

Estudio de la costa y playas de Denia (*)

Por Prof. J. JAVIER DIEZ

Catedrático de Puertos

Prof. MIGUEL ARENILLAS

Catedrático de Geología Aplicada a las O.P.

Prof. VICENTE ESTEBAN

Ing. de Caminos, Canales y Puertos

Prof. JOSE SERRA

Ing. de Caminos, Canales y Puertos

El estudio se desarrolló según dos líneas de actuación: análisis de la dinámica litoral e identificación física de las formaciones costeras existentes a lo largo del tramo en estudio. A partir de un análisis de carácter general, se fueron concretando los rasgos específicos del área estricta de actuación. Para ello, además de los oportunos reconocimientos directos, se ha deducido la evolución más reciente de la costa a partir del estudio de la documentación bibliográfica y cartográfica existente.

La situación actual se ha definido mediante la realización de una serie de perfiles en diversos puntos que cubren todo el litoral estudiado (figura 1). Estos perfiles repetidos en tres campañas a lo largo de un año, han permitido filtrar, de alguna manera, los efectos estacionales. La información necesaria se ha completado con la caracterización de los materiales playeros en playa seca, en los distintos niveles de depósito y en playa sumergida, a diferentes profundidades.

1. INTRODUCCION

Las costas mediterráneas españolas han resultado especialmente atractivas para su ocupación en épocas recientes por asentamientos poblacionales permanentes o temporales. Esto corresponde a un movimiento general hacia las áreas costeras derivado de la calidad ambiental que éstas muestran en forma creciente durante las últimas centurias (1). En contrapartida, y también de forma especial, vienen sufriendo últimamente grandes perturbaciones en sus playas, en relación con unas formas de ocupación inadecuadas o mal ordenadas; éste es un fenómeno común en el concierto de las costas del mundo, ligado estrechamente con las actuaciones ignorantes de la dinámica litoral y de sus efectos en la formación y evolución de las playas (1,2). La creciente demanda de las cada vez más escasas playas ha acentuado el estudio de los procesos litorales en todas las áreas costeras con objeto de incrementar el

conocimiento de las bases que puedan servir para la evaluación de impactos derivados de futuras actuaciones y para su corrección y la de los que ya se han producido y siguen haciéndolo a causa de actuaciones pasadas.

El progresivo conocimiento de la dinámica y procesos litorales ha permitido ya establecer un adecuado esquema general de los mismos (2, 3, 4) que distingue claramente aquellos impactos irreversibles de los reversibles, apuntando entre éstos los diversos procesos cíclicos de erosión-acreción correspondientes a los respectivos factores climáticos responsables (estacional, anual o hiperanuales); pero, sobre todo, ha permitido alcanzar (4) una buena sistemática para la clasificación e interpretación genética de las formas costeras, de mucha mayor utilidad en ingeniería que otras clasificaciones de costas (5) más generales y de mayor alcance en el tiempo. Todo ello, en relación con los ya bastante contrastados métodos para la previsión de oleaje y temporales, responsables máximos de dichos procesos (2, 6, 7).

Las circunstancias antes referidas tienen

(*) Este artículo recoge la información presentada en el SEME (Symposium of Environmental Marine Engineering), en Brujas en mayo de 1982, por los dos primeros autores.

una singular muestra en las costas de Denia, en algunas de cuyas playas se venían acusando importantes alteraciones que han motivado el conjunto de estudios cuyo desarrollo y conclusiones se detallan a continuación, partiendo del encuadre geológico y geomorfológico de la unidad fisiográfica a la que aquellas costas pertenecen (8, 9).

2. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS GEOLOGICO Y GEOMORFOLOGICO

El extremo meridional del «óvalo valenciano» se enfrenta, sensiblemente, a orientaciones comprendidas en el sector N-N. NE. En Denia se puede situar la articulación entre una costa plana típica —al Norte— y otra acantilada —el cabo de San Antonio—, que se enlazan, a partir del extremo de levante de la ciudad, por medio de un tramo de costa baja, como son Les Rotes (Fig. 1).

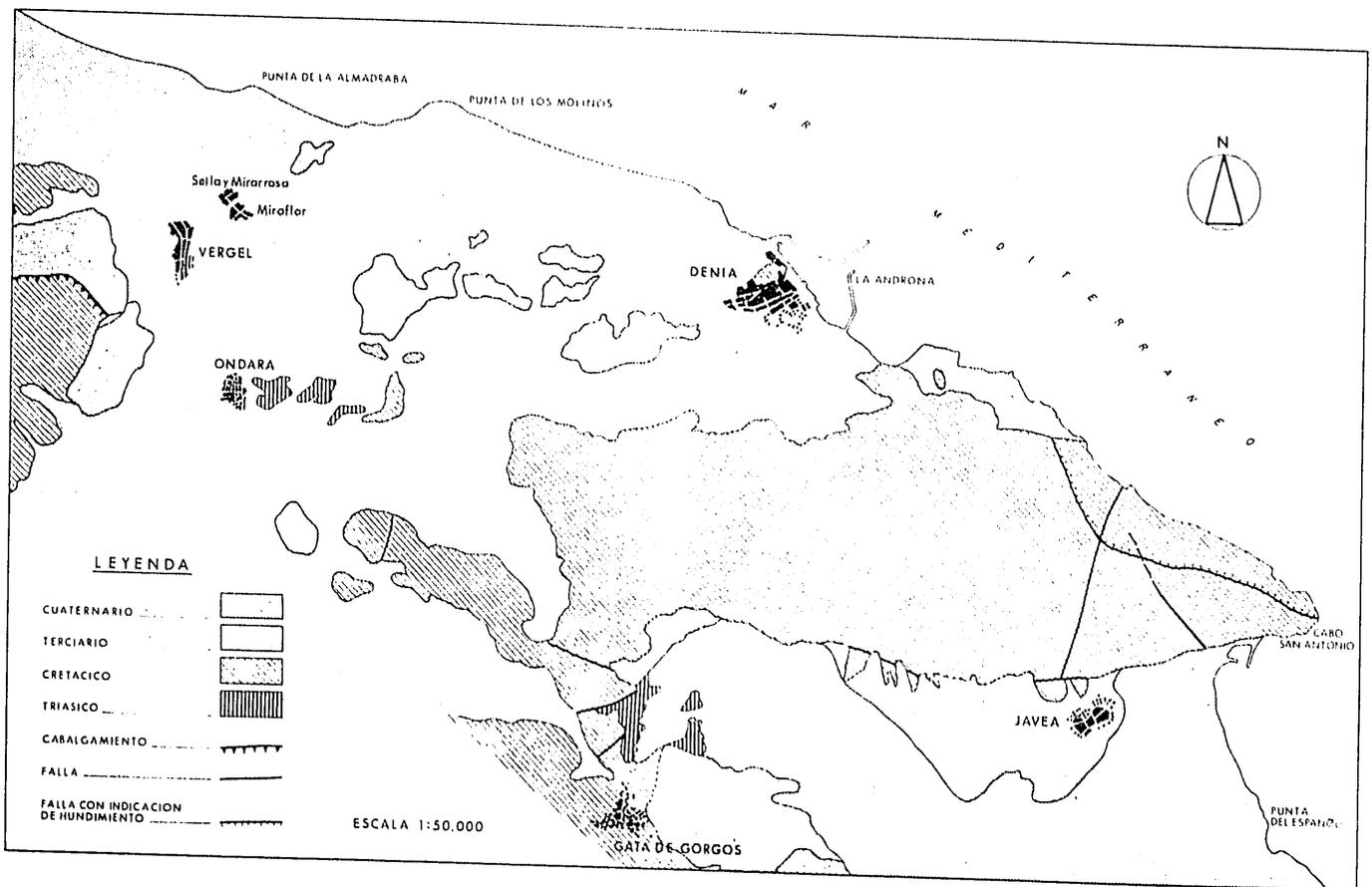
En el presente estudio, se ha limitado el campo de actuación al sector de costa comprendido entre la punta de la Almadraba y

las primeras estribaciones del cabo de San Antonio, que resulta ser el ámbito donde los procesos de alteración y degradación están influyendo, de manera muy acusada, sobre la originaria ordenación de estas costas.

Desde la punta de la Almadraba, o delta del río Girona, hacia el Este, la playa que se encuentra en primer lugar es la también llamada de la Almadraba, que se ha formado, fundamentalmente, con material derivado de los depósitos del Girona. Este río ha dado lugar a un delta en punta heterogéneo, con heterogeneidad que disminuye a lo largo del aproximadamente un kilómetro de longitud de la playa que, de acuerdo con su evolución reciente, puede catalogarse como playa regresiva.

A continuación se sitúa la playa de l'Estanyó, de 1,2 kilómetros de longitud hasta el barranco de la Alberca. Frente a ella aparecen afloramientos rocosos de tosca, posiblemente constitutivos de playas relictas, que a veces afloran también entre la montera de gravas o entre las arenas y gravas del estrán.

Fig. 1.



Dunas y pendientes fuertes completan la configuración de esta playa, también regresiva. Al otro lado del barranco se encuentra la playa del Racó de L'Alberca, francamente progresiva desde la construcción y prolongación del espigón de la punta de los Molinos, extremos nororiental de la formación que nos ocupa. De unos 600 metros de longitud, anteriormente era regresiva.

Al otro lado del dique de los Molinos, recuperando la orientación de la playa de la Almadraba y alineada con aquél, se encuentra la de los Molinos y Palmeras, que tiene unos 900 metros de longitud hasta el barranco del Nap, y que vuelve a ser regresiva, lo mismo que la playa de Les Bovetes, de un kilómetro de longitud al otro lado del Nap.

Este mismo tipo de regresión se manifiesta igualmente en los casi dos kilómetros de la playa de Les Marines, causa fundamental de la preocupación en el área, y donde ya se han establecido varias actuaciones para su defensa a lo largo de los últimos años. Una serie de espigones transversales, construidos en diferentes momentos, algunos alargados en sucesivas fases y otros rematados en L o en T, han sido las vías experimentadas para paliar los efectos de la regresión costera.

