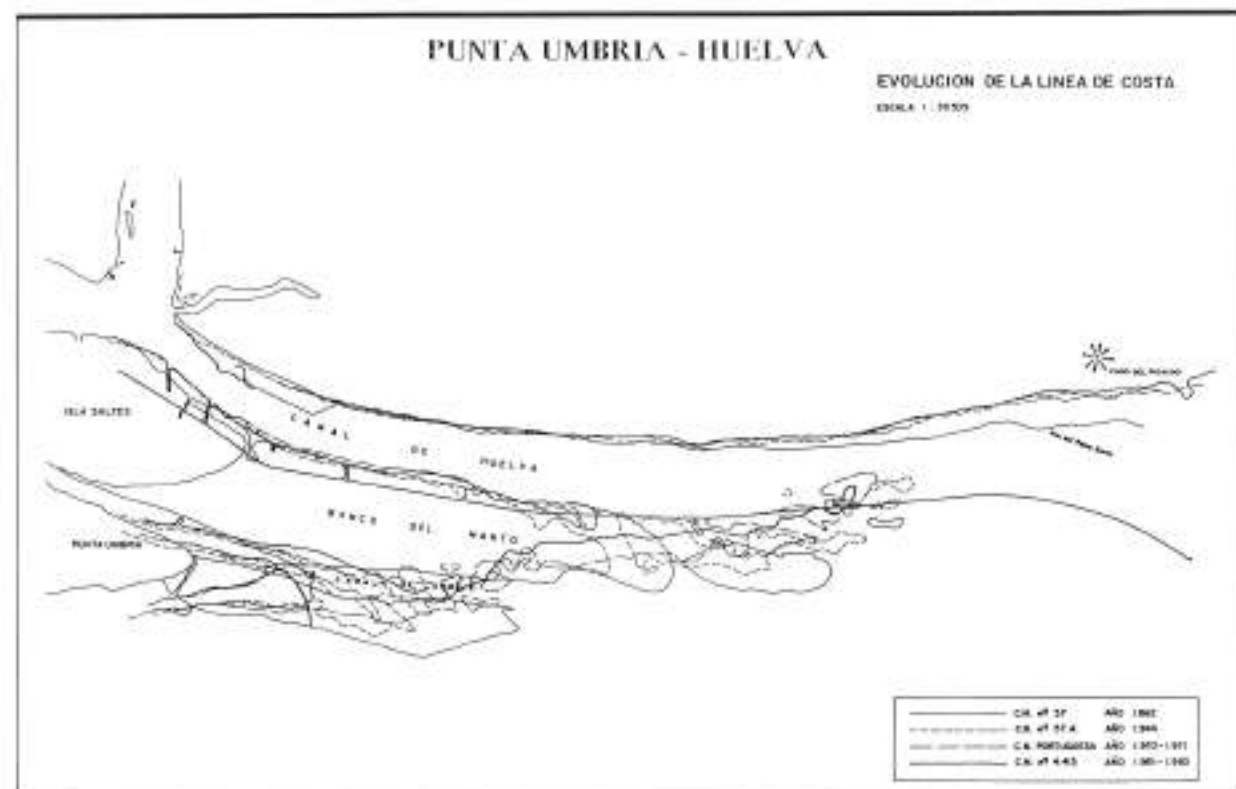


FIGURA 10. Plano de evolución de la línea de costa a partir de cartas náuticas de Huelva.

puntos de referencia utilizados fueron el Faro del Pica-cho y varios muelles antiguos situados en la desembocadura del Tinto.

Los estudios sistemáticos batimétricos efectuados en puntos concretos de la costa, realizados con ecosondas y equipos topográficos, permiten un perfecto conocimiento de la variación sufrida por el litoral y la medida precisa de la pérdida o ganancia de material sedimentario.

Estos trabajos tienen dos importantes inconvenientes; por un lado, son muy costosos, tanto por los equipos utilizados como por el personal especializado que interviene en los mismos; y por otro, se reduce su ámbito a zonas de corta longitud.

