

## COMENTARIOS al artículo «Playas y obras costeras en España», de E. Copeiro, publicado en el número de agosto de 1982.

Por CARLOS GARAU Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

En el artículo publicado por E. Copeiro en la Revista de Agosto de 1982, se vierten una serie de juicios sobre mi artículo titulado «Hacia una valoración del papel que juegan los condicionantes de caudales sólidos en la estabilidad de una playa» (mayo de 1981) que me considero obligado a replicar.

Desearía que estas discusiones sirvieran de ayuda a quienes se interesan por la problemática de las playas, y que las discrepancias fuesen germen de un positivo avance en nuestros conocimientos y no motivo de rencillas personales.

Voy a limitar la réplica a lo que me parece un mínimo indispensable, y para no repetirme basaré en la misma numeración de citas de las páginas 546 y 547.

1.—Dice E. Copeiro: (pág. 534) «Se ha argumentado en (4) y (33) que la influencia de los aportes sedimentarios del Tordera es muy reducida en el espacio de modo que apenas llega a Arenys de Mar.»

De esta afirmación sólo es mía la parte no subrayada. El resto es diametralmente opuesto a lo expuesto por mí y por el Laboratorio de Puertos. ¿Qué quiere decir reducida en el espacio? Si quiere decir *reducida en relación a la longitud de la unidad fisiográfica*, entonces sí sería correcto la interpretación de lo expuesto por mí, pero en absoluto puedo suscribir la frase: *de modo que apenas llega a Arenys de Mar*, cuando precisamente lo que se afirma en (4) y en (33) es que en las zonas de Canet y de Arenys, se están produciendo acumulaciones a un ritmo muy superior al de aportaciones del Tordera, a costa de las erosiones que experimenta la playa de Malgrat.

2.—Dice E. Copeiro: (pág. 534) «el análisis presentado en (4) adolece de confundir ritmos transversales y longitudinales de las playas con fenómenos de transporte neto longitudinal, organizando la mezcla resultante mediante un modelo de estabilidad de las playas que pivota sobre el desgaste de la arena por la acción del mar.»

En la primera parte sobre la confusión de ritmos es una simple opinión, diré simplemente que la mía es la contraria. Si hay razones

superiores a las de una simple opinión, debería aportarlas, para posibilitar la discusión franca. Pero en la segunda parte demuestra que no ha captado el contenido de lo expuesto en (4) y lo interpreta erróneamente, a pesar de la aclaración que expresamente se hace en el último párrafo del punto 10 de (4) (R.O.P. Mayo 1981 pág. 357), que se reproduce a continuación:

«Conviene recalcar que, entre las hipótesis simplificativas admitidas en el presente intento de encontrar unos indicativos sencillos y rápidos para estimar el papel que juegan las cuencas alimentarias en la estabilidad de una playa, la cuantificación hecha en las expresiones (1) y (9) es probablemente la más aventurada. Sin embargo, aporta una orientación muy valiosa para calibrar el orden de magnitud de algunos problemas. El contraste con casos históricos similares permitirá reajustar estos valores y comprobar la eficiencia de la teoría. Por otra parte, el error que su modificación puede introducir en las otras estimaciones, es relativamente pequeño.»

En nada se desvirtuaría la utilidad del índice de cuenca alimentaria con la hipótesis extrema de que la tasa anual de abrasión y pérdidas hacia altamar fuese nula ( $T_a = 0$ ). Veamos con más detalle las variaciones que introduciría respecto a los índices obtenidos en (4). (Cuadro 1).

Queda claro, por lo tanto, que los razonamientos sobre el Índice de cuenca alimentaria (4) «no pivotan sobre el desgaste de arena por la acción del mar», sino todo lo contrario. Precisamente se pone de relieve la escasa importancia de la correspondiente tasa. Admitir su anulación no hace sino simplificar los cálculos y los razonamientos.