Entre el barranco del Regacho y el dique de poniente del puerto se sitúa la playa Nova, progresiva, de más de un kilómetro de longitud. Entre la punta de los Molinos y el puerto existen unos bajos rocosos y muy continuos que interrumpen las diversas playas sumergidas y que son, probablemente, testigos residuales de playas relictas cuaternarias o pliocenas. Estos fondos rocosos y someros llegan a configurar los mismos bajos del Caballo, frente a Denia, y se continúan, a poniente del canal de entrada al puerto, en los de la Androna y en los situados frente a las playas de la Marineta Casiana y el Marge Roig.

Estas últimas playas, que durante gran parte del año se presentan con perfiles transversales incompletos en casi toda su extensión, enlazan el litoral plano de Denia con la costa acantilada de Les Rotes. Tienen, en conjunto, un kilómetro aproximadamente de longitud y una orientación que evoluciona desde posiciones sensiblemente normales al Norte, hasta casi enfrentarse al Este.

Las alineaciones externas de las cordille-

ras Béticas constituyen, en su extremo Noroeste, un bien definido conjunto montañoso, que conforma el cierre del óvalo valenciano por el Sur. El borde del macizo hacia el Mediterráneo se caracteriza por los dos espolones de San Antonio y La Nao, entre los que queda la depresión de Jávea. En las estribaciones septentrionales del primero de estos cabos, y ya en la playa costera, se encuentra Denia.

El ámbito geológico que nos ocupa —dentro del mencionado sistema montañoso—, se sitúa en la denominada zona Prebética y más concretamente en el Prebético externo, cuyas formaciones se extienden hasta las sierras de Serrella, Aixorta y Aitana que caracterizan ya a un amplio conjunto de alineaciones que se arrumban, a grandes rasgos, hacia el NE y que, por el Norte y con límites muy imprecisos, entran en contacto con las estribaciones levantinas del Sistema Ibérico. Este doble juego de estructuras, béticas e ibéricas, se pone de manifiesto en distintos sectores del área, determinando importantes inflexiones en algunas estructuras que, como resultado final, se adaptan a otras directrices distintas de las principales indicadas.

Los materiales aflorantes corresponden, en buena medida, a sedimentos mesozoicos que van del Triásico al Cretácico —con algunos hiatos notorios—, sobre los que aparecen importantes niveles terciarios. Hacia el litoral el dominio de los depósitos cuaternarios se hace evidente y, de hecho, son estos horizonte los que caracterizan de modo absoluto el ámbito costero que interesa.

Los sedimentos más antiguos, aflorantes en puntos muy localizados, corresponden al Keuper en facies germano-andaluza y se caracterizan por niveles muy plásticos de margas y arcillas versicolores, con horizontes de yesos interestratificados y jacintos de Compostela abundante y dispersos. Aparecen en Ondara, exhumados por la erosión de un antiguo brazo del río Girona que, en la actualidad, acoge al barranco de la Alberca, y más al Suroeste en la depresión de Jalón, donde manifiestan un mayor desarrollo. Es muy posible que, en las fosas indicadas y en otras cuencas intermontanas, queden cubiertos por depósitos cuaternarios y que, en general, se presenten muy laminados, al haber servicio de sustrato móvil y plástico a los

picos superiores más competentes, durante las fases principales de la orogenia alpina. Las numerosas fuentes salobres que existen en el área parecen señalar su existencia y, en particular, el alto contenido en materiales salinos. En algunos puntos se ha citado la presencia de carniolas coronando al Keuper que, en tal caso, corresponderían a un Infralías. Su importancia en el área, en cualquier caso, es de orden menor.

Tampoco alcanza un desarrollo grande el Jurásico. Se venía citando al Oeste de Vergel, en un sector que últimamente se asigna al Cretácico. De cierta entidad es el conjunto que aflora en el núcleo anticlinal de Oliva, donde aparecen alternancias de dolomías, calizas y margas con una potencia total que debe aproximarse a los 500 metros.

Indudablemente mayor importancia tiene el Cretácico que, con mucho, supone la principal extensión de afloramientos mesozoicos en el área de estudio. El Cretácico inferior y, en particular, los sedimentos más antiguos, se presentan en facies marina y continental. En el anticlinal de Oliva, flanqueando al Jurásico por el Sur, está bien representada la primera de las indicadas facies, que se prolonga hasta el Cretácico superior. Se trata de un nivel importante de margas, sobre las que aparecen calizas y dolomías, que quedan coronadas por un horizonte poco potente de margas con orbitolinas. Por encima se presenta un fuerte paquete de dolomías masivas, asignadas al Cenomanense y al Turonense, que dan lugar a los perfiles más agrestes de la Sierra de Mustalla. Esta misma formación queda, también, claramente representada en el flanco norteño de la sierra de Segaria, al Oeste de Vergel, así como en los bordes meridional y septentrional del cabo de San Antonio, donde el carácter de los materiales es, sin embargo, más calcáreo. Los niveles altos del Cretácico superior —Senonense— afloran por encima de los horizontes últimamente indicados, estando bien representados en Segaria y, de modo particular, en el Montgó, donde constituyen la característica coronación de este importante y representativo nudo montañoso.

Los materiales terciarios se presentan en grandes extensiones, adosados a los depósitos cretácicos. Los niveles inferiores han planteado, desde antiguo, problemas difíciles de caracterización y datación, motivados por las numerosas variaciones de facies que se

observan. En la zona de estudio, investigaciones recientes, basadas en análisis de microfaua, tienden a reducir notablemente los afloramientos que venían asignándose al Eoceno, considerándose, en la actualidad, como de edad oligocena. En este sentido, la amplia banda de calizas con nummulites que se apoya sobre un horizonte conglomerático de carácter basal, y que aparece a lo largo del Cretácico que constituye el borde suroriental del cabo de La Nao, se considera Oligoceno inferior, frente a anteriores dataciones, que incluían tales depósitos en el Eoceno. Por encima de esta formación, y en concordancia, afloran paquetes de calizas grises con equinoideos y un tramo fflyschoides compuesto por alternancias de margas y calizas margosas de tonalidad ocres que, bajo los supuestos indicados, corresponderían al Oligoceno medio. Una última barra, de potencia inferior que los anteriores niveles, compuesta por calizas blancas, supondría el final de la serie paleógena, con representación neta en el borde del cabo de La Nao, antes indicado.

El Neógeno está representado por el Mioceno, si bien algunas formaciones que vienen refiriéndose al Cuaternario podrían corresponder a un Plioceno de carácter detrítico, similar al que se presenta en áreas más norteñas de la costa mediterránea española. La sedimentación miocena se inicia con un tramo de calizas con algas, que pasan lateralmente, en algunos puntos, a conglomerados. Estos últimos alcanzan una representación importante en los bordes septentrional y oriental de la sierra de Segaria, donde aparecen cabalgados por el Senonense. Por encima aflora la «facies tap», amplio conjunto de margas blanquecinas, arcillas y calizas arenosas, formación bien caracterizada en todo el levante y que suele situarse del Burdigaliense al Langhiense. En la zona de estudio, el «tap» ocupa extensiones importantes en el área de Pego, así como al Suroeste de Denia y en los bordes del corredor de Javea. En discordancia con esta formación afloran, puntualmente, niveles de conglomerados calcáreos, que se han datado en el Mioceno terminal. Su pequeña representación no permite buenas caracterizaciones, aunque no es de descartar la presencia de tales depósitos al Plioceno.

Todos estos materiales —mesozoicos y terciarios— se ordenan de acuerdo con la

pauta estructural que, según queda dicho, corresponde a la doble acción de direcciones béticas e ibéricas. El predominio de aquéllas es evidente y, de hecho, en el entorno próximo a Denia, determinan en buena medida la disposición morfológica del conjunto. Los principales cauces, ramblas y barranqueras se arrumban al NE, adecuándose a la tectónica dominante y acogiéndose a las líneas preferentes de disyunción, que señalan amplios corredores orientados hacia la costa. El drenaje se completa por medio de una serie de cauces menores que canalizan las escorrentías de los diversos espolones serranos hacia la parte central de los valles, a favor de fracturas orientadas a NW. y, en menor medida, a N.NE.

Este dispositivo general ha determinado la existencia de extensos rellenos cuaternarios de carácter continental, que cubren los fondos de los mencionados corredores, así como la presencia de importantes glacis que enlazan las áreas culminantes con tales fondos de valle y con los niveles de depósito litoral. La costa se adapta a la forma generalizada del óvalo valenciano, cuyo borde meridional cierra el rotundo espolón constituido por los cabos de San Antonio y La Nao.

Durante el Cuaternario —y quizá desde el Plioceno—, importantes procesos litorales, apoyados en una adecuada disposición costera y en una climatología evidentemente favorecedora de los arrastres hacia la costa, originaron, a lo largo del óvalo valenciano, la formación de una serie de sucesivas restingas —con carácter muy continuo entre el Ebro, al Norte, y La Nao, al Sur—, que fueron determinando el avance del litoral desde las iniciales posiciones retranqueadas que señalaban los afloramientos mesozoicos y terciarios. Paralelamente, una activa erosión sobre estos sedimentos iba produciendo el relleno de los sucesivos recintos albufereños que las barras costeras delimitaban a lo largo de la costa. Fenómenos alternantes de elevación y descenso de los niveles marinos incidieron asimismo en las respectivas líneas de costa, señalando la variable disposición de rasas, playas, rellenos y glacis que han llevado a la configuración hoy visible del litoral que nos ocupa. Tal conjunto de fenómenos, en cierta medida aún vigentes, explican el complejo dispositivo estratigráfico de las costas de Denia, donde aparecen —en ocasiones con

una intrincada ordenación— formas correspondientes a playas —relictas y activas—, rasas, conos de deyección, deltas, etc., que muestran la dominancia relativa, a lo largo del Cuaternario, de los procesos litorales o de la morfogénesis continental.

