

EL LITORAL DEL OESTE DE CARTAGENA

POR

FRANCISCO LOPEZ BERMUDEZ

1. LAS CONDICIONES GEOLOGICAS

1. 1. *Los materiales.*

El estudio geológico del sector litoral que estudiamos (Lám. I, fig. 1), muestra una gran complejidad. La falta de fósiles en los estratos origina cierta imprecisión en la cronología, a lo que se une el intenso metamorfismo y las acciones diastróficas que han alterado y modificado la naturaleza y disposición de los materiales; éstos presentan tanta variedad de caracteres que dificultan su determinación, por lo que ha habido que relacionarlos con otras bandas estratigráficas bien definidas.

En este sector litoral se han podido apreciar los siguientes sistemas, los cuales ordenamos cronológicamente (gráf. 1). En las inmediaciones de La Parajola aparece el estrato-cristalino de origen paleozoico, representado por un conjunto de pizarras, calizas, cristalinas y micacitas. En conjunto, estos materiales muestran grandes cambios de dirección y buzamiento, siendo frecuente la presencia de capas completamente retorcidas que la denudación ha puesto al descubierto. Las calizas cristalinas, aunque sólo aparecen en pequeños manchones, tienen gran importancia respecto a la tectónica, presentándose en fajas de pequeño espesor. El estrato cristalino constituye el núcleo de la cadena costera.

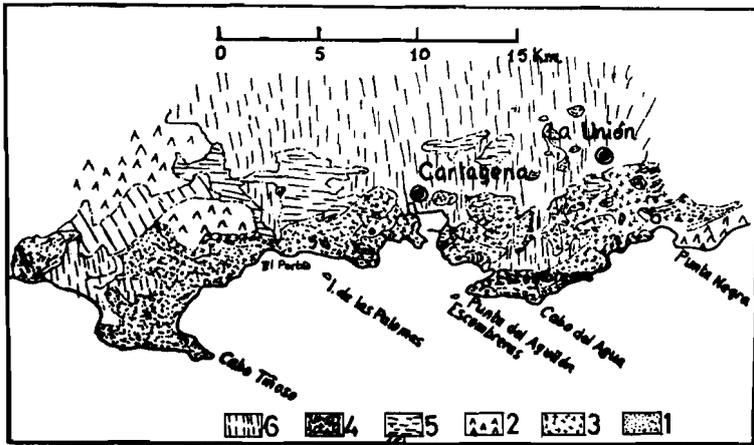


Gráfico 1.—Croquis geológico del sector litoral.—1. Rocas intrusivas.—2. Paleozoico.—3. Permiano.—4. Triásico.—5. Mioceno.—6. Plioceno y Cuaternario.

Al Pérmico pertenecen un conjunto de pizarras arcillosas, filitas grises o verdosas, margas de color violáceo y algunas areniscas y cuarcitas que, apoyándose sobre el estrato-cristalino, aparecen metamorfoseadas en algunos puntos en “láguenas” de color violáceo-grisáceo característico y tacto talcoso. Las láguenas que proceden sobre todo de las pizarras cristalinas y de las filitas, están constituidas principalmente por cuarzo, talco, caolín y óxidos de hierro y manganeso que les dan el color. Aparecen muchas veces intercaladas entre las calizas triásicas y las cuarcitas permianas, orientadas de SW a NE y con una inclinación de 35° al SE, así ocurre en La Algameca y en las inmediaciones de la Terrosa. Estas láguenas tienen cierto interés económico, ya que son aprovechadas en el área del Campo de Cartagena para impermeabilizar las cubiertas planas de las casas de tipo “almeriense”. Las calizas triásicas aparecen también con frecuencia apoyadas sobre las cuarcitas pérmicas. El Permiano aflora en sectores débiles, allí donde se han formado fracturas producidas por el diastrofismo y también en sectores denudados.

El Triásico es el que alcanza mayor desarrollo; ofrece sólo un piso en nuestro sector, el Muschelkalk, representado por calizas dolomíticas de gran variedad de aspectos, textura y formando bancos de gran potencia. En algunos puntos han sido afectadas por intrusiones endógenas, levantándose, plegándose y hasta fracturándose, el intenso metamorfismo imposibilita diferenciarlas de las pizarras (Templado y Meseguer, p. 51). En algún punto aparecen formando compactas brechas de color grisáceo, que forman verdaderas milonitas originadas por grandes presiones. El Triás

se encuentra siempre del mismo modo, muy cuarteado (lo que dificulta observar su estratificación) y en la cima de los cabezos, cubriendo el estrato - cristalino y calizas permianas; este fenómeno de cuarteamiento se observa perfectamente en los cabezos de las Algamecas. En el Roldán, apoyándose sobre bancos de láguenas y calizas del Pérmico, el Triás aparece dirigido de E a W, también muy cuarteado y escarpado, sobre todo en su vertiente meridional. En La Parajola, el Triás se halla orientado al mediodía con una inclinación aproximada de 45° y fracturado en grandes bloques que forman auténticos canchales; en este sector el diastrofismo ha tenido gran importancia, ya que aparecen en franca discordancia las láguenas, cuarcitas, micacitas y calizas, lo cual nos indica que nos encontramos en una zona débil, de fracturas. En las Algamecas y en el cerro de Galeras forman potentes y compactos bancos orientados NW a SE con un buzamiento de 30° al NE. Al igual que en la zona anterior, las calizas aparecen muy metamorfizadas, formando bancos brechoides y sometidas a un violento diastrofismo. En las proximidades y al N del Castillo de la Atalaya, se encuentra una brecha de fricción o banda milonitización con manchas de óxido de hierro, en contacto con el Pérmico.