Quiero expresar, pues, aquí, mi conformidad con la afirmación de E. Copeiro de que la tasa de abrasión es despreciable. Insisto en que si la tuve en cuenta en (4) fue para considerar uno de los mecanismos descritos por muchos investigadores, que podrían explicar la hipótesis de sumidero capaz de «consumir» cierta parte de las aportaciones fluviales. Con ello pretendía salir al paso del argumento

## COMENTARIOS A ARTICULOS PUBLICADOS

	Hipótesis hecha en (4)	Hipótesis de abrasión nula	Expresión
$(I_{CA})$ mínimo	25 (km <sup>2</sup> cuenca/km. playa)	0	(1)
$T_{ac}$	$(I_{CA} - 25) \times 0,001476$ (m/año)	$I_{CA} \times 0,0012$ (m/año)	(2)
$T_{re}$	0,0369 (m/año)	0	(3)
$T_{\Delta S}$	1,476 (m <sup>2</sup> /año/km <sup>2</sup> cuenca)	1,2 (m <sup>2</sup> /año/km <sup>2</sup> cuenca)	(4)
$\Delta_s$	$(S_c - 25 \times L_p) \times 1,476$ (m <sup>2</sup> /año)	$S_c \times 1,2$ (m <sup>2</sup> /año)	(5)
$T_{ac}$	$\frac{S_c - 25 \times L_{pl}}{L_{P2}} \times 0,001476$ (m/año)	$\frac{S_c \times 0,0012}{L_{P2}}$ (m/año)	(6)
$h_p$	15 (m.)	15 (m.)	(7)
$T_{\Delta V}$	22,14 (m <sup>3</sup> /año/km <sup>2</sup> cuenca)	18 (m <sup>3</sup> /año/km <sup>2</sup> cuenca)	(8)
$T_a$	0,5535 (m <sup>3</sup> /año y m.l. playa)	0	(9)

contrario al que esgrime ahora E. Copeiro, es decir, que dicha tasa pudiese ser importante. El valor dado en el punto 4.1. de (4) era un máximo, pues según el cuadro IV (pág. 353) 25 km<sup>2</sup>/km era el índice de una playa (la de Lloret) que se puede considerar volumétricamente estable, mientras que los índices inferiores que aparecen en aquel cuadro, corresponden a playas cuya cuenca alimentaria ha sido disminuida artificialmente.

Diversos estudios realizados y datos obtenidos con posterioridad a la preparación del artículo (4), me han confirmado que en playas de arena es prácticamente despreciable la tasa de abrasión por la acción del oleaje, tal como implica lo expuesto en la conferencia que, tocando este tema, di el día 4 de octubre en el Primer Cursillo de Puertos e Instalaciones Deportivas, organizado por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en Palma de Mallorca. Los valores que allí proponía para  $T_{\Delta V}$  son los siguientes:

	Tipo de cuenca alimentaria	$T_{\Delta V}$ (m <sup>3</sup> /año/km <sup>2</sup> )
1	Terrenos calizos sin depósitos de materiales granulares.....	10
2	Terrenos medios.....	20
3	Terrenos con alta proporción de granitos descompuestos o de depósitos de otros materiales granulares.....	30

Como ejemplo del tipo 2 tenemos las cuencas Fluvia-Muga y la del Llobregat. Como ejemplo del tipo 3 están precisamente las cuencas del Maresme desde el Besós al Tordera. Los valores del Llobregat y del Maresme han sido obtenidos en el estudio que se menciona más adelante. El valor dado al tipo 1 es una simple sugerencia. Espero que nuevos

estudios permitan mejorar estas estimaciones, como ya indicada en (4).

3.—Dice E. Copeiro (pág. 539): «Quizá como ejemplo ilustrativo de sus tesis, C. Garau argumenta en (4) que las arenas del Ebro nunca han salido de su delta. Esto es imposible. La inclinación de la resultante energética del oleaje tiene sobre la línea de costa una proyección que se dirige siempre hacia el Cabo de San Antonio...»

Varias consideraciones merece este párrafo.

En primer lugar, debo aclarar que mi afirmación de que las arenas nunca han salido de su delta lleva implícito el supuesto de que hablamos de la situación del nivel del mar en su estado actual, y de que ya se han iniciado las flechas, es decir, «nunca desde que el nivel del mar alcanzó el nivel actual y el delta había iniciado el desarrollo de las flechas del Fangar y de la Baña, cuyos extremos han ido creciendo con el tiempo pero que han constituido y constituyen el final del transporte longitudinal de sedimentos constitutivos de playa.»

Lo que ha pasado en situaciones anteriores escapa de mis análisis, pero bien podría el Ebro haber alimentado el óvalo valenciano hace 3.500 años, cuando el nivel estaba unos 4 metros más bajo y la formación deltaica era muy diferente de la actual.