En relación directa con el área costera de Denia se presenta el corredor de Ondara, drenado en la actualidad por el río Girona y el barranco de la Alberca, que mantienen cursos relativamente paralelos —de mayor longitud e importancia el del Girona—, incluso cuando, en los respectivos tramos finales, viran hacia el Norte, buscando sus desembocaduras. Estas son de tipo deltaico, si bien la forma correspondiente al río Girona —punta de la Almadraba— queda mejor dibujada. La disposición de ambos cauces y la variabilidad de la línea de costa con la que se enfrentan, hacen pensar en un único curso fluvial más antiguo, de gran capacidad de arrastre y, en consecuencia, fuertes aportaciones sólidas, que hubiese colaborado muy activamente en la formación de los rellenos cuaternarios que constituyen la zona situada al Oeste de Denia. La punta de los Molinos, ligeramente al Sur de la desembocadura del barranco de la Alberca, podría explicarse como un delta antiguo, aunque también es posible la existencia de algún retazo mioceno subyacente a los actuales sedimentos, que justificase la forma apuntada de la costa en este punto. En cualquier caso Girona y Alberca debieron desembocar juntos en algún momento, este último como afluente de aquél por margen derecha. Posteriormente, durante algún período de fuertes aportes, la ordenación inicial se modificaría, dando lugar a un dispositivo similar al actual, que se ha conservado a favor de condiciones climáticas apropiadas a esta situación. El glacis de acumulación que normalmente suele presentarse como constitutivo de los depósitos que se presentan en la salida del corredor de Ondara hacia las costas de Denia puede estar, así, justificado por la actividad del primitivo río Girona en una desembocadura con importante dinámica litoral. Aportes laterales, desde las sierras y serratos próximos pudieron colaborar en el relleno y, en última instancia, en el avance de la línea de costa, sirviendo de apoyo áreas emergidas miocenas, como las aún visibles al Suroeste de Denia y entre las desembocaduras del Girona y el barranco de la Alberca, ligeramente hacia el interior.

En la zona de Les Rotes, sobre el pie de monte —que, en consecuencia, debe corresponder a un Pleistoceno bajo o medio— se sitúa una rasa a cota próxima a los cuatro metros, terminada normalmente en cantil, a cuyo pie aparecen continuos depósitos de tosca que coronan algo más de medio metro por encima del nivel actual medio del mar. Sedimentos similares afloran puntualmente al Norte de Denia y constituyen también la mayor parte de los bajos que se presentan frente a la línea de costa actual. La relación temporal entre unos y otros no está clara, si bien en ningún caso deben corresponder a formaciones anteriores al Pleistoceno superior.

Inmediatamente al Noroeste del puerto de Denia aparece un importante cordón dunar que sirve de cierre a antiguos marjales, donde aún quedan zonas claramente deprimidas —les basetes— recuerdo de una formación de tipo albufereño de mayor entidad. Este carácter es el predominante en todo el tramo de costa que se extiende hacia Oliva y, de hecho, es también el representativo en gran parte del litoral del óvalo valenciano. En la zona de interés se manifiesta especialmente frente a Pego, donde existe un extenso depósito constituido por turbas, fangos y limos que rellenan una vieja y amplia albufera, relativamente retirada de la actual línea de costa.

El cierre de todos estos recintos albufereños puede explicarse por una dinámica litoral intensa, con aportes sólidos abundantes, cuyas áreas madre cabe esperar lejanas y hacia el Norte, en razón del carácter de barrera que habrán determinado los cabos de San Antonio y La Nao. Conviene señalar, sin embargo, que las desembocaduras de algunos cursos fluviales presentan disposiciones acordes con una dinámica litoral hacia el Norte, para cuya explicación sería necesario recurrir a fenómenos de tipo local que, en gran parte, pueden estar inducidos por una intensa acción morfogenética continental, que haya determinado la presencia —quizá puntual en el tiempo y en el espacio— de volúmenes notables de material, vertidos sobre la línea de costa, cuya incidencia en la circulación litoral haya producido o potenciado la variación de los correspondientes sentidos de transporte sólido.

Desde este punto de vista es evidente que los resultados hoy visibles apoyan la impor-

tancia grande de los aportes torrenciales y las consiguientes formaciones deltaicas, más o menos desarrolladas. Estos deltas, dentro de una variable dinámica litoral como la apuntada, han debido servir de apoyo a flechas y cordones costeros que, en sucesivas etapas, han ido cerrando entre ellos áreas albufereñas repetidamente colmadas, proceso según el cual la costa habría podido avanzar continuamente a lo largo de las últimas etapas geológicas.

En este sentido, la simple observación desde el castillo o en una fotografía aérea, muestra una serie de áreas de avance de la línea de costa, típicas de actividad deltaica. Su forma, más o menos apuntada, indica la naturaleza de los depósitos, la longitud del cauce y las características de la cuenca de cada fenómeno concreto. Es fácilmente identificable, por ejemplo el ámbito del dique de poniente, que arranca de una de las zonas avanzadas, seguramente debida a un proceso deltaico antiguo, según se deduce de su conexión con el placer de la Placeta. Sobre este bajo se apoya, precisamente, toda la obra del mencionado dique. Desde aquí hacia el Norte son varios los puntos donde aún son claramente observables procesos como los indicados. Sirvan de ejemplo los siguientes:

- La punta deltaica, ya muy redondeada —incluso achatada— por la acción litoral, situada frente al camping de Les Basetes y el barranco del Regacho, y posiblemente ocasionada por éste durante un período de mayor actividad que la actual.
- Punta de los Molinos, con la playa de los Molinos y Plameras, que también muestran sus caracteres deltaicos.
- Punta (menor) de l'Estanyó, delante del camping «Denia» y junto al actual brazo del barranco de la Alberca.
- Punta de la Almadraba, activa recientemente.
- Punta (menor) del barranco de Portelles, también muy difuminada hoy, y prácticamente incorporada a la alineación general de la restinga que se continúa hacia el Norte por las playas de Oliva.

A favor de este conjunto de deltas y restingas, durante el Holoceno se han creado una serie de playas, cuya evolución habrá

dependido de los diversos factores implicados en la dinámica litoral. Ultimamente la fuerte incidencia de la actividad humana — presas en los ríos alimentadores, tomas y captaciones para riego, rellenos artificiales, fijación de dunas, urbanización del litoral, etc., ha transformado notablemente el anterior equilibrio, determinando cambios importantes en los resultados de la morfogénesis litoral.

3. DINAMICA LITORAL

Para las costas de Denia no existe ningún dato de registro u observación directa del mar de cierta entidad, que permita una definición precisa del régimen de oleaje. El Centro Meteorológico Mundial tiene almacenados datos procedentes de observaciones visuales, pero no son suficientes para su aplicación en general y a estas costas en particular. En (10) se dispone de un régimen direccional de oleaje, de alturas y períodos, del que se han obtenido los gráficos que se recogen en (7). El inconveniente de esta fuente es que incorpora todos los datos visuales del Mediterráneo Occidental y Oriental, lo que se traduce en una falta de precisión con respecto a puntos concretos. Otro procedimiento para poder definir el régimen de oleaje es el basado en los métodos de previsión, a partir de los regímenes de viento; ello, unido a que los procesos eólicos constituyen una fracción ciertamente no despreciable en el conjunto de los litorales, hace necesario el adecuado conocimiento del régimen de vientos en el área de estudio.

3.1. Análisis de vientos

El régimen general viene condicionado por los siguientes factores de ámbito externo (7,10): a/ el frente polar; b/ los ciclones extratropicales del Atlántico Norte (70°) de emigración de W a E hasta su disolución en la llanura centroeuropea; c/ la franja anticiclónica situada en torno a los 30° en el mismo Atlántico Norte; d/ el carácter notablemente continental de la Península Ibérica; e/ la estacional área ligur de bajas presiones, muy móvil, y f/ el carácter predominante desértico del Norte de Africa, con su no menos móvil zona ciclónica. Del conjunto de todos ellos, los ciclones extratropicales son los que ocasionan los vientos más intensos, si bien su

influencia en las costas mediterráneas no alcanza, ni con mucho, la que tiene en la cantábrica y atlántica; en las primeras sólo cuando alcanzan Centroeuropa (los de alta latitud) dan intensos vientos de nordeste; los de menor latitud, cualquiera que sea su origen y los factores que los modifiquen, dan vientos no tan fuertes del sureste o del este.

Sobre este régimen general hay que tener en cuenta los vientos debidos al brusco gradiente térmico que siempre se establece en la interfase litosfera-hidrosfera y que constituyen las brisas

Para un análisis más concreto referido al área de estudio, se ha recurrido a los registros de los observatorios meteorológicos más próximos que, por su situación, vienen fuertemente afectados por las brisas, tal y como se ha podido verificar comparándolos con los datos de las Cartas del Almirantazgo Británico (12); ninguno de los puntos de observación de estas Cartas se puede considerar adecuado para estas costas, pero se ha propuesto una interpolación lineal entre los datos correspondientes a los dos puntos más próximos: uno al Sur, en el mar de Orán, en pleno fetch geográfico de las costas suratlánticas, y otro al Norte, en el Golfo de León, frente a las costas catalanas; para el Sur del óvalo se ha aplicado un coeficiente de 2/3 al primero y de 1/3 para el segundo, (7).

Aún cuando los vientos locales pueden afectar a los procesos litorales en forma directa, sobre dunas y bermas, o a través de la generación de corrientes, el efecto principal corresponde a los vientos que generan oleaje importante. Para la primera de estas acciones es válido el análisis de los registros y estos muestran un predominio de los vientos transversales a la costa, en cuanto a frecuencia de presentación; pero el recuento del número de temporales de viento que en once años superaron los 90 km/h de velocidad media, indica que estos corresponden a vientos marinos del largo; esto significa que, a los efectos de la incidencia en los fenómenos de transporte sólido litoral, se puede prescindir de la influencia local en una primera aproximación al problema.

De acuerdo con el procedimiento de interpolación antes indicado se ha determinado el régimen mensual de vientos del largo (7), a partir del cual se ha realizado, por previsión, el

correspondiente régimen direccional de Oleaje.

En el Otoño los vientos son poco intensos y muy repartidos direccionalmente, excepto el S.E. Esta excepción se acentúa y se extiende a la S. y, en menos medida, a los E. y SW., en invierno, en que crece la influencia de los vientos del cuarto cuadrante. En primavera se inicia el cambio de situación y se establece una fuerte alternancia de «levantes» (E. y, en menor grado, NE.) y de «ponientes» (W y, menos SW.), situación que se prolonga durante el verano, con dominancia progresiva de los primeros. Se evidencia así la importancia de las componentes NW y N, en primer término, y E y NE, en segundo, en las costas de Denia, todos los cuales generan oleaje productor de transporte litoral, paralelo y perpendicular. También son de destacar las componentes W y SW, con incidencia en las génesis y alimentación de bermas.