Con los datos de los seguimientos batimétricos pueden obtenerse planos de evolución de la línea de costa, si bien, como se ha comentado en puntos anteriores, éstos tienen otros fines específicos, como es el cálculo de la acreción o erosión del litoral durante un tiempo específico, generalmente no muy grande. Por tanto, los planos de evolución obtenidos a partir de seguimientos sólo reflejan las variaciones en un corto espacio de tiempo.

En la figura 11 se presenta un ejemplo de evolución de la línea de costa mediante seguimientos batimétricos.

Se trata de la playa de Garrucha, en la provincia de Almería, donde se hizo un seguimiento batimétrico entre los años 1986 y 1988 (28).

Es indudable que la **restitución fotogramétrica** de la zona costera, obtenida de vuelos fotogramétricos, es la principal técnica, con la que se cuenta en la actualidad, para el conocimiento preciso de la evolución de la costa y constituye un dato fiable para el ingeniero de costas.

La ejecución de cualquier restitución fotogramétrica lleva consigo la existencia de trabajos anteriores, que son el vuelo vertical fotogramétrico y el apoyo de campo. La precisión que se puede alcanzar en una restitución, en este caso de la línea de orilla, depende tanto del vuelo como del apoyo y de la propia restitución.

El vuelo fotogramétrico tiene por objeto suministrar la cobertura fotográfica adecuada de la zona de la que se desea realizar el mapa. Las fotografías tienen que ser fotogramas que, como se comentó en el apartado anterior, son fotografías aéreas verticales tomadas con cámaras calibradas.

(28) Este seguimiento fue realizado por el CEPyC. Ver nota 23 y bibliografía.