Si mis cálculos son acertados, la última elevación del nivel del mar se produjo alrededor del siglo VI antes de Cristo, momento en que prácticamente se alcanzó la cota actual. Esto significa una pequeña corrección de la curva de C. Migniot y J. Lorin, que se reproduce en la Figura 1. La tabla 1 que se menciona en ella se confeccionó con motivo de un estudio realizado para desentrañar la Geomorfología Reciente y los procesos lito-

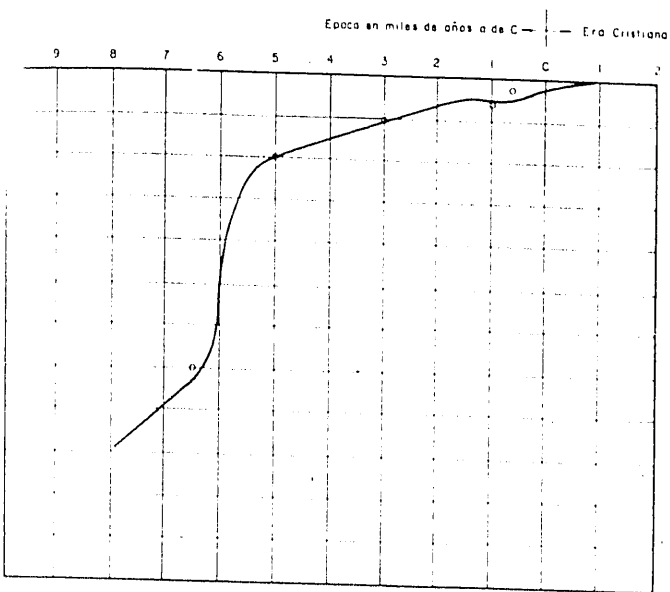


Figura 1. Variación del nivel del mar en los últimos 12.000 años.  
— Según C. Migniot y J. Lorrain (La Nature, París, Mayo 1974).  
o Datos de la Tabla I.

su parte no afectada por las sucesivas desembocaduras que es la zona de arranque de ambas flechas se formó bajo la tendencia a orientarse contra la resultante de los oleajes. Obsérvese que la barra del Trabucador y el arranque de la flecha de El Fangal forman  $30^\circ$  respecto de la ola correspondiente al temporal de dirección igual a la bisectriz. (Ver la figura 2, en la que también se indican varias desembocaduras del río: A) Eucaliptus; B) Zaída; C) Gola Sur; D) Cabo Tortosa, que era el cauce principal en la situación recogida en la figura 2, y E) Gola Norte, que es el cauce actual, posterior a los datos de dicha figura 2.)

En la figura 2 también se refleja la batimetría del delta del Ebro, distinguiéndose los tres elementos fundamentales de una formación deltaica: la cubeta de apoyo, la base de la playa (formada con sedimentos de tamaño inferior a los constitutivos de playa) y la playa activa (que se podría definir por zona de sedimentos con  $D_{50} \gg 0,1$  mm.). Por si existe alguna duda sobre el escaso o nulo paso de arena desde el frente deltaico hacia el Sureste, en la figura 2 se indica el canal realizado por Cementos del Mar, en Alcanar, cuyo comportamiento confirma mi aserto, pues a pesar de constituir una rotunda trampa de arenas, no se han apreciado aterramientos.

En la figura 3 se indican las cuñas de temporales, así como la bisectriz obtenida en la figura 2. Obsérvese cómo bien puede corresponder a la resultante y que, además, coincide sensiblemente con el temporal dominante.

4. Dice E. Copeiro (página 540): «Las dos citas presentadas por C. Garau en su artículo (4) que consideran mínimo el papel de los aportes fluviales actuales en la dinámica de las playas...», y a continuación pasa a exponer opiniones dispares sobre el tema.

No quisiera que este tema se debatiera a nivel de opiniones sobre un posible balance a lo largo de todas las costas del mundo, y menos que el resultado del balance se pretendiese aplicar a los casos concretos. ¿Acaso en mi artículo (4) pretendo restar importancia a las aportaciones actuales de los ríos, cuando la tienen? ¿Por qué trata E. Copeiro de tergiversar lo que quiero decir? Yo no pretendo hacerle quedar mal. Yo lo que busco es la verdad científica, y si me ayudan a corregir los errores, aunque, como a todo el mundo, me duela reconocerlos, lo agradeceré. Lo que pretendía en (4) es ayudar a dar el

rales desarrollados en las playas de Barcelona, comprendidas en el tramo Garraf-Blanes.