3.2. Régimen de oleaje y transporte sólido

De acuerdo con los planteamientos teóricos que fundamentan los métodos de previsión, y siguiendo el Método Integrado modificado (6, 7) se ha podido determinar los regímenes de Oleaje. En las figuras 2 y 3 se muestran, respectivamente, la definición sectorial del Fetch y los regímenes correspondientes a las direcciones marítimas. No se

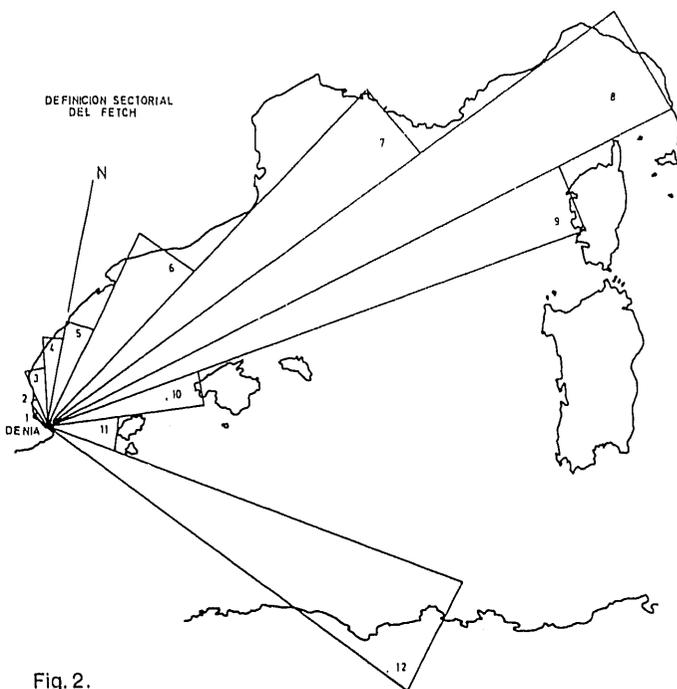


Fig. 2.

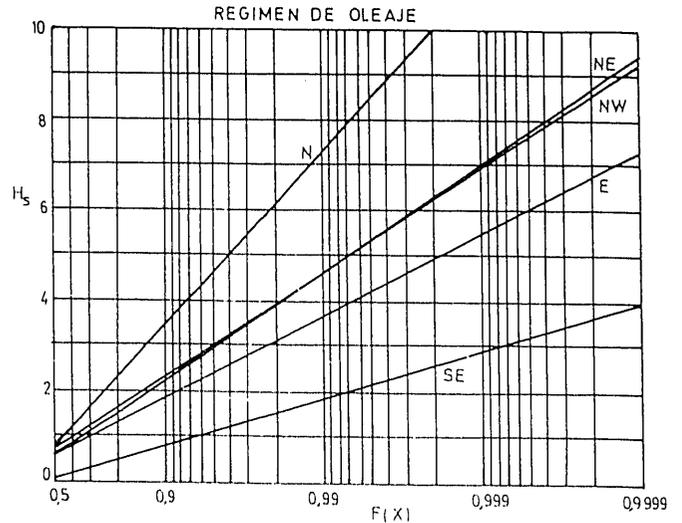


Fig. 3

consideran los que puedan llegar a estas costas profundamente difractados.

A partir de estos regímenes, y mediante la fórmula del CERC (2) se ha evaluado el transporte sólido litoral; dicha fórmula, expresada en unidades decimales viene dada por:

$$Q^l(\text{m}^3/\text{año}) = 2045 \times 10^3 \times f \times H_0^{5/2} \times (\cos \alpha_0)^{1/4} \times \text{sen } 2 \alpha_0$$

en la cual:

f = probabilidad de presentación de una altura de ola H_0 .

H_0 = altura de ola profundidades indefinidas.

α_0 = dirección del temporal en profundidades indefinidas.

El valor del caudal (Q) viene afectado por los coeficientes, K_0 , probabilidad de presentación de un oleaje en una dirección determinada, y K_1 , de configuración geométrica del sector.

$$K_0 = \frac{\text{n.º de observaciones del sector}}{\text{n.º total de observaciones} = 1.086}$$

$$K_1 = \frac{\text{ángulo real del sector}}{\text{ángulo teórico del sector} = 45^\circ}$$

Así pues, el valor de f se determinará a partir de:

$$f = (1-F_x) \cdot K_0 \cdot K_1$$

donde F_x se obtiene del correspondiente régimen de oleaje de cada sector. Tales

ESTUDIO DE LA COSTA Y PLAYAS DE DENIA

regímenes se consideran truncados en su extremo superior por la altura correspondiente a la máxima velocidad de viento realmente observada en el sector respectivo.

Para la determinación de los caudales (Q) se ha asociado a la costa una orientación única sensiblemente paralela al conjunto del tramo (figura 4). La perpendicular a dicha orientación se ha tomado como origen de ángulo para la fijación de los diferentes valores de α_0 . Se han considerado sólo cinco direcciones de incidencia correspondientes a otros tantos sectores (octantes o fracción), cuyo ángulo, α_0 , es el correspondiente a la media aritmética de los valores de los ángulos definidos por los dos radiovectores extremos del respectivo sector. El sector (octante) que engloba la dirección NE se ha subdividido en dos subsectores, con sus dos correspondientes valores de α_0 , de distinto signo, cada uno de los cuales se relaciona con un diferente sentido del transporte sólido paralelo a la costa.

Así, los valores de los diferentes parámetros para cada uno de los cinco sectores (seis direcciones) son los siguientes:

SECTOR: NW

Dirección: 90° (LCA)/ 48° (NNW) $\alpha_0 = 69^\circ$
 $K_I = 0,933$; $K_0 = 0,1185$
 $H = 0,0836 - 0,9830 \log(1 - f)$ $H_{0, \text{máx}} = 3,33$

SECTOR: N

Dirección: 48° (NNW)/ 3° (NNE) $\alpha_0 = 25,5^\circ$
 $K_I = 1$; $K_0 = 0,0867$
 $H = -0,4088 - 1,6523 \log(1 - f)$ $H_{0, \text{máx}} = 6,05$

SECTOR: NE

Dirección: 3° (NNE)/ 0° (NLCA) $\alpha_0 = 1,5^\circ$
 $K_I = 0,0667$
 Dirección: 0° (NLCA)/ -42° (ENE) $\alpha_0 = -21^\circ$
 $K_I = 0,9333$
 $K_0 = 0,1357$
 $H = -0,1532 - 1,0233 \log(1 - f)$ $H_{0, \text{máx}} = 7,30$

SECTOR: E

Dirección: -42° (ENE)/ -87° (ESE) $\alpha_0 = -64,5^\circ$
 $K_I = 1$; $K_0 = 0,1636$
 $H = -0,493 - 0,7983 \log(1 - f)$ $H_{0, \text{máx}} = 6,38^\circ$

SECTOR: SE

Dirección: -87° (ESE)/ -90° (LCA) $\alpha_0 = -88,5^\circ$
 $K_I = 0,0666$; $K_0 = 0,0629$
 $H = -0,2504 - 0,4501 \log(1 - f)$ $H_{0, \text{máx}} = 3,80$

Los oleajes del segundo cuadrante, de escasa entidad, sólo alcanzan estas costas

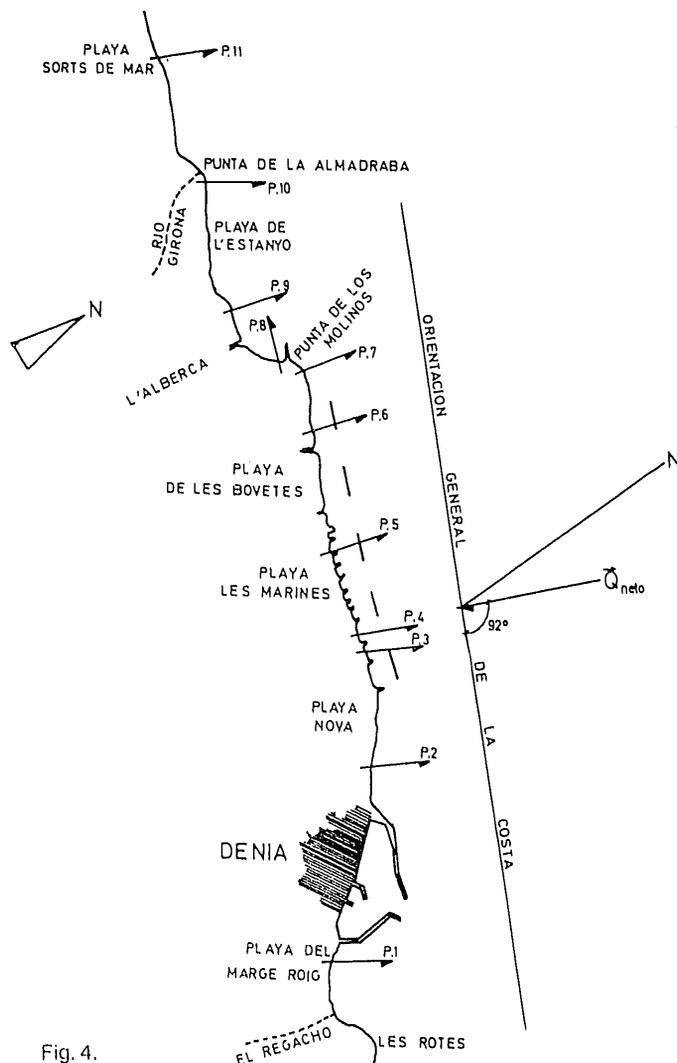


Fig. 4.

después de la difracción en los cabos de La Nao y San Antonio, induciendo una dinámica hacia el Norte poco importante y rápidamente decreciente, y afectada, además, por los diques del Puerto y por los bajos rígidos de estas costas.

Los oleajes del primero y cuarto cuadrante, sin embargo, inciden directamente, produciendo importantes fenómenos de transporte. Los del NW y N, siempre hacia el cabo (hacia el Sur); los del E siempre hacia el Norte (aunque los difracta en alguna medida el dique de Levante); y los del NE, en unos tramos hacia el Norte y en otros hacia el Sur, según su orientación relativa. Pero todos, en mayor o menor medida, establecen un transporte perpendicular para modificar el perfil transversal de equilibrio; las barras rígidas, relictas, frente a las playas, permiten con

ESTUDIO DE LA COSTA Y PLAYAS DE DENIA

facilidad el perfil de barra, pero dificultan el perfil de berma lo que, en ausencia de materiales suficientes, se puede traducir en regresiones de la línea de costa. A esto colaboran las edificaciones demasiado próximas a aquella, el efecto pantalla a los vientos terrales del conjunto de edificaciones, y la eliminación o reducción de dunas por la expansión de las urbanizaciones.