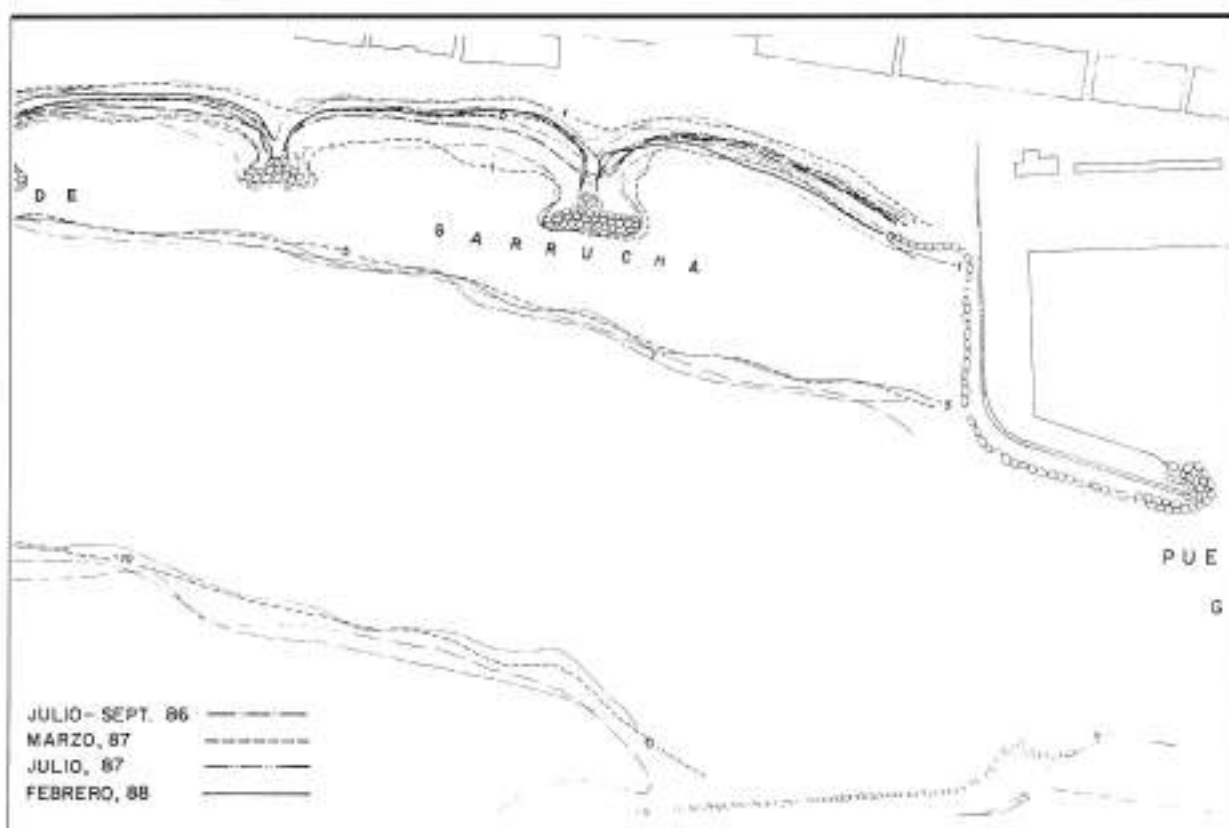


FIGURA 11. Plano de evolución de la línea de costa de la playa de Garrucha, realizado mediante seguimientos batimétricos.

Un vuelo se compone de pasadas, serie sucesivas de fotogramas, y puede constar, según la zona a estudiar, de una o varias pasadas.

Los fotogramas han de tener recubrimiento este-reoscópico, denominándose recubrimiento longitudinal a la zona común a dos fotogramas sucesivos de una misma pasada; este recubrimiento suele ser del 60 %. Cuando es necesario hacer más de una pasada para evitar zonas sin recubrir, las pasadas paralelas tienen que tener un recubrimiento transversal, aproximadamente del 30 %.

Para los estudios de evolución histórica del litoral, en la mayoría de las ocasiones, sólo se precisan pasadas longitudinales sin recurrir a las paralelas.

Las pasadas han de ser lo más horizontales posibles, con el fin de que el eje de los fotogramas sea sensiblemente vertical, admitiéndose, como se comentó en el punto anterior, una desviación máxima respecto a la vertical de 3°.

La elección de la escala de vuelo viene fijada por dos factores: la escala de restitución, y la precisión que se desea obtener en altimetría. Se suele decir que la precisión fotométrica es inversamente proporcional a la altura del vuelo.

Teniendo en cuenta el factor económico, ya que a menor altura mayor número de pares fotográficos y de puntos de apoyo, y el factor de apreciación del detalle, adecuado a la escala de la representación final, puede considerarse razonable la relación siguiente:

$$\text{escala de vuelo/escala de restitución} = 1/3$$

Como es lógico, para los trabajos de evolución de la costa, lo ideal sería utilizar vuelos de altura baja que se ajusten lo más posible a la fórmula anterior. Sin embargo, los problemas económicos, que son fundamentales, y la falta de vuelos bajos históricos en muchos tramos costeros obligan a que los vuelos empleados en las restituciones sean de una escala grande, en detrimento de la precisión del trabajo.

Para poder realizar la restitución de los vuelos fotogramétricos es imprescindible la determinación de los puntos de apoyo. Los puntos de apoyo son puntos del terreno perfectamente identificables sobre la fotografía de los que se deberá conocer sus tres coordenadas. Los puntos de apoyo se radian (29) desde vértices enlazados dentro de una poligonal, que pueden estar conectados con la Red Geodésica Nacional para el cálculo de coordenadas absolutas.

El número mínimo de puntos de apoyo para el ajuste de un par fotogramétrico es de tres, sin embargo, cabe la posibilidad que alguno de estos puntos estuviese mal determinado o identificado, con lo cual es imprescindible elevar el número de puntos a cuatro. En aquellos trabajos fotogramétricos de elevado grado de precisión es

conveniente incrementar, todavía más, este número, pudiendo llegar hasta seis o inclusive más.

Una vez obtenidos los puntos de apoyo, se procede a la restitución, la cual comprende un conjunto de operaciones, que partiendo del vuelo y puntos de apoyo, permiten realizar los planos.