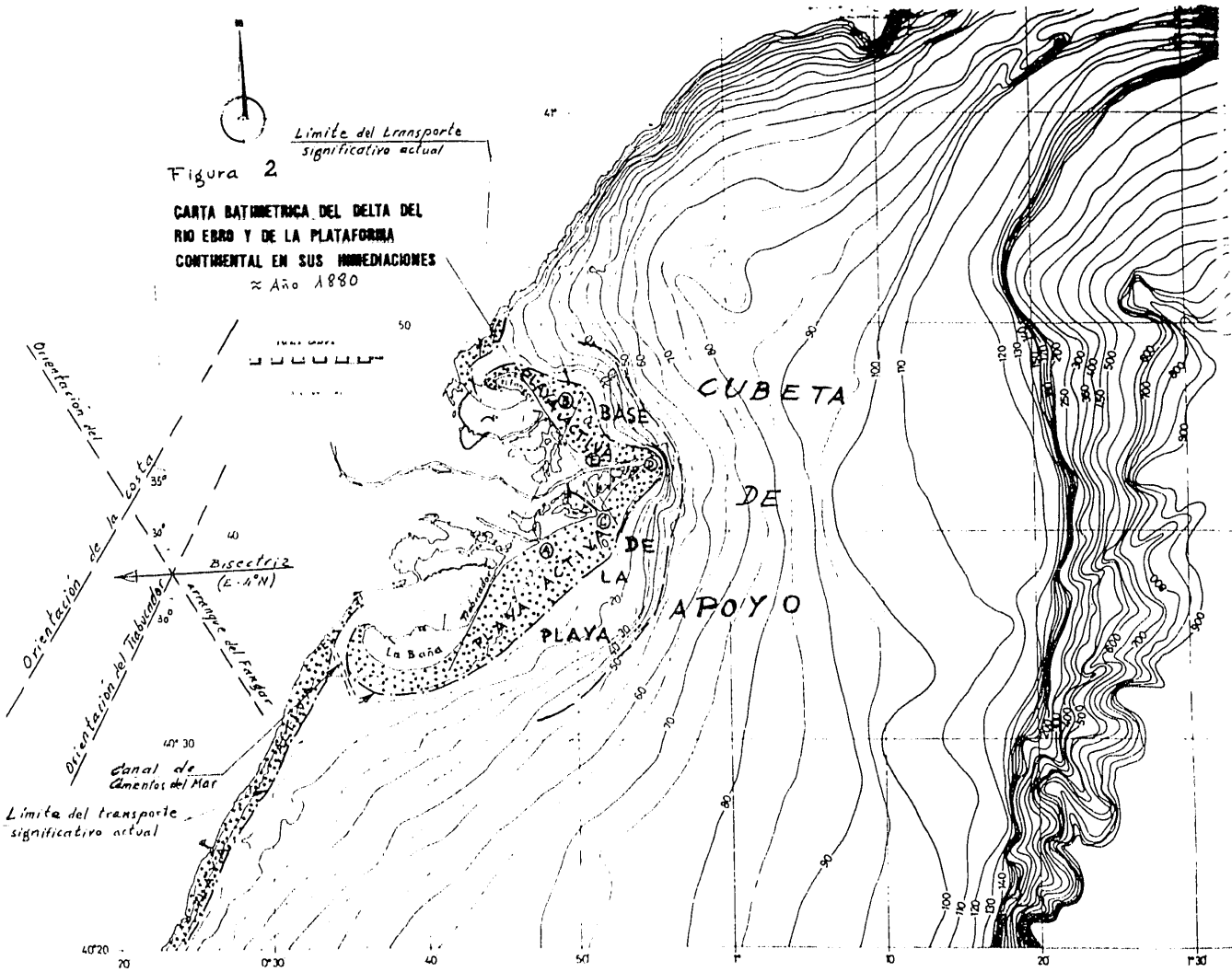
¡Cuántos errores se cometen en la interpretación de los procesos litorales por no tenerse en cuenta las variaciones del nivel del mar en el pasado!

En segundo lugar, estimo conveniente puntualizar esta afirmación de que la resultante energética del oleaje presenta una inclinación tal que su proyección se dirige *siempre* hacia el cabo de San Antonio.

Dicha resultante tiene, en el delta del Ebro, una orientación que coincide sensiblemente con la bisectriz del delta. En las playas del delta izquierdo, su proyección se dirige evidentemente hacia la izquierda, es decir, hacia el noroeste. Probablemente en la disimetría de extensión de ambas flechas tienen más importancia las vicisitudes de la desembocadura del río (\*) que la presunta disimetría de la resultante respecto a la bisectriz del delta. En realidad, la bisectriz del frente deltaico forma un ángulo de unos  $35^\circ$  respecto a la orientación de la normal a la costa.