El Mioceno sólo figura en reducidos sectores y al N de la línea litoral, extendiéndose bajo el Pleistoceno y apoyándose sobre el Triásico y el estrato-cristalino. La formación miocena está representada por areniscas, calizas, conglomerados y margas, muchas veces presentes en estratos discordantes, en capas repetidas, o de fracturas y deslizamientos; este hecho aparece visiblemente en la rambla del Portús.

Finalmente, el Pleistoceno sólo alcanza cierta potencia en el fondo de las ramblas y en algún sector de las laderas de La Parajola y la Terrosa. Está representado por gravas, arenas, arcillas, travertinos y conglomerados, sobre los cuales y por descalificación han aparecido suelos de cultivo de escaso interés económico.

Las formaciones endógenas, aunque de muy reducida extensión y con capas poco definidas, también figuran en este sector. Son pequeñas afloraciones de diabasas y ofitas de color verdoso en el dominio del Triás de la vertiente meridional de la Mesa del Roldán, llegando casi al mismo borde litoral en las inmediaciones de La Parajola y playa de los Fatarés.

Las formas del litoral resultan en gran parte del trabajo de erosión en las rocas de diferente dureza, así las calizas predominantes en este sector ofrecen una gran resistencia a los agentes morfológicos, por lo que las variaciones del perfil litoral serán lentísimas. En los sectores donde afloran

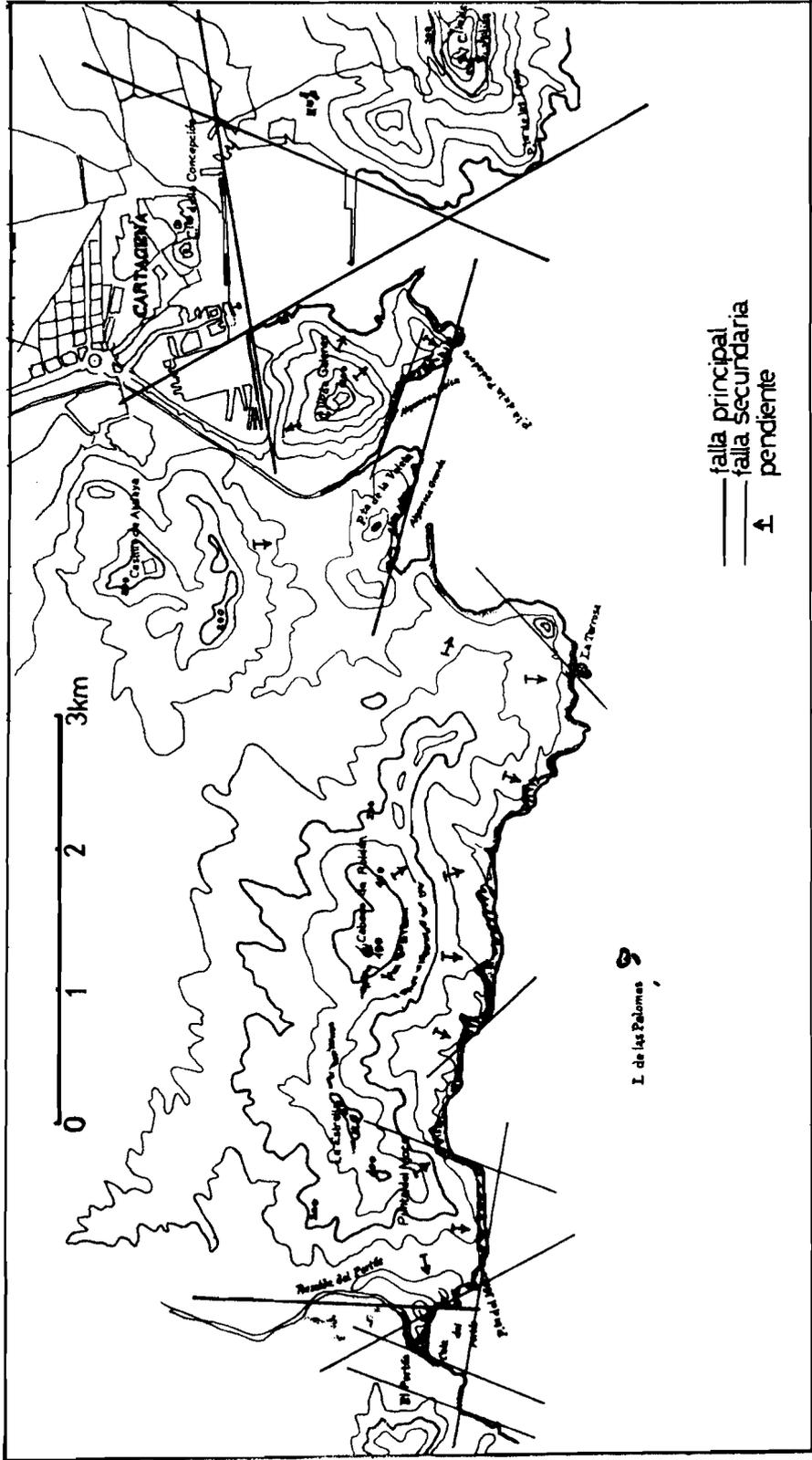


Gráfico 2.—Costa con estructura longitudinal y transversal. Nótese las influencias tectónicas sobre el trazado de la costa.

filitas, láguenas, conglomerados y margas, la acción erosiva será de mayores proporciones por su menor resistencia, este aserto tiene su justificación en el promontorio calizo que separa las playas del Portús y la Morena (Lám. I, fig. 2).