Con los parámetros anteriores se han obtenido los valores de la Tabla, en cuya última fila se representan los caudales anuales de transporte sólido, hacia el cabo los de signo positivo y hacia el norte los de signo negativo. En la figura 4 se ha realizado una composición vectorial para determinar una dirección de la resultante media anual del oleaje a los efectos del transporte sólido paralelo; cada vector componente viene definido por su correspondiente ángulo, α_0 , y la magnitud proporcional a su respectivo caudal (Q) inducido. Independientemente de la precisión y exactitud para esta costa de la formulación utilizada, tal composición puede ser aceptada porque se puede admitir en una primera aproximación que el grado de desconfianza

afecta en la misma proporción a todas las direcciones. El objeto de la operación no es tanto definir con precisión un valor para el transporte sólido paralelo neto, como una orientación de equilibrio dinámico. No obstante el valor así obtenido para dicho transporte neto ($Q_N = 183.875 \text{ m}^3/\text{año}$) (hacia el Cabo) es bastante significativo si se le compara con las obtenidas para tramos más al Norte en el Ovalo, en algunos de los cuales se alcanzan valores próximos al millón de $\text{m}^3/\text{año}$. Pero más destacable es el valor que se obtiene para el transporte bruto, que muestra una dinámica muy activa, con importante transporte en ambos sentidos.

Por todo ello, parece que la resultante media anual es casi perpendicular a la orientación media de la línea de costa, lo que podría indicar una situación próxima a la del equilibrio. El saldo neto hacia el Sur no empuja que en la mayoría de los puntos del litoral el transporte se manifieste en ambos sentidos a lo largo del año y que incluso, en algunos de ellos, el saldo neto puede ser hacia el norte, si tenemos en cuenta la variabilidad de la línea de costa.

TABLA TRANSPORTE PARALELO

H	Q_i (NW)	H	Q_i (N)	H	Q_i (NE)	H	Q_i (NE)	H	Q_i (E)	H	Q_i (SE)
0		0		0		0		0		0	
	1.588		954		10		- 1.772		- 2.880		- 2
0,5	14.888	0,5	10.993	0,5	96	0,5	- 16.942	0,5	- 23.998	0,5	- 11
1	32.105	1	29.128	1	212	1	- 37.271	1	- 46.002	1	- 13
1,5	44.770	1,5	49.912	1,5	301	1,5	- 53.026	1,5	- 57.139	1,5	- 10
2	50.109	2	69.126	2	347	2	- 60.974	2	- 57.028	2	- 6
2,5	28.246	2,5	84.352	2,5	351	2,5	- 61.776	2,5	- 50.443	2,5	- 3
3		3	94.635	3	327	3	- 57.543	3	- 40.941	3	- 2
3,33		3,5	100.000	3,5	287	3,5	- 50.485	3,5	- 31.298	3,5	- 1
		4	101.035	4	241	4	- 42.350	4	- 22.877	3,80	
		4,5	98.586	4,5	195	4,5	- 34.309	4,5	- 16.149		
		5	93.553	5	154	5	- 27.032	5	- 11.087		
		5,5	86.778	5,5	118	5,5	- 20.818	5,5	- 7.440		
		6	8.226	6	89	6	- 15.731	6	- 3.891		
		6,05		6,5	66	6,5	- 11.698	6,38			
				7	31	7	- 5.448				
				7,30		7,3					
$Q_{NW} = 222.166$		$Q_N = 827.278$		$Q_{NE} = 2.827$		$Q_{NE} = - 497.174$		$Q_E = - 371.174$		$Q_{SE} = - 48$	

4. RESULTADOS DE LA OBSERVACION

Para el estudio de las modificaciones recientes, cambios estacionales y situación actual de la costa, se ha podido disponer de una documentación poco habitual en nuestras costas, al menos en lo que se refiere a documentación histórica, que en torno al Puerto ha podido cubrir un período de dos siglos y medio, gracias a la encomiable labor del Archivo Histórico de la ciudad de Denia. Se han utilizado los mapas con las siguientes referencias: SGE/SH/338 (1735); MN/AH (1750) de A. Pilón; MN/AH (1789) de Al. Berlinguero; MN/AH (1807) de Ag. Berlinguero; proyecto del Puerto de 1895 de R. Yagüe; proyecto A. Corchón, de 1928. Además, varias copias sin referencia de 1765 (original en el Museo Británico), 1811 (correspondiente a un proyecto de fortificaciones), 1807, 1848 y 1855, entre otros de difícil datación. Aunque de precisión variable y siempre relativa, a lo largo de este período puede deducirse una cierta progresión de la línea de costa al Este del Puerto, aunque no es posible identificar los efectos de la actividad torrencial y litoral. Sin embargo, la estructura de los fondos próximos, que dificulta el acceso de los materiales desde aguas más profundas, permite suponer una débil acción litoral en este subtramo, excepto en lo que se refiera a la erosión de materiales consolidados.

Al Oeste del Puerto las modificaciones en la costa sólo están documentadas a partir de 1947, y a través de cinco vuelos fotogramétricos (1947, 1956, 1965, 1972 y 1977) que han permitido detectar avances y retrocesos más notorios. En la última década la regresión es general sin que las acreciones puntuales causadas por algunas obras costeras permitan relativizar su carácter.

4.1. Análisis de los perfiles realizados

El cambio en la orientación que se va produciendo en este tramo costero conforme se acerca a la barrera integral que supone el cabo de San Antonio hacía que, para alcanzar buena precisión, fuera necesario recurrir a una investigación puntual y detallada, a lo largo del mismo. De acuerdo con la ordenación litoral, se fijaron para ello 11 estaciones de perfilado y muestreo (Fig. 4). En la figura 5, a título indicativo, se ofrecen los perfiles núms. 1, 7 y 11.

En la playa de la Marineta Casiana (P.1) la

naturaleza de los fondos, rocosos, reconocida durante la primera serie de sondeos, mostró inútiles otras campañas posteriores. En este caso, además, se han podido reconstruir los datos del mismo punto, aproximadamente, correspondientes a Cartas de los años 1765, 1807 y 1895. Como era de esperar, por las características propias del área, la coincidencia entre perfiles es notable si se exceptúa el de 1765, lógicamente menos fiable, sobre todo si se tiene en cuenta la imprecisión en el traslado de puntos muy concretos de unos planos y cartas a otros.

De la forma de los perfiles y de la naturaleza de los fondos, se deduce una rasa sumergida, con escaso volumen de arenas en algunas zonas.

En Playa Nova (P.2) con objeto de alcanzar la profundidad adecuada (más allá de la barra móvil exterior), se debió progresar hasta casi dos kilómetros de la línea de costa. En este perfil se pudo apreciar la existencia de tres barras; la más próxima a la costa se sitúa a un metro aproximado de profundidad, la segunda de dos a tres metros y la más alejada entre cuatro y siete metros de calado. De los datos recogidos, se observó, además, que las variaciones estacionales más allá del kilómetro de la línea de costa son inapreciables, habiendo permanecido prácticamente inmóvil la barra arenosa exterior. Mayores variaciones han sufrido, entre fechas de perfiles, las otras dos barras: la primera se agudizó durante las calmas (entre mayo y octubre) para casi desaparecer con los fuertes temporales; por el contrario, la segunda barra, más extensa (entre los 500 y los 700 metros de la costa), y que se había suavizado con las calmas, se recuperó con el temporal.

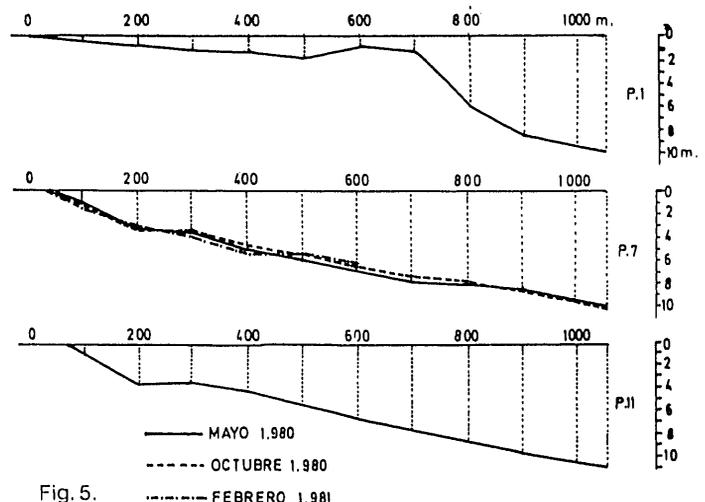


Fig. 5.

En la playa de Les Marines (P.3) se pudo observar que el retroceso de la línea de costa se frenó por las obras de defensa. No obstante, la variación de la pendiente en los primeros metros y la evolución producida en los perfiles desde 1970, mostraron que no por eso se había evitado la erosión, sino que ésta había progresado en el estrán y la playa sumergida. Este fenómeno puede determinar condiciones favorables a un posterior retroceso de la línea de costa. Se detectaron, asimismo, las dos primeras barras, siendo la exterior la que parece funcionar en respuesta a las acciones de oleajes intensos.

La playa de Les Marines (P.4), aunque menos claramente que la anterior, sufrió variaciones en su perfil en forma análoga. Se manifestó, asimismo, erosión en el estrán y en playa sumergida, aunque se detuvo el retroceso de la línea de costa, en parte por la aportación artificial de materiales.

En el quinto perfil (Bona Platja) se detectaron variaciones estacionales análogas a las de los perfiles anteriores, aunque aquí, por efecto del inmediato espigón, la acción de los temporales acreció ligeramente la playa en el arranque de aquél. Un proceso similar aconteció en Platja Bona (P.6), pero más acusado, ya que la segunda barra retrocedió unos 100 metros con los temporales. En ambos casos la barra exterior está suplida por una relictas.