Hasta aquí se ha hecho una breve exposición de los trabajos fotogramétricos imprescindibles para la restitución. A continuación se expondrán brevemente los factores que intervienen en la precisión y calidad de los trabajos anteriormente citados.

Dentro de estos factores destaca la altura del vuelo, que como se citó anteriormente, determina la escala del fotograma y, por tanto, la precisión que puede alcanzarse en los planos de evolución de la línea de costa. Planimétricamente la exactitud de un plano debe ser de 0,2 mm a la escala de representación y altimétricamente (30) de 1/3 de la equidistancia de las curvas de nivel. Atendiendo a la escala del fotograma se puede llegar a conseguir planos hasta ocho veces superior a la escala media del fotograma. Igualmente, la precisión altimétrica es el 0,2 por mil de la altura del vuelo.

El proceso fotogramétrico, los trabajos de campo para determinar las coordenadas de los puntos de apoyo e inclusive el dibujo final puede llevar consigo ciertos errores que intervienen en la precisión del documento cartográfico. Dada la complejidad de estos factores, que se apartan del objeto de este artículo, no se hará referencia de los mismos.

Los planos de evolución de la línea de costa se ven afectados por todo lo dicho anteriormente y, a su vez, por otros factores específicos de este trabajo, como son:

Presión atmosférica. Su variación influye en las fluctuaciones del nivel medio del mar. En el momento de efectuar el vuelo fotogramétrico hay que conocer la presión atmosférica para efectuar las correcciones precisas en el momento de la restitución (31).

Oleaje. Las variaciones debidas a éste de un vuelo a otro, e inclusive de un parte fotogramétrico a otro dentro de un mismo vuelo, pueden ser importantes dependiendo del estado del mar en cada momento. Cuando la altura de ola es grande, el restituidor deberá tomar una media entre la subida y bajada de la ola en el estrán de la playa para así aproximarse lo más posible a la representación de la línea de orilla.

Evidentemente, cuando se tiene un vuelo con unas condiciones de fuerte oleaje, el error al restituir aumenta proporcionalmente con la altura de ola.

(30) Los planos de evolución de la línea de costa, generalmente, representan únicamente sucesivas líneas cero, o líneas de orilla, por lo que la altimetría tiene, en este caso, un valor secundario.

(31) Los cambios bruscos de presión atmosférica pueden dar lugar a grandes variaciones del nivel medio del mar y a fuertes corrientes, en especial en los puertos, alcanzando a veces grandes proporciones. En julio de 1972 se produjo en Tarragona una diferencia de más de tres metros entre los niveles más alto y más bajo del mar debido a este fenómeno.

(29) Aunque existen varios métodos para la obtención de las coordenadas de los puntos de apoyo el método de radiación es el más usado actualmente.

Marea. Este es un factor muy importante a tener en cuenta en los trabajos de evolución de la costa. La comparación de las líneas de agua a lo largo del tiempo lleva consigo que los vuelos fotogramétricos se realicen con la misma altura de marea. Ello constituye un problema difícil, en el cual intervendría una programación, que normalmente no se lleva a cabo, tanto por el aumento de coste (32), como por la inexistencia de programación en vuelos nacionales anteriores.

Este problema se minimiza en el litoral español bañado por el Mediterráneo, donde la carrera de marea suele ser inferior a medio metro. En las costas atlántica y cantábrica española, la marea, como es sabido, es muy superior y ha motivado que el Centro de Estudios de Puertos y Costas no haya realizado hasta ahora planos de evolución de la línea de costa de estas zonas.

Para conseguir realizar un plano de evolución basado en diferentes vuelos fotogramétricos, se requiere que los planos de comparación tomados sean idénticos. Las coordenadas planimétricas, se debe procurar que también estén referidas al mismo origen, aunque con los medios informáticos existentes en la actualidad los cambios de un sistema de coordenadas a otro se logran con relativa facilidad.

El plano de comparación ideal para estos trabajos sería el dado por el cerro de Alicante, tomado desde la nueva Red Geodésica Nacional o desde la Red de Nivelación.

El Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPyC) posee planos de evolución de la línea de costa, a escala 1/3.000, que comprende el litoral mediterráneo, con excepción de las costas acantiladas.

(32) El tiempo del vuelo fotogramétrico estaría limitado por la estoa de marea, máximo de dos horas.

Dentro de los archivos fotográficos utilizados por el CEPyC para la ejecución de los planos de evolución de la línea de costa, se contó con (33):

EXTENSION	ESCALA	AÑO	ORIGEN
NACIONAL	1/45.000	1947	E. Aire
NACIONAL	1/33.000	1956	S.G.E.
COSTA-PARCIAL	1/20.000	1965	
COSTA	1/18.000	1973	D.G.C.
COSTA-PARCIAL	1/18.000	1977	
COSTA-PARCIAL	1/12.000	1981/83	CEPyC

Además de los vuelos fotogramétricos expuestos en el cuadro anterior, existen otros vuelos nacionales, entre los que se puede destacar:

EXTENSION	ESCALA	AÑO	ORIGEN
NACIONAL	1/30.000	1984	I.G.C. (*)
NACIONAL	1/18.000	1985	I.G.C.
COSTA	1/ 5.000	1989-90	D.G.C. (**)

(*) I.G.C.: Instituto Geográfico y Catastral.

(**) D.G.C.: Dirección General de Costas.

(33) **Extensión:** Nacional, vuelo de toda España; Costa, vuelo de toda la costa española; Costa parcial, vuelo de la costa mediterránea.

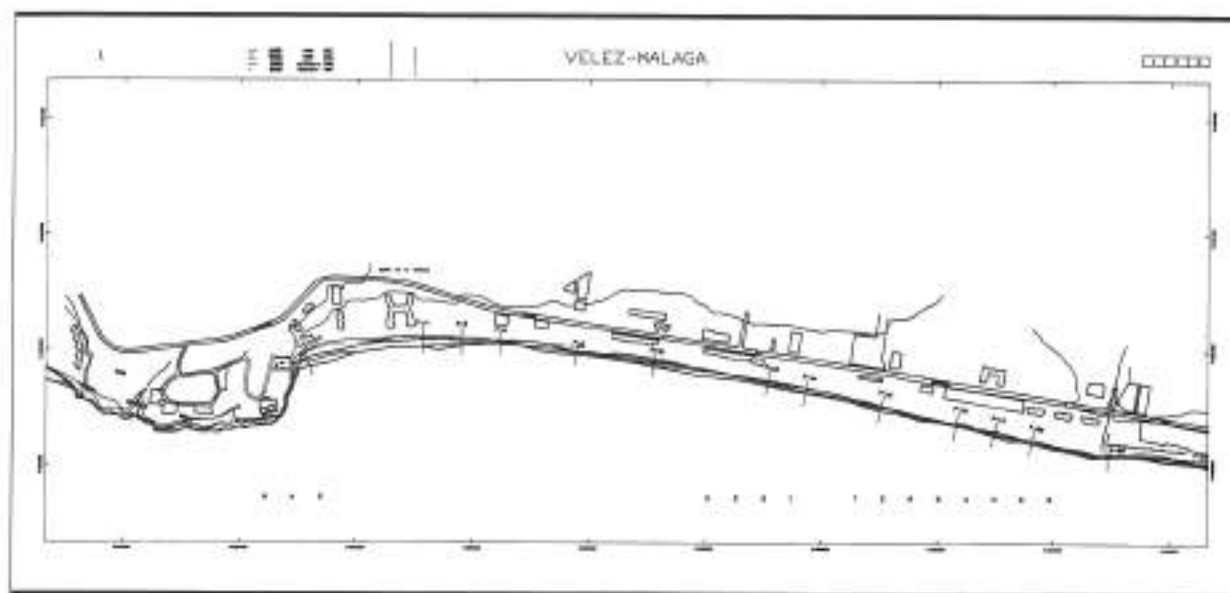


FIGURA 12. Plano digitalizado de evolución de la línea de costa, realizado mediante restitución fotogramétrica.