1. 2. Principales líneas tectónicas

Los dos elementos tectónicos más notables del sector, están constituidos por la fosa de hundimiento del Campo de Cartagena al N, y por la arista montañosa litoral que constituye una anticlinal permotriástico disimétrico, que es prolongación del de Sierra Nevada, y se halla roto en el flanco S, el hundimiento del cual ha originado los acantilados casi verticales que se observan en la costa (Templado, p. 63). La evolución orogénica en esta vertiente meridional causante de esa serie de hundimientos parciales, originó una singular morfología: predominio de una costa cerrada, brava, irregular, con múltiples escotaduras, calas y puntas.

Las acciones diastróficas paleozoicas, al romper el anticlinal en sentido normal a su dirección, produjeron una serie de fracturas transversales que corresponden a líneas de depresión del actual relieve del terreno. Unas y otras dejaron su huella en una sucesión de fallas transversales y longitudinales, fracturas que desempeñan un importante papel en la morfología de todo el litoral cartagenero (gráf. 2). El fallamiento dejó su expresión topográfica elevando, descendiendo, inclinando o desplazando grandes bloques. Creó zonas trituradas, fracturadas y brechoides, haciéndolas más fácilmente erosionables que las rocas circundantes.

El litoral nos presenta casi en su totalidad (a excepción de las pequeñas playas) un acantilado abrupto o escarpa producido directamente por fallamiento. Estas fallas litorales han ocasionado que en sus inmediaciones, las aguas sean profundas en cuyos fondos se acumulan derrubios caídos a lo largo del acantilado. En las rocas macizas y resistentes de este sector, el proceso erosivo es extremadamente lento, a lo cual viene a unirse el que los estratos, la mayoría de las veces se presentan buzando hacia las aguas, con lo cual su resistencia es mayor. En estas costas acantiladas, el buzamiento influye en la forma del cantil, pero no demasiado en su retroceso (Rosselló, p. 7), lo principal es la proporción de roca expuesta (*cutting back*) al nivel del mar (Williams, p. 11). En definitiva, el retroceso depende sobre todo, de la naturaleza del roquedo y de su estratificación.

En nuestro sector litoral las influencias estructurales desempeñan un importante papel, pues fijan esencialmente el trazado costero que van a seguir las direcciones tectónicas. Quizás el predominio de una estructura longitudinal en las paraclasas del sector, unido a un fenómeno de subsidencia, es lo que nos pueda explicar la presencia de las islas de las Palomas y la Terrosa, esta última en fase de unión a la línea litoral. El sector litoral, presenta dos series de fallas: un haz de fracturas transversales al anticlinal permotriásico con distintos rumbos NS y SSE-NNW, y una segunda serie más o menos paralela a él, es decir, orientadas de WSW a ENE, son facturas longitudinales sensiblemente paralelas a la costa. En el Portús, observamos una violenta dislocación traducida en una falla transversal a la arista montañosa; la fractura ha sido aprovechada por una rambla (la del Portús) para desaguar. En este mismo sector una serie de pequeñas fallas transversales y longitudinales originan una característica morfología de litoral quebrado.

En dirección SW-NE y partiendo de la Mesa del Roldán, existe una falla longitudinal, que sigue por el límite norte del puerto de Cartagena y se prolonga por La Unión hasta La Manga del Mar Menor (Templado y Meseguer, p. 63). Otra falla transversal en dirección N-S que forma la línea de costa al pie del monte San Julián, el límite oriental del puerto y se prolonga hacia el interior. Por último, una fractura también transversal de dirección SE-NW que partiendo de la vertiente meridional de San Julián, bordea la vertiente oriental del Cerro de Galeras, atraviesa el Arsenal y se prolonga por la rambla de Benipila. La intersección de estas dos últimas fracturas transversales con la longitudinal que parte del Cerro del Roldán, ocasionó el hundimiento del sector comprendido entre ellas, lo que originó la amplia ensenada poligonal del puerto de Cartagena.

2. LOS VIENTOS Y SUS CONSECUENCIAS

La acción de los vientos es primordial en los procesos de transformación del litoral, bien por la acción directa de acarreamiento de materiales o por mediación de las olas.

El régimen general de los vientos de este sector litoral, parece ser que viene determinado por la teoría que diversos autores: Neumann, Zimmerschied, Lautensach..., sostienen de la tendencia de la Península Ibé-

rica a establecer cierto régimen monzónico en el Mediterráneo occidental, al crear un centro de divergencia bajo las altas presiones invernales y uno de convergencia bajo las condiciones estivales de bajas presiones; junto a ello, el reconocimiento de las corrientes en chorro como elemento permanente de la dinámica atmosférica, la conexión entre la actividad ciclónica y la corriente en chorro es evidente (Jansá, p. 10). Según el citado autor, esta corriente en chorro es una pieza fundamental en la dinámica del tiempo, por lo menos durante una buena parte del año, en la cuenca occidental del Mediterráneo. El régimen cuasimonzónico queda perturbado en invierno por las circulaciones correspondientes a las borrascas que cruzan el Mediterráneo, borrascas que son importantes en la costa oriental española y que siguen la ruta de la depresión baleárica y las del golfo de León y mar Ligur (López Gómez, p. 87), y que algo afectan a esta parte suroriental peninsular. El régimen cuasimonzónico queda también perturbado en verano, por la citada corriente en chorro y por el régimen de brisas de mar a tierra.

Por el contrario, López Gómez sostiene que los diversos tipos de tiempo anticiclónico alternan con otros de tipo ciclónico más frecuentes en el otoño (comienzos de invierno y finales de invierno) y primavera, que rompen por completo la alternativa monzónica clásica; no se puede hablar, a juicio del citado autor, de un verdadero monzón ni en invierno ni en verano.

2. 1. *Los vientos dominantes*

Para el estudio de este esencial factor, se ha dispuesto de las observaciones realizadas por la estación situada en el Castillo de Galeras durante un período de ocho años (1960-1967). Hemos de hacer notar, que la estación, situada a 219 metros sobre el nivel del mar, presentará una intensidad de los vientos estudiados algo superior a la que correspondería al nivel del mar. Esta dificultad ha sido insalvable, ya que no existe ninguna otra estación con datos dignos de crédito en cuanto a dirección e intensidad de los vientos, a nivel del mar.