En la Punta de Los Molinos (P.7) se observó como la barra exterior desaparecía entre mayo y octubre, en beneficio del perfil de berma; se rehizo con los temporales, en el mismo punto. El peculiar abrigo que el espigón que en esta punta existe proporciona al tramo de costa en el que se ubicaron P.8 y P.9 quedó refrendado por las escasas variaciones que en estos perfiles se produjeron, sobre todo en el primero de ellos. Por efecto de los temporales se produjo un desplazamiento de la barra mar adentro y una retirada de la línea de costa en el (P.10). Por último, en la playa de Les Deveses, (P.11), se realizó exclusivamente la primera determinación de perfiles, en razón de la evidente constancia de características en playa seca y en los primeros metros del estrán respecto del perfil anterior.

Del análisis global de los perfiles se dedujo que es notorio el juego transversal de las distintas playas, cuestión que resulta ser un factor muy importante en la estabilidad de los depósitos correspondientes.

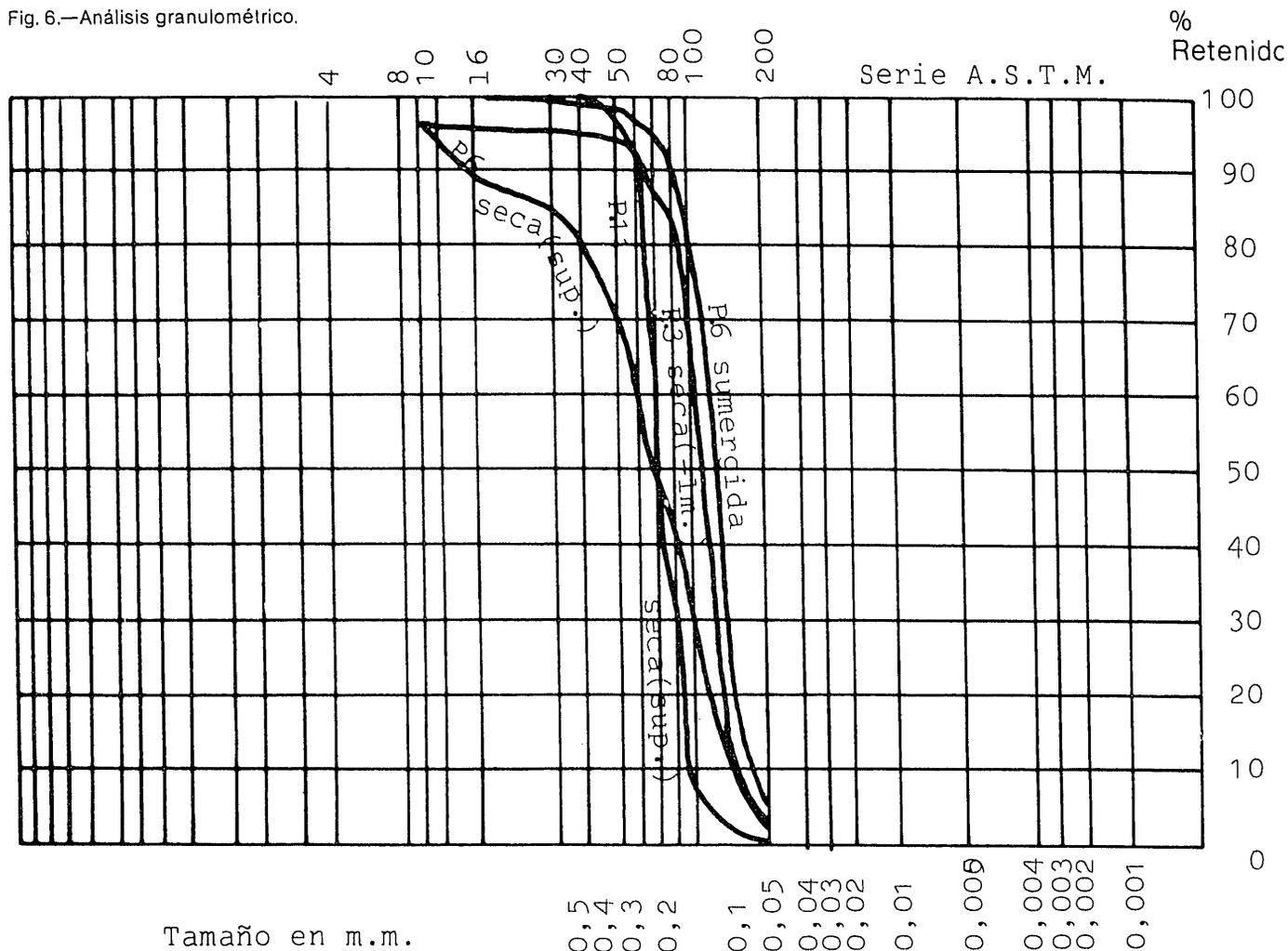
4.2. Deducciones de los análisis granulométricos

Los análisis granulométricos muestran variaciones en relación con la posición del punto de muestreo, pero también en relación con la profundidad y con la distancia. En el primer caso las diferencias se corresponden con otras en los análisis mineralógicos y están en relación con las fuentes de materiales y grado de exposición al ataque del oleaje; con la energía de este y con la procedencia y naturaleza de los materiales en tiempos anteriores se relacionan las variaciones con la profundidad; las diferencias con la distancia a la costa están en relación con el transporte paralelo y la posición de las barras relictas. En particular, los análisis granulométricos, figura 6, muestran el carácter deltaico de algunas muestras, confirmado por los correspondientes mineralógicos.

Las muestras analizadas correspondientes a P.1 denotaban una doble especie granulométrica, así como en algunos mostraban contaminación por arenas procedentes del P.2 y erosiones más recientes. En esta última estación también aparecía una ligera discontinuidad granulométrica equivalente a la de P.1 y, sin embargo, a 100 m. de la costa predominaban absolutamente los limos (95%). En algún nivel de playa seca se constataba, así mismo, la presencia de gravas, producto indudable del Barranco del Regacho.

En la playa de Les Marines (P.3) la capa superficial era de aportación; en los niveles autoctonos se reflejaba un aumento de tamaño del conjunto de la granulometría respecto de las muestras de P.2 aunque en playa sumergida seguía siendo predominante la fracción inferior a 0,075. Análogas características se presentaban en P.4 en la mayoría de los niveles, excepto en uno de ellos, profundo, en el que la alta proporción de finos parecía indicar una posición como fondo de playa sumergida en época anterior, lo cual se correlacionaba perfectamente con un nivel semejante en P.6. El resto de muestra de este último punto presentaba las características generales de los depósitos en estas áreas: inflexiones en las curvas granulométricas y composiciones muy influidas por aportaciones fluviales recientes, esto es, sedimentos deltaicos. No obstante, en este mismo P.6, a 600 metros de la línea de costa, el material

Fig. 6.—Análisis granulométrico.



obtenido correspondía al propio de la corriente litoral general.

En la playa de Los Molinos (P.8), las granulometrías obtenidas muestran alguna heterogeneidad en playa seca y las de playa sumergida denotan una combinación de todas las arenas del entorno.

De otra parte, en P.9 (playa de L'Estanyó) vuelven a ser, en cierta medida, anómalas y la presencia de una montera de gravas ha apoyado la hipótesis de la existencia, allí, de un antiguo brazo deltaico.

En el P.10 la playa seca estaba constituida por gravas y en la playa sumergida se ha detectado material que integra el transporte sólido general, al igual que el que se ha referido anteriormente (P.6-600).

Por último, en la playa de Les Deveses todas las granulometrías resultaban ser he-

terogéneas, pero con mayor presencia de finos (70%) en las correspondientes a playa sumergida. Aún con pendiente análoga a la curvas típicas de la muestras al SE de la Punta de La Almadraba (delta del río Girona), en conjunto las granulometrías de este perfil son algo más gruesas, lo cual permite suponer diferencias en el origen de alguno de los materiales componentes.

4.3. Deducciones de los análisis mineralógicos

Sobre las muestras cuya granulometría se investigó, se procedió a realizar, asimismo, su análisis mineralógico. En estos se han cuantificado los restos calizos orgánicos, cuarzos —en sus variedades blanca, gris y roja—, micas —biotita y moscovita—, turmalina y circón, únicos presentes en cantidades significativas (Fig. 7), ya que, además, los mi-

ESTUDIO DE LA COSTA Y PLAYAS DE DENIA

DENIA: VARIACION DE LA COMPOSICION MINERALOGICA A LO LARGO DE LA COSTA

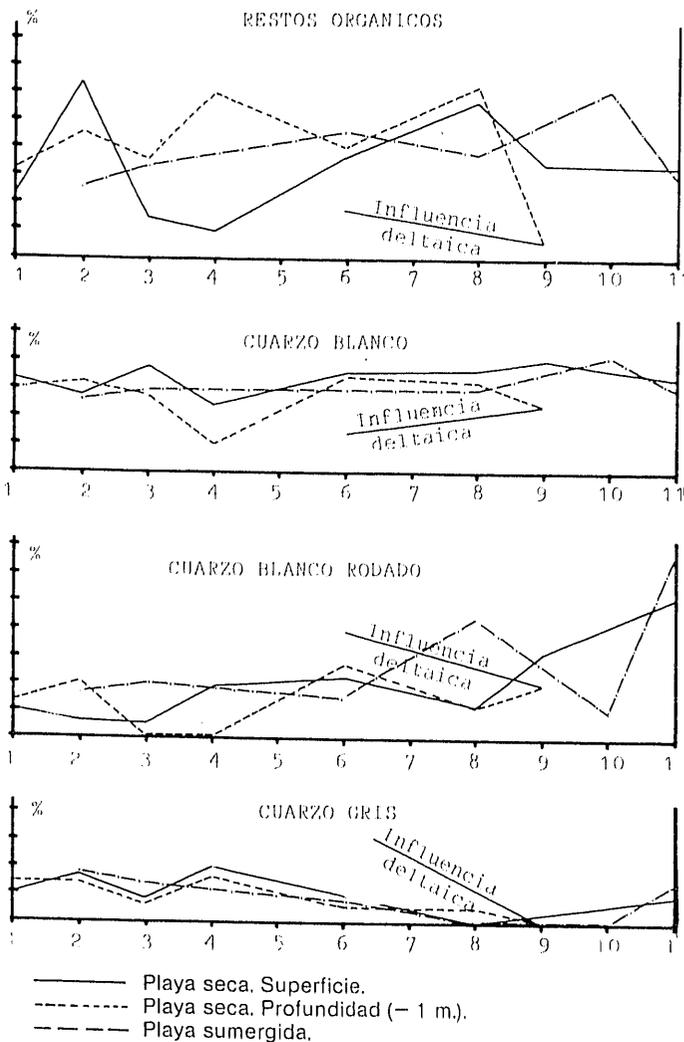


Fig. 7.