Es lógico suponer que el frente deltaico, en

(\*) Dada la actual disposición de la salida «E», es probable que en un futuro no muy lejano, el crecimiento de El Fangal alcanzase la costa, convirtiendo la bahía en una laguna si no se alteran artificialmente los procesos.



isto valor al tema, sacándolo del estéril limbo de las opiniones. Y si aporté opiniones en (4) era exclusivamente para contrarrestar las que se habían vertido en (5), es decir, para evitar priorismos injustificados.

Lo que sí afirmo es que en el caso concreto del Maresme, los aportes del Tordera han sido muy inferiores (del orden de 25.000 m<sup>3</sup>/año antes de efectuarse extracciones) a los caudales netos que transportaba la acción de los oleajes (del orden de 211.000 m<sup>3</sup>/año frente a la ciudad de Barcelona), desde siglos antes del año 1439, en que se inició la primera obra del Puerto de Barcelona. Durante otros cuatrocientos cuarenta y ocho años (aproximadamente), este ritmo de transporte se mantuvo, produciendo la desesperación de los barceloneses, que tuvieron que desistir de su empeño durante largos períodos (algunos de hasta sesenta años de paralización de las obras portuarias). Pero alrededor del año 1887 el caudal de transporte que llegaba a Levante del puerto de Barcelona disminuyó drásticamente, pasando a ser de unos 68.000 m<sup>3</sup>/año (sensiblemente las aportaciones de los ríos Besós, Tordera y rieras del Maresme) hasta que en los años 1947 (aproximadamente) pasó a ser prácticamente nulo.

La anulación del caudal de transporte en los años 40/50 tiene una explicación fácil: la interrupción del transporte litoral por el puerto de Arenys de Mar (iniciado en 1923); las obras de estabilización litoral del tramo Arenys-Barcelona, y las extracciones de áridos del Besós.

¿Pero cómo explicar la drástica reducción

de un caudal de 211.000 m<sup>3</sup>/año a un caudal de 68.000 m<sup>3</sup>/año mediante un proceso natural?

Para descifrar este enigma, que antes simplemente intuía, he desarrollado el mencionado «Estudio de la geomorfología reciente y de los procesos litorales de Barcelona», a través del cual he podido cuantificar (con cierto margen de error, ¡qué dudá cabe!) los datos, plantear el problema y explicar los procesos. Espero poderlo publicar algún día, a pesar de su complejidad y extensión.

Su interés no se limita a la luz que aporta sobre los múltiples y diferentes problemas que presenta este tramo de litoral (alteraciones del delta del Llobregat, erosiones de las playas de Levante de Barcelona, deficiencia alimentaria del bajo Maresme, basculamiento del alto Maresme). Este tipo de proceso natural, lento pero implacable, desarrollado durante siglos y derivado de los cambios inherentes al último ascenso del nivel del mar, puede muy bien ser causa de graves problemas en otras áreas costeras del mundo.

Su diagnóstico correcto es el único camino para adoptar, cuanto antes, las adecuadas medidas correctoras.

5. Habla, finalmente, E. Copeiro (página 544 en adelante) de la modificación del paisaje. Sus afirmaciones sobre el tema son acertadas y en líneas generales las suscribo. Pero si bien las soluciones técnicas deben atender esencialmente a consideraciones de tipo estético y paisajístico, éstas, a mi juicio, no deben mezclarse con las discusiones sobre la interpretación de los fenómenos físicos.

## COMENTARIOS AL MISMO ARTICULO

Por **J. JAVIER DIEZ**

Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos.  
Catedrático de Puertos. Valencia.

Si se me ocurre acudir al comentario de este artículo es sobre todo por la satisfacción que me ha producido su lectura, satisfacción de naturaleza profesional y científica bien que, sin duda, exaltada por el afecto que me une desde mucho tiempo a su autor.

Quisiera, sin embargo, abundar en algunas de las proposiciones contenidas en el artículo.

En primer término, merece la pena desta-

car la afirmación: «Amenudo la prolongación del dique de estos puertos (Barcelona, Valencia, Castellón, Burriana) ha tenido como un objetivo de primer orden el contener más la corriente sedimentaria». En efecto, pudiera parecer en principio que este tipo de actuaciones han venido exigidas por el incremento del tráfico y el crecimiento de los buques y sin embargo ha sido frecuente el caso en que se producían sin tales exigencias. En estos ca-