T A B L A I

MEDIAS TRIMESTRALES DE LAS FRECUENCIAS DE LOS VIENTOS SEGUN SUS DIRECCIONES

(en $^{\circ}/_{100}$ y grados BEAUFORT)

(1960-1967)

	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
N	0'6	6'4	18'3	14'6	16'3	10'1	2'5	0'6	—	0'6	6'1	3'9	4'2	4'6	1'3	—	N
NE	—	2'7	12'2	12'8	7'3	8'0	3'4	—	2'0	3'3	7'4	15'9	15'7	10'8	3'9	0'6	NE
E	0'6	—	—	—	—	0'6	0'6	—	—	—	0'6	0'6	3'3	3'2	—	—	E
SE	1'3	2'0	—	0'6	—	—	—	—	—	1'6	3'9	4'6	4'6	—	—	—	SE
S	1'3	0'6	3'9	1'2	0'6	—	—	—	0'6	2'4	3'9	7'0	0'6	1'3	—	—	S
SW	5'3	12'2	26'6	22'4	18'3	9'7	3'3	—	3'3	10'2	31'4	31'7	31'4	12'8	2'6	0'6	SW
W	—	—	1'9	—	2'0	1'3	—	—	—	0'6	0'6	0'6	1'3	1'9	—	—	W
NW	1'3	2'2	2'6	—	6'0	4'7	0'6	—	—	—	—	—	1'3	1'9	—	—	NW
Diciembre-Enero-Febrero																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
N	—	—	0'6	—	3'3	1'9	0'6	—	—	2'6	8'7	6'0	9'4	1'6	2'6	—	N
NE	0'6	2'6	15'6	19'0	35'1	23'2	7'4	—	1'3	7'4	19'0	13'5	22'4	8'0	1'2	—	NE
E	—	0'6	0'6	2'6	5'3	1'9	—	—	—	0'6	0'6	0'6	3'3	—	—	—	E
SE	—	1'2	7'4	8'0	6'7	—	—	—	1'3	8'1	4'7	2'2	0'6	—	—	0'6	SE
S	—	1'3	7'3	9'4	4'9	—	—	—	—	3'2	7'4	3'2	1'2	0'6	—	—	S
SW	—	6'7	26'2	22'5	17'3	10'8	0'6	—	2'6	8'7	31'6	24'5	17'3	4'0	2'6	—	SW
W	—	—	—	—	—	0'6	—	—	—	—	0'6	0'6	3'3	1'3	0'6	—	W
NW	—	0'6	—	—	—	—	—	—	—	1'9	—	—	5'3	0'6	—	—	NW
Marzo-Abril-Mayo																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
N	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	N
NE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	NE
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	E
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SE
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	S
SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SW
W	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	W
NW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	NW
Septiembre-October-Noviembre																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
N	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	N
NE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	NE
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	E
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SE
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	S
SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SW
W	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	W
NW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	NW

Junio-Julio-Agosto

T A B L A I I

FRECUENCIA ANUAL MEDIA DE LOS VIENTOS (en ‰)

(1960-1967)

	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
N	0'6	9'2	33'7	24'5	33'2	18'2	7'0	0'6	127'4
NE	3'9	16'0	54'2	61'2	80'5	50'0	15'9	0'6	282'3
E	0'6	1'2	1'8	3'8	11'9	5'7	0'6	—	25'6
SE	2'6	12'9	16'0	15'4	11'9	—	—	0'6	59'4
S	1'9	7'5	22'5	20'8	7'3	1'9	—	—	61'9
SW	11'2	37'8	115'8	101'1	84'3	37'3	9'1	0'6	397'2
W	—	0'6	3'1	1'2	6'6	5'1	0'6	—	17'2
NW	1'3	4'7	2'6	—	12'6	7'2	0'6	—	29'0

De las dos primeras tablas se deduce que los vientos dominantes soplan del primer y tercer cuadrantes, entre N y NE y del S al SW, correspondiendo a los primeros los temporales de "levante" y, a los segundos que soplan especialmente intensos en primavera y otoño, temporales del SW o "lebeches". La frecuencia e intensidad de estos dos grupos de vientos es notable (grág. 3), ya que los vientos procedentes del NE representan el 282'3 ‰, del total de las frecuencias, y los de procedencia SW el 397'2 ‰, es decir, representan ambos el 679'5 ‰ del conjunto. A los primeros habría que considerárseles como "alisios" en verano, y a los segundos como parte de los contralisios en invierno y primavera (Kunow, p. 53); la presencia de estos vientos es problema sujeto hoy a revisión. Estos vientos son precisamente los que alcanzan mayor intensidad, de ahí la gran importancia que tienen en este sector litoral.

Desde el punto de vista de la morfogénesis costera, nos interesan los vientos que provienen del segundo y tercer cuadrantes, ya que los que proceden del interior apenas ejercen acción sobre el litoral. Como anteriormente hemos dicho, el régimen cuasimonzónico del Mediterráneo oc-

cidental viene caracterizado por la aparición de un centro de divergencia bajo las altas presiones invernales, y uno de convergencia bajo las condiciones estivales de bajas presiones. Esto queda en evidencia al comprobar en la tabla I como en invierno los vientos de componente W dominan sobre los de componente E, ocurriendo lo contrario en verano. Durante los equinoccios de primavera y otoño se mantiene cierto equilibrio, son meses de transición. Es preciso notar, que la topografía de los alrededores de la estación meteorológica entre montañas próximas y elevadas puede enmascarar bastante las observaciones sobre la dirección del viento, sobre todo a que un poco encajonados sean desviados hacia el NE y SW respectivamente, antes de llegar al punto de observación.