nerales densos en estas costas estaban ya catalogados (13).

a) Restos orgánicos

La observación de la serie de datos de las muestras obtenidas permiten destacar la abundancia relativa de estos restos en P.2 y P.8, y su escasez en P.1, P.3 y P.4. Estos últimos perfiles corresponden, a tramos en que existe una primera barra relictica próxima a la línea de costa. En P.3 y P.4 se producen carencias de restos orgánicos debido a los espigones. El exceso de restos orgánicos en las acumulaciones a barlomar de los espigones más largos, únicos que han ocasionado acreciones importantes (el de Poniente del Puerto y el de la Punta de los Molinos), no

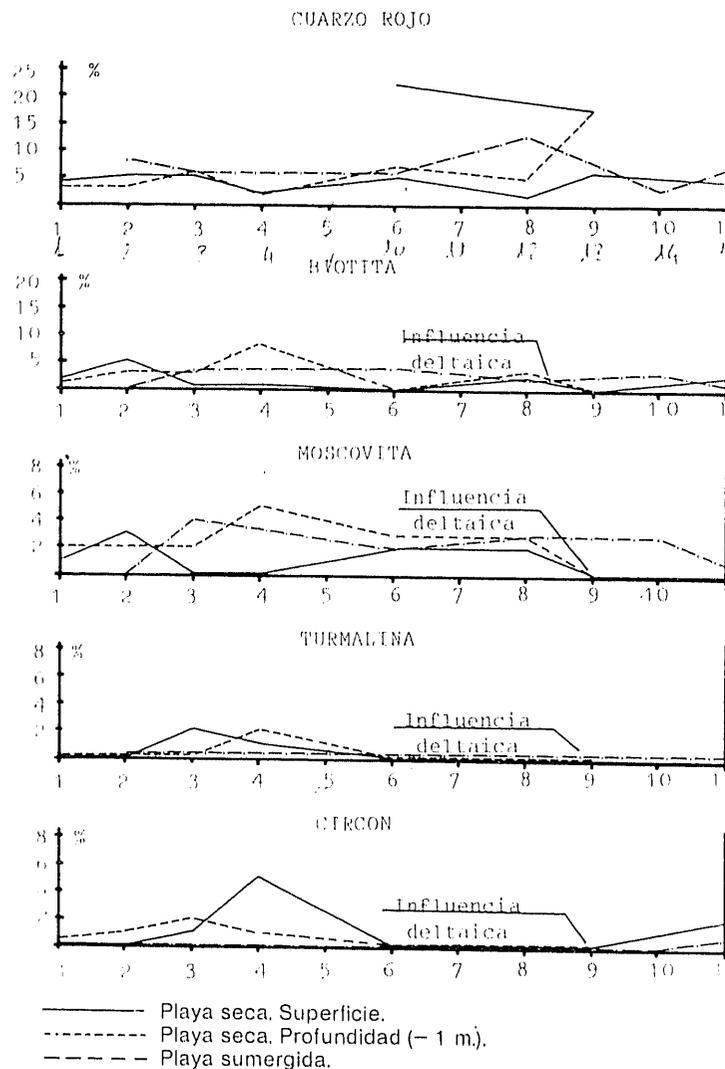


Fig. 7 bis.

hacen más que manifestar el transporte por arrastre de fondo. En niveles inferiores de playa seca se observa una superior homogeneidad en el contenido de restos orgánicos, con máximos en P.4 y P.8 y mínimos en P.6 y P.9, sin duda debidos a la influencia del ambiente sedimentario deltaico. La abundancia en P.4, que se acentúa con la profundidad, sólo se puede explicar por fenómenos ocurridos en una época anterior, en la que esta playa tuviese mayores dimensiones y depósitos de análogas características con espesores considerables. Sin duda, de tal playa originaria —o, al menos, antigua— proceden gran parte de los arenales que hoy configuran la playa Nova (P.2), así como los que forman la importante playa sumergida —en su zona más

allá de las rompientes—, que existe entre la Punta de La Almadraba y el cabo de San Antonio (P.6 y P.10).

Analizando ahora el contenido en carbonatos en la playa sumergida cabe señalar que no se aprecian grandes variaciones, aunque sí se puede observar alguna influencia local. Así, en P.10, frente a la acumulación de cantos rodados calizos del delta del Girona, se alcanza un máximo, que se mantiene, también, en P.6, en el brazo arenoso que existe entre las dos barras de tosca. Por contra, en P.2 y P.3, los valores son menores, quizás debido a las actuales condiciones de relativa estanqueidad en los puntos de muestreo.

b) Cuarzo

En general se observa una contraposición entre los cuarzos blancos y rojo por una parte, y el gris azulado por la otra. A lo largo de la costa en superficie de playa seca, las diferencias en el contenido de cuarzo blanco, sobre el total de material silíceo, son poco significativas, dado el elevado porcentaje de este componente en todos los perfiles. Sin embargo, se aprecia un ligero descenso en P.4, que se acentúa a niveles más profundos de la playa seca, pudiendo observarse en P.9 y en los ambientes considerados como deltaicos de P.6.

Tampoco son significativas las diferencias observables en la playa sumergida, ya que el aparentemente más elevado valor de P.10 pierde relevancia al observar el correspondiente a la muestra obtenida a 600 metros de la línea de costa en P.11. Es decir, la única anomalía importante se reduce a la correspondiente a los niveles inferiores de la playa seca de P.4, que coincide, además, con un alto contenido de restos orgánicos.

Pautas equivalentes se pueden observar en los porcentajes de cuarzo rojo, aunque, quizás, en este caso las variaciones tengan mayor significación. En la playa seca el P.4 vuelve a ser un mínimo a todas las profundidades. Los valores altos en algunos niveles de P.6 y P.9 pudieran ser consecuencia del ambiente deltaico ya indicado. El último de estos, quizá explique también el máximo que se alcanza en P.8, entre las muestras de playa sumergida.

Mayor ayuda interpretativa pueden dar los

contenidos de cuarzo gris, que varían claramente en contraposición con los del blanco. El mínimo que presenta aquel entre las puntas de la Almadraba y de los Molinos queda definido magníficamente en la gráfica correspondiente a las muestras sumergidas. Este hecho y la ausencia mismo de cuarzo gris en P.6 y P.9, parecen confirmar la hipótesis antes apuntada del ambiente sedimentario de tipo deltaico propio de los indicados niveles.

El hecho de que los contenidos de cuarzo rojo sean máximos en el ámbito de la bahía que limitan las puntas de la Almadraba y de los Molinos donde, precisamente, son mínimos los del grisazulado, así como, el enorme grado de erosión observable en P.4, y las tendencias generales, permiten avanzar la siguiente hipótesis de carácter general: de entre todos los materiales que se han encontrado en el tramo en estudio —y que han sido analizados—, los más antiguos deben ser los correspondientes a los niveles inferiores de P.4 que, en tal caso, serían representativos de los que configuraron la restinga, o serie de ellas, que se formaron a lo largo de esta costa en tiempos pretéritos, pero relativamente recientes; posteriormente la reducción en el suministro de material desde el Norte y la actividad deltaica local modificaron los equilibrios.

c) Otros minerales

Se distinguen con claridad dos agrupaciones de minerales —micas, por un lado, y turmalina y circón, por otro—, con tendencia a la exclusión de un conjunto por el otro. Tan sólo en la zona de espigones (perfiles P.3 y P.4), la dinámica erosiva, primero, y la aportación artificial, después, han determinado la abundancia conjunta de los minerales de ambos grupos, si bien a diferentes niveles se llegan a manifestar dominancias de cada una de las agrupaciones.

La turmalina y el circón tienen su origen, muy probablemente, en los materiales de aportación artificial. Sin embargo, así como la turmalina debe tener aquel como único origen, el circón puede proceder también de otras fuentes, particularmente de la erosión del escollero de espigones y diques o del transporte general paralelo, aunque en este caso, en cantidades muy bajas. El descenso de los porcentajes del circón y turmalina con la profundidad, en la playa seca, y

con la distancia a los indicados puntos de aportación, apoyan la hipótesis.

Otra consideración merecen las micas. Aunque en los gráficos se han recogido los porcentajes de las fracciones con contenidos moderados, fácilmente se evidencia lo siguiente:

- En la superficie de playa seca la biotita es escasa entre P.3 y P.10, excepto en P.8; la incidencia de las aportaciones artificiales está clara y apoyada por la ausencia adicional de la moscovita (P.3 y P.4), así como la influencia del delta, por los valores nulos de biotita en P.6 y P.9 (obsérvese que la moscovita sí está presente en las zonas de actividad deltáica más antigua, como en P.6).
- En niveles más profundos de playa seca las cantidades de ambas micas son mayores, y sobre todo en P.4, donde ha sido más fuerte la acción erosiva sobre arenales antiguos.
- En playa sumergida se detectan ambos minerales en cantidades apreciables, con un mínimo en P.11. Incluso, en este perfil disminuyen con la distancia a la costa.