Aparte de estos vuelos verticales existe un considerable número de vuelos fotogramétricos que cubren zonas parciales del litoral español, tanto de entidades estatales como de empresas privadas dedicadas a ello.

En un futuro próximo se tiene previsto restituir la línea de costa con el vuelo fotogramétrico de 1989-90, indicado en el cuadro anterior.

Los avances informáticos están agilizando considerablemente estos trabajos, permitiendo la digitalización de los planos de evolución de la línea de costa y con ello aprovechar más eficazmente los datos proporcionados por las restituciones de la línea de costa.

En la figura 12 se presenta un plano de evolución de la línea de costa correspondiente al tramo de Vélez Málaga, en la Costa del Sol. Este plano es una salida por «plotter» de ordenador de los Planos de Evolución de la Línea de Costa Española digitalizados, pertenecientes al Centro de Estudios de Puertos y Costas.

7. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA (34)

1. GARCIA Y BELLIDO, A. *La España del siglo primero de nuestra era (según P. Mela y C. Plinio)*. Colección Austral-España Calpe.
2. GARCIA Y BELLIDO, A. *España y los españoles hace dos mil años (según Estrabón)*. Colección Austral-España Calpe.
3. POLIBIO. *Historia Universal durante la República romana* (volúmenes I, II y III). Ediciones Orbis, S. A.

nea y atlántica española. Origen: Ejército del Aire, posee un vuelo realizado por los E.U.A.; S.E.G. (Servicio Geográfico del Ejército), posee un vuelo realizado por los E.U.A.

(34) Únicamente se inserta la bibliografía consultada para redactar este artículo, ordenada según el comentario y uso que se hace en este escrito.

4. GARCIA Y BELLIDO, A. *Hércules gaditano*. Archivo Español de Arqueología (vol. n.º 36, págs. 70 y ss., 1963).
5. DABRIO GONZALEZ, C.-J. *Influencia humana en el litoral*. Grupo Español de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio (2.ª Reunión Nacional-Lleida).
6. *El puerto de Cartagena*. Dirigida por Julio Mas Garsa. Puerto de Cartagena (1975).
7. DE LA PEÑA OLIVAS, J. M. y PRADA ESPADA, J. M. *Egipcios de sondaje en el siglo pasado*. Revista de Ingeniería Civil (n.º 78, págs. 115 y ss., ene.-febr.-mar., 1991).
8. MEDINA VILLAVARDE, J. M. y DE LA PEÑA OLIVAS, J. M. *Formas costeras onubenses*. Revista de Ingeniería Civil (n.º 82, ene.-febr.-mar., 1992).
9. *Costas de España y averías en sus puertos*. Dirigida por Antonio Garsa y de la Cámara. Comisión Administrativa de Puertos a cargo directo del Estado (1956).
10. SANCHEZ PALOMAR, F. J. *Estudio de la dinámica litoral de la playa de Garrucha*. Centro de Estudios de Puertos y Costas (Madrid, enero de 1992).
11. LOPEZ-CUERO Y ESTEVEZ, S. *Fotogrametría* (Madrid, 1980).
12. Diversos autores. *Curso sobre técnicas fotogramétricas y sus aplicaciones*. Gabinete de Formación y Documentación del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (Madrid, 1987).
13. *Cartografía y fotografía aérea (Manual de contratación)*. CEOTMA. Secretaría General técnica del MOPU (Madrid, enero de 1981).
14. *Pliego de prescripciones técnicas para la ejecución de trabajos fotogramétricos (2.ª edición)*. Dirección General de Obras Hidráulicas, Sección Tecnológica Hidráulica, Centro de Estudios Hidrográficos (Madrid, febrero de 1975).
15. RODRIGUEZ BERZOSA, P. *Estudio de la influencia de la marea de Fensals-Oest-Santa Clotilde en la playa de Fensals de Lloret de Mar (Girona)*. Centro de Estudios de Puertos y Costas (Madrid, febrero de 1992).