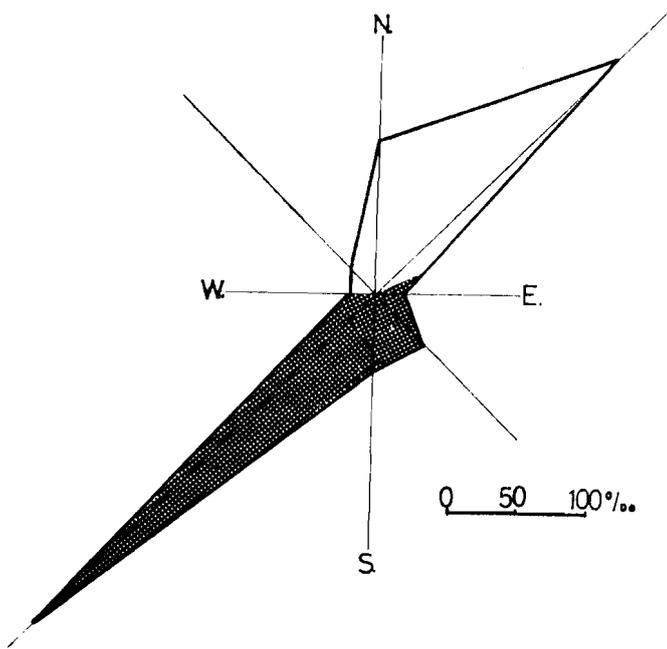


Gráfico 3.—Distribución media de los vientos según su dirección y frecuencia.

Los vientos prevalentes son los más importantes en intensidad o velocidad, abstrayendo de su frecuencia. Alterando algo la nomenclatura de Beaufort, hemos podido clasificar los datos en cuatro grupos fundamentales: calma (vientos con fuerza 0-1 grados Beaufort); flojos (2, 3 y 4);

moderados (5, 6 y 7) y fuertes (8 y más grados). Para su conversión a Km/h, véase nota pie página (*).

T A B L A III

PORCENTAJE DE LAS MEDIAS DE VELOCIDADES DE LOS
VIENTOS (en ‰)

(1960-1967)

	Calma	Flojo	Moderado	Fuerte
N	0'6	67'8	58'4	0'6
NE	3'9	131'4	146'4	0'6
E	0'6	6'8	18'2	—
SE	2'6	44'3	11'9	0'6
S	1'9	50'8	9'2	—
SW	11'2	254'7	130'7	0'6
W	—	4'9	12'3	—
NW	1'3	7'3	20'4	—
	22'1	568'0	407'5	2'4

Del análisis de esta tabla se deduce que los vientos de mayor fuerza proceden preferentemente del interior (NE y N), y del tercer cuadrante (SW), este último por soplar de mar a tierra, ejerce una importante acción

(*) Para la mejor interpretación de estas tablas, se reproduce la siguiente de conversión de la escala empleada (en grados Beaufort), en Km/h y el correspondiente estado del mar, ya que para una fuerza dada del viento y al cabo de cierto tiempo, el mar toma un estado característico (aunque el mar no sólo es función del viento, sino de otras variantes: persistencia y *fetch*).

Escala	Km/h	Altura de las olas en m.	Nombre
0	0	0	Calma
1	1'8-5'6	0-0'5	Rizada
2	7'4-11'1	0'5-1	Marejadilla
3	12'9-18'5	0'5-1	Marejadilla
4	20'3-29'6	1'0-2	Marejada
5	31'4-38'9	2-3	Fuerte marejada
6	40'0-50'0	3-4	Gruesa
7	51'0-61'0	4-6	Muy gruesa
8	63'0-74'0	6-9	Arbolada
9	75'0-87'0	6-9	Arbolada

en el sector litoral que estudiamos, ya que precisamente coincide con los fuertes temporales en amplitud e intensidad, especialmente intensos en primavera; es el “lebeche”. Los otros grupos de vientos intensos, los NE y SE se corresponden con los temporales de levante y parece ser que tienen cierta relación con los temporales y tormentas de los golfos de Génova y Lion (Rosselló, p. 10). En el curso de finales de octubre y noviembre el ciclón de Baleares se desplaza hacia el E, pasando sobre Córcega y Cerdeña, dejando así de influir sobre la costa SE (Neumann, p. 196). El reparto proporcional de los días de viento según su fuerza es como sigue: calmas, 22'1 ‰; flojos, 568'0 ‰; moderados, 407'5 ‰, y fuertes 2'4 ‰ (gráf. 4).

FRECUENCIA DE LOS VIENTOS
SEGUN SU INTENSIDAD

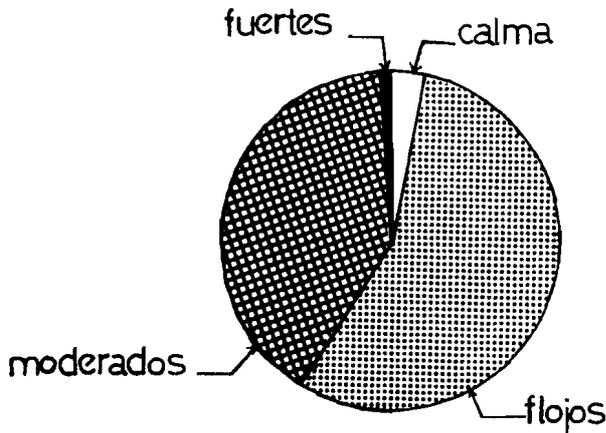


Gráfico 4.—Frecuencia de los vientos según su intensidad.