Este conjunto de hechos puede ser el resultado de que estos minerales procedan casi exclusivamente de las antiguas restingas configuradoras de la actual línea costera, de donde hayan sido removilizadas por acciones erosivas posteriores, actuales o subactuales. Probablemente las áreas madre de la mayoría de estas micas están muy al Norte, quizá en los macizos alimentadores de las aportaciones sólidas del Ebro, desde donde se han podido trasladar hasta la zona en estudio, en períodos anteriores, cuando los determinantes del transporte litoral no eran los actuales, en especial por lo que se refiere a las acciones humanas y sus consecuencias. Últimamente es muy posible que las aportaciones se hayan reducido o, incluso, impedido, en función de algunas obras importantes, tanto interiores —algunas presas—, como litorales —el puerto de Valencia, por ejemplo—, que, sin duda, representa hoy una barrera total al transporte sólido litoral; si no con esta total eficacia, es probable que el Puerto de Valencia viniese suponiendo una muy importante barrera antes de su última ampliación, pero sus efectos sobre estas

costas no se habían manifestado entonces. Esta hipótesis estaría de acuerdo con la más general que atribuye a la actividad fluvial un papel importante en la génesis de las playas, recientemente defendida con buen criterio por Copeiro en estas mismas páginas (14).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del resultado de las investigaciones y el análisis global de la documentación y datos obtenidos, puede establecerse:

1. La costa de Denia que constituye el tramo final de la gran unidad fisiográfica que se inicia en el delta del Ebro, se caracteriza por la presencia sistemática de barras rígidas, cuyo origen parece estar en antiguas formaciones litorales que se han ido produciendo en un continuado y progresivo avance de la línea de costa, favorecido por una dinámica dominante de tendencia Norte-Sur, que ha actuado sobre un litoral sensiblemente rectilíneo, rematado hacia el Sur por la importante barrera del conjunto precuaternario de los cabos de San Antonio y la Nao. En estas circunstancias los resultados finales de la dinámica litoral vienen fuertemente condicionados por la indicada ordenación de los perfiles transversales. Las variaciones de estos perfiles alcanzan, así, importancia primordial, al existir un dominante neto del transporte sólido hacia mar adentro, consecuencia del efecto producido por las barras rígidas, y por las deformaciones de mayor potencia, que impiden la adecuada regeneración de los perfiles de berma.

2. La dinámica en el área de Denia tiene una resultante media sensiblemente normal a la orientación general de la costa. Sin embargo, es apreciable una cierta preponderancia de la componente hacia el Sur, creciente según se progresa hacia el Norte, en particular a partir de la playa de Les Marines. Esta situación, no obstante, sufre modificaciones de carácter local, en función de las orientaciones relativas de cada tramo concreto, pudiendo dominar ligeramente, en algunos puntos, la componente hacia el NW.

El puerto condiciona, también, la acción de determinados factores de la dinámica vigente, al modificar su resultante, al menos localmente. Esta obra explica algunas acumula-

ciones de material, como las que han originado la Playa Nova, así como ciertas erosiones, tales como las producidas en la playa de Les Marines, donde la presencia del puerto impide que el ciclo evolutivo se complete y que, en consecuencia, se produzca la oportuna regeneración de los depósitos.

3. Un factor de carácter general, aplicable a todo el litoral mediterráneo y, de modo más concreto, a la unidad fisiográfica a la que corresponden estas costas, es la sistemática reducción, en los últimos tiempos, de los aportes de tipo continental que constituyen, de hecho, los porcentajes mayores del transporte sólido costero. Las presas construidas en los principales ríos mediterráneos —en nuestro caso desde el Ebro hacia el Sur—, así como los aprovechamientos para riego y abastecimientos, realizados en estos cauces y en otros menores, han supuesto una disminución notable de los volúmenes sólidos que alcanzan el mar. Si a este efecto primordial se suma la reiterada construcción de obras portuarias y costeras, que en algunos casos llegan a producir el efecto de barreras absolutas —paradigma de los cuales es el puerto de Valencia— frente a la circulación de materiales sólidos, se explica la degradación de importantes tramos de costa, a los cuales no alcanzan —al menos con los requeridos— los necesarios elementos regeneradores de la erosión.

En el caso particular de las costas de Denia —situación que no es única a lo largo del óvalo valenciano— la existencia de las indicadas barras relictas, que impiden la recuperación de depósitos hacia la costa, acelera los efectos visibles de la erosión, al sumarse la carencia de materiales naturalmente aportados desde las áreas madre con la imposibilidad de retorno de los sedimentos trasladados mar adentro.

4. Los factores anteriormente expuestos, concurriendo en el momento actual, han determinado los variables procesos y situaciones que pueden observarse en esta costa:

a) Al Norte de la punta de la Almadraba existe un ligero retroceso de la línea de costa, que aún no es crítico, aunque pudiera llegar a serlo a medio o largo plazo, sobre todo si no se instrumenta el adecuado dispositivo que contrarreste los efectos del puerto deportivo de Oliva sobre el transporte neto hacia el

Sur, más notorio en esta parte del tramo.

- b) Entre la punta de la Almadraba y la de l'Estanyo la erosión observable es, por una parte, la propia de la formación deltaica y, por otra, la inducida por el espigón de los Molinos. Esta obra impide la acción de las dinámicas hacia el NW y, por consiguiente, los procesos de transporte en el mismo sentido.
- c) Entre las puntas de l'Estanyo y de los Molinos la acreción está causada por el mencionado espigón que, incluso, la facilita con dinámica hacia el NW, a costa de erosiones en las proximidades de la primera de las dos puntas citadas. El tramo alcanzará su estabilidad cuando los depósitos retenidos por el espigón lleguen a una situación de equilibrio, todavía lejana. Es este un claro ejemplo de obra inadecuada para los objetivos propuestos.
- d) En la playa de los Molinos, les Bovetes y les Marines la situación varía desde un relativo equilibrio, en algunas zonas, hasta ligeras inestabilidades y degradaciones acentuadas, en otras. Aunque la presencia del puerto puede tener una relativa importancia en los resultados, las regresiones observables vienen especialmente determinadas por la dinámica perpendicular a la línea de costa, según lo antes expuesto.
- e) La playa Nova es relativamente estable, aunque también queda afectada por la dinámica perpendicular. En este tramo y en el anterior se producen fuertes depósitos en la zona de rotura del oleaje, con formación de importantes sistemas de barras. Estas colaboran con otras más antiguas, de carácter rígido, impidiendo el libre juego de los perfiles transversales.
- f) A levante del puerto la dinámica resulta muy disminuida por la presencia de los bajos y por el propio puerto. Se produce erosiones muy lentas de la costa, con aportes inexistentes en la práctica.

5. En razón de todo lo anterior está hoy generalmente admitido (2) que ni la defensa de ribera ni los espigones transversales son soluciones aceptables para la protección y regeneración de costas con las características de las aquí estudiadas, al menos si no se

acompañan de acciones complementarias que produzcan alimentación adicional. Más en línea con el uso actual y futuro de esta costa y corroborando una reciente propuesta en estas páginas (14), parecen estar diques exentos inductores o soportes de tómbolos o hemitómbolos.

Teniendo esto último en cuenta, y a la vista de las conclusiones anteriores se avanza unos esquemas de posible actuaciones específicas para la protección y conservación y, en su caso, regeneración de las playas de este tramo costero, varias de las cuales ya están en marcha.

1. Límite septentrional del término hasta la punta de la Almadraba:

- Control de las actuaciones urbanísticas, restringiendo, si es posible, el índice de ocupación del suelo y ampliando las distancias entre las edificaciones y la línea de costa.
- Análisis de los posibles impactos producidos por el puerto deportivo de Oliva, comprobando la eficacia de las soluciones propuestas.

2. Entre las puntas de la Almadraba y de los Molinos, debería adoptarse alguna de las medidas alternativas que se proponen a continuación:

- Eliminar totalmente el espigón de los Molinos para establecer la situación originaria, más adecuada que la actual, o,
- suprimir, en arranque y morro, parte del dique, con objeto de conseguir una cierta aproximación a la solución anterior y, al mismo tiempo, evitar la desaparición total del embarcadero, o,
- acortar la longitud del dique de los Molinos por el morro, para restablecer los efectos de la dinámica hacia el Norte y, en consecuencia, paliar la erosión en la Almadraba, o,
- Dejar la obra de los Molinos en su estado actual y esperar a que se alcance la situación de trasvase de material por delante del morro. Con ello la playa de la Almadraba seguirá degradándose hasta entonces.

3. Entre la punta de los Molinos y playa Nova:

Recarga artificial en las zonas más degradadas.

— A mayor plazo construcción de diques longitudinales exentos y aportación artificial en la zona adecuada, para acelerar el proceso de formación de tómbolos (Fig. 1).

4. Playa Nova:

— No se recomienda ningún tipo de actuación directa, quedando como posible el dragado de arenas para su empleo en aportaciones artificiales en otras zonas.

5. Entre el puerto y Les Rotes:

- Establecer playas de arena o grava mediante las oportunas recargas de material, con la idea de que tales aportaciones deberán repetirse cada vez que la erosión lo exija.
- Remodelar totalmente la zona mediante una obra longitudinal entre el puerto y Les Rotes, estableciendo playas menores hacia el exterior, dentro de un marco general de suficiente amplitud que justifique la obra.

BIBLIOGRAFIA

1. DIEZ, J. J.: «La ordenación de las costas y la dinámica litoral. Referencias al País Valenciano». Lección inaugural. Universidad Politécnica. Curso 1981-82. Valencia, 1982.
2. US ARMY CERC.: «Shore Protection Manual». 1975. Vol. I.
3. COPEIRO, E.: «Los ritmos naturales de nuestras playas». *Rev. O. P.* n.º 3.157, págs. 361-377. Madrid, Mayo de 1978.
4. SUAREZ BORES, P.: «Formas costeras estables». 2.º Curso de Análisis y Gestión del Medio Litoral. Col. Ing. Caminos. Madrid 1974.
5. KING, C. A. M.: «Beaches and Coasts». 2ª Ed. Arnold. London 1972. pág. 403-417.
6. SUAREZ BORES, P.: «Earth dam wave Protection». Commission International des Grandes Barrages. Q 36; R. 50. Montreal 1970. págs. 869-902.
7. DIEZ, J. J.: «Bases para el análisis de la Dinámica Litoral del País Valenciano» *Rev. O. P.* Enero de 1982. Madrid.
8. MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA: Mapa Geológico Nacional de España. E. 1:50.000. 2ª Serie. Núms. 796, 822 y 823.
9. MOPU: «Plan Indicativo de U. del L. Provincias de Valencia y Alicante». Madrid 1975.
10. HOGBEN, N. y LUMB, F.: «Ocean Waves Statistics». *Nat. Phys. Lab.* V. K. 1967.
11. SUAREZ BORES, P.: Informe y Anteproyecto para las playas de Barcelona. (Sin publicar).
12. BRITISH ADMIRALTY. ROUTING CHARTS. North Atlantic Ocean. London 1968.
13. ALONSO, J. J. y PEREZ MATEOS, J.: «Los arenales costeros del Levante español». CSIC I. Edafología. Madrid, Mayo de 1961. Págs. 155-177.