2. 2. Los vientos característicos

Los vientos más característicos son: en primer lugar el ya citado “levante” particularmente frecuente en marzo y de julio a octubre; este viento está ligado a la presencia de anticiclones europeos y bajas sobre el Atlántico o sobre Marruecos. El “siroco”, el cual se manifiesta soplando de S y SE, se le conoce con el nombre local de “lebeche”, es extraordinariamente caliente en verano y de temperatura moderada en invierno, por lo general dura un día o dos a lo sumo, “es jornalero (diurno): se va amagando, hasta caer, según la postura del sol avanza; pero hay lebechás que quedan también por la noche en temporal; menos mal que son mu tardías” (García Martínez, p. 283). Este viento, de tarde en tarde, se pre-

senta asociado con tempestades de polvo africano, afectando la visibilidad en nuestro sector; a este fenómeno se le conoce con el nombre de “nubes coloreás” o calinas, que no son otra cosa que nubes de polvo en suspensión, elevado por movimientos convectivos.

El “jaloque” es el tercero y último de los vientos procedentes del mar, sopla del SE y se confunde con el anterior, hay que relacionarlo con las brisas.

Procedentes de tierra son: el que sopla del W o “poniente”, viento fuerte aunque poco frecuente; el del NW, llamado “terral”, es también poco frecuente y frío; por último, la “tramontana” corresponde a los vientos del N, poco frecuentes por probable desviación a NE.

2. 3. *Brisas*

El régimen de brisas de mar a tierra en este sector litoral se manifiesta bien establecido en verano, con una frecuencia del 80 al 90 % de los días. Al aproximarse el verano se observa un notable aumento de la frecuencia. Las brisas tienen considerable importancia, ya que su dirección coincide aproximadamente con los vientos predominantes, los del SW, lo que hace que aumenten su valor. Parece ser que el Campo de Cartagena ejerce cierta influencia en el régimen de estas brisas por el gran calentamiento diurno a que esta llanura está sometida, pero su intensidad y, por tanto, acción geomórfica es mínima.

2. 4. *Las olas y las corrientes litorales*

Las olas son el resultado visible de la transferencia de energía del viento al mar (Zabaleta, p. 47) y constituyen los agentes de erosión marina más importantes, particularmente las de tormenta que pueden efectuar más cambios durante un período corto que las olas comunes en meses; el oleaje de un solo día, es posiblemente más eficaz que el de los restantes días del año, de ahí, la importancia mutativa de los fuertes temporales del SW y Levante con velocidades del viento del orden de los 63 Km/h, que levantan olas de unos 5 m. La fórmula

$$E = \frac{1}{8} \rho gH^2$$

nos proporciona la energía del oleaje que, como vemos, es proporcional al cuadrado de la altura (E =energía por unidad de superficie; H =altura de la ola —vertical entre cresta y valle—; ρ = densidad del agua).

Naturalmente, la mayor fuerza del viento, coincidirá con más persistencia y más *fetch* para desarrollar plenamente el oleaje, ya que la energía transferida a éste se va acumulando gradualmente, lo que requiere tiempo (persistencia), y espacio generador (*fetch*) (Zabaleta, p. 62).

La intensidad de actuación del oleaje depende de varios factores, de los que destacamos: el tipo y dureza de la roca; los caracteres estructurales, sobre todo su inclinación y grado de diaclasamiento y fracturación; el grado de exposición que la línea de costa presenta y la profundidad del mar en sus proximidades. Aparte de la enorme fuerza ejercida por las olas al romper contra la roca (*uprush*), a la vez que comprime repentinamente el aire de las grietas y diaclasas que hace el papel de cuña, y de fuerza expansiva en el retroceso (*backwash*). Las olas actúan contra el acantilado, proyectando contra él los materiales de derrubio de diverso tamaño. Así podemos observar en el litoral, pequeñas oquedades de origen quimioclástico abiertas a cierta altura en el acantilado, en cuyos senos pueden verse gravas, algunos cantos y restos de conchas. Por otra parte, el oleaje en las playas, sobre todo en la del Portús y la Morena, barre sus bases muy semejantes a una rasa, al final de las cuales se acumulan los derrubios más gruesos en forma de cordones escalonados, prueba evidente del proceso de clasificación horizontal que el oleaje ejerce. Los niveles altos de la cresta obedecen a la "explosión" de los rompientes (Williams, p. 16). En la figura 6 puede observarse esta clasificación horizontal y escalonada de los materiales detríticos; en la ola de retroceso (*backwash*), las arenas, gravillas y gravas descienden rodando y saltando sobre el fondo, siguiendo la trayectoria de máxima pendiente, este fenómeno es palpable al bañarse en estas playas y comprobar la gran cantidad de guijarros que se reciben en las piernas.

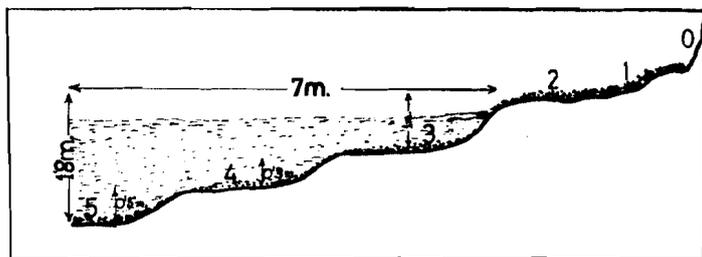


Gráfico 6.—Corte transversal de la playa del Portús.—0. Acantilado.—1. Gravas y cantos gruesos.—2. Gravas y arenas gordas.—3. Gravilla y cantos finos.—4. Gravilla.—5. Guijarros gruesos y pequeños bloques.

2. 5. *Mareas*

Las mareas en el Mediterráneo revisten poco o ningún interés. En Cartagena, los mareógrafos han señalado de 0'30 a 0'40 m de elevación máxima media sobre el nivel ordinario, el origen de tales elevaciones aparece confuso al no poderse discernir entre la influencia astronómica y la acción de los vientos reinantes y las oscilaciones barométricas.

2. 6. *Corrientes*

Las corrientes probablemente sean agentes erosivos relativamente sin importancia, pero son importantes medios de transporte (Thornbury, p. 461), aunque en nuestro litoral no desempeñan más que un modesto papel, debido a su escasa velocidad. Las corrientes observadas son superficiales y de naturaleza temporal, causadas sobre todo por el viento que de una manera continua sople de algún cuadrante. El valor de estas corrientes no suele exceder de un nudo de velocidad, con dirección preferentemente E-W que se integra en la general del Mediterráneo que circula en sentido contrario a las agujas del reloj, pareciendo estar relacionada con el comportamiento ciclónico del mar balear en invierno y anticiclónico en verano.

Resulta muy difícil delimitar los efectos geomórficos tanto de la corriente general como de las locales, sobre todo por la refracción de las olas que hace que se sumen las acciones de ambas.

3. LA EVOLUCION DEL LITORAL

3. 1. *Las ramblas y la acción geomórfica de sus desembocaduras*

Los movimientos tectónicos que engendraron los diversos cabezos que constituyen esta parte de la alineación litoral, produjeron grandes desgarraduras en sus vertientes, que por fenómenos posteriores de gliptogénesis se convirtieron en ramblas y barrancos. Así, el cordón litoral montañoso queda cortado en las Escarihuelas por la rambla del Portús.

Dos grandes y eficaces agentes de transporte encontramos en este sector litoral: la rambla del Portús y la de Benipila. La primera nace en las laderas septentrionales de la sierra de la Muela, toma en sus comienzos el nombre de rambla de Cabezo Negro, recibe los desagües de los barrancos de las lomas de Galifa y, cambiando bruscamente en este paraje su dirección de E a S; recoge las avenidas de los barrancos de las Escarihuelas y de la Linterna, desagua en la playa del Portús. La rambla de Benipila, se inicia también en el sector septentrional del cordón montañoso litoral, concretamente en Peñas Blancas. Aquí se forman las ramblas de la Torre, del Horno Ciego y de los Barbastres orientadas de W a E, las cuales se unen al SE del caserío de Perín formando la rambla de Peñas Blancas o del Ladrillar. Esta rambla se une cerca de los Molinos de Marfagones a la rambla del Guía; el resultado de la fusión de ambas ramblas, es la de Benipila, que por un cauce artificial y con rumbo S desagua en la Algameca Chica

Estas ramblas, en la época de grandes lluvias, se convierten en verdaderos torrentes por la gran extensión de su cuenca y por el carácter irregular y espasmódico de las precipitaciones surestinas. Las ramblas sólo llevan agua cuando llueve mucho o con reiteración; el resto del tiempo aparecen totalmente secas, por lo que en muchos casos constituyen el único y mejor camino en algunos sectores de las comarcas (H. Capel).

Las ramblas ejercen un alto papel erosivo por la acumulación en sus cauces de grandes masas de aguas, así a este poder erosivo del agua viene a unirse el de los materiales que arrastran a gran velocidad debido al fuerte desnivel entre el nacimiento y la desembocadura. Los aportes de la rambla del Portús, van a dar como resultado en su desembocadura la formación de la playa de la Morena y en parte de la del mismo nombre (Lám. I, fig. 2); los materiales de arrastre alcanzan un considerable espesor (varios metros) y forman en la superficie y junto a la línea litoral un cordón de gravas escalonadas por la acción del oleaje; tales materiales se extienden en una longitud de playa de unos 90 y 200 metros respectivamente. Estas gravas y arenas de depósito son objeto de una activa explotación en la actualidad, como materiales para la construcción. Los arrastres de la rambla de Benipila (canalizada en su último tramo por contornear el Arsenal) no son visibles, ya que se hunden en los fondos de la Algameca Chica, ensenada que no constituye playa alguna, porque parece haber sido dragada, con lo cual la influencia morfológica actual de la citada rambla queda muy atenuada.

3. 2. *El proceso erosivo marino y la acumulación costera*

La diversidad de los mecanismos de la erosión marina, produce gran número de materiales de dimensiones variadas, a los cuales vienen a unirse los de origen continental transportados por las ramblas. La naturaleza lítica de los depósitos de bloques, cantos rodados, gravas, guijarros y arenas, constituidos principalmente por pizarras, cuarcitas, areniscas, dolomías y micacitas, viene determinada por la litología del sector que estudiamos.

La mayor parte de los elementos de depósito pertenecen a las formaciones de pizarra y micacitas del estrato-cristalino, y a las calizas dolomíticas del Triás. Por alteración de las primeras aparecen los cuarzos.

El origen de estos depósitos radica, en la destrucción del acantilado y acumulación del material detrítico de todas dimensiones (Lám. II, fig. 1), acompañado de los aportes de ramblas y barrancadas. Es preciso tener en cuenta que este material detrítico procede en su mayor parte de los acarreo de las ramblas, pues el mar fabrica pocos guijarros (Ottmann, p. 18) y los que fabrica son a partir de los fragmentos de rocas previamente diaclasadas; este material marino lo encontramos en el fondo de las pequeñas e incipientes playas de este rocoso litoral.

Los bloques más gruesos generalmente "in situ", al pie del acantilado forman verdaderas escolleras en La Parajola y en la Torrosa (Lám. II, fig. 2). Proceden del desprendimiento del acantilado, o de los materiales de derrubio de las laderas que descienden por las acusadas pendientes y que se van clasificando en su caída, aumentando las dimensiones en las zonas más bajas, es decir, en el piedemonte; este hecho se observa perfectamente en la Torrosa (Lám. III, fig. 1), la observación directa puede ser confirmada para el cálculo del tamaño de los bloques, utilizando el método del centilo (Tricart-Cailleux). Estos grandes bloques, raramente son removidos por el oleaje, por lo que la presencia de algas y otros organismos vivos que se fijan en ellos es muy frecuente, testimonio inequívoco de su inmovilidad.

Los cantos rodados y las gravas, por el contrario, son fácilmente removidos por las olas, se acumulan en las playas o al pie de los acantilados, formando una especie de cordones de gravas (Lám. III, fig. 2). Ellos van a proporcionar a las olas material para bombardear la base de los acantilados.

Las arenas que provienen de la disgregación y alteración de las rocas cristalinas tiene escasa presencia en nuestro sector litoral, por su predominio calcáreo. Hemos podido apreciar la presencia de materiales sedimentarios procedentes de los conglomerados, molasas, areniscas y dolomías que contienen partículas de dimensiones comprendidas en las fracciones de gravas y arenas (gravas > 2 mm, es decir, 2.000μ ; arenas $= 2.000 - 60 \mu$).

Todo este material detrítico está bastante desgastado, lo que pone de manifiesto la fuerte actividad marina en el sector, acumulándose en montones, de acuerdo sobre todo con la dinámica del oleaje, y estando frecuentemente orientados paralelos a la dirección de las crestas de las olas. La dirección y el sentido de transporte pueden ser indicados por una disminución gradual de la talla de los guijarros o de los granos (Cailleux, p. 35). La distribución de éstos cordones de grava son perfectamente reconocibles en las playas del Portús y la Morena (Lám. III, fig. 2). A grandes distancias los materiales se depositan por exceso de carga a medida que disminuye la intensidad de arrastre, y la evolución es más completa (I. Asensio, p. 60).

La morfometría que presentan estos detríticos se basa en la apreciación de tres aspectos: desgaste, aplanamiento y simetría, los cuales nos permiten su clasificación. Observándolos como son manejados por las olas de las playas, es fácil comprender por qué se deslizan y frotan yendo y viniendo en un ininterrumpido vaivén, bajo los efectos de las olas, los de forma abombada, que son los que dominan en nuestro sector, ruedan y tienden a golpear sus asperezas y a redondearse más; los más planos al contrario, se deslizan sobre el fondo. Estos materiales de depósito de origen marino y continental, en las anteriormente citadas playas, se encuentran mezclados y para su identificación hemos tenido en cuenta los ya aludidos aspectos y el hecho de que las formaciones marinas presentan valores de índice de desgaste muy alto (I. Asensio, p. 47) y alto índice de aplanamiento; éste es mucho más bajo en los materiales de arrastre de las ramblas. Por último los cantos de origen marino tienen siempre una disimetría más débil que los procedentes de los ríos y ramblas (Cailleux, p. 143).

3. 3. *El tómbolo de la Torrosa*

El sector de la Torrosa nos presenta el interesante proceso geodinámico de un tómbolo en formación (*connecting bar*). La isla de la Torrosa,

de claro origen tectónico y separada unos 25 metros de la costa, se encuentra en vías de total soldadura con aquella (Lám. IV, figs. 1 y 2).

La formación de este tómbolo está ligada a varios factores: presencia de material detrítico, presencia de un punto de apoyo, sentido de transporte constante, ausencia de corrientes entre la isla y la costa y escasa profundidad. El tómbolo se explica por la refracción de las olas contra la isla, y por el depósito de materiales detríticos en la unión de los dos trenes de olas que la encierran (M. Derruau, p. 400). Cuando las olas y la deriva litoral que le acompaña se aproximan al punto de apoyo, pierden energía, se refractan, se encuentran entre sí y depositan los sedimentos en una zona de puntos muertos. Estos trenes de olas refractados se oponen el uno al otro tras la isla, formándose una flecha de arena, cantos y gravas (constituídas principalmente por filitas, calizas triásicas, cuarcitas... dominantes en el sector) que avanza en longitud y espesor, más rápidamente por el lado de la costa (Lám. IV, fig. 2). El depósito que en principio está creciendo bajo el agua, se encuentra aflorado por sus extremos en sus dos terceras partes, y el centro tan sólo a unos veinte centímetros bajo la superficie del agua. Esta barra o restinga acabará por soldar totalmente la isla con la playa de una manera postiza, lo cual contribuirá al proceso de regularización de este sector litoral.

3. 4. *Costa de fractura*

El aspecto arqueado del litoral (entre Cabo Tiñoso y Cabo de Palos) puede ser resultado, según Aranegui, de un hundimiento tectónico de óvalos, que con las puntas que dejan entre ellos, pueden ocasionar la formación de costas arqueadas. Este hundimiento parece ser que acaeció al cesar la comprensión que los movimientos alpinos produjeron. Aunque otros como Michel-Lévy sientan su teoría de hundimiento en óvalo, con los fenómenos volcánicos (P. Aranegui, p. 56). Nuestro sector litoral se encuentra en el centro de la que Quiroga llama línea volcánica pleistocena litoral mediterránea, que de una manera discontinua, se extiende desde la isla de Alborán a Olot (Gerona); es una zona débil de fractura favorable a los hundimientos (en el litoral murciano los islotes volcánicos del Mar Menor lo atestiguan). Según el citado autor, la mayor parte del diastrofismo de la zona fue postirreniense, como lo demuestran las numerosas playas tirrenienses con *Strombus bubonius* que se encuentran a lo largo del litoral almeriense y alicantino.

Nuestro sector litoral presenta una marcada y predominante influencia de la estructura, una serie de fallas longitudinales en asociación con otras transversales dieron origen a la línea litoral, es decir, el litoral ha sido fijado por fallas y sigue las direcciones tectónicas. Cuando la escarpa de falla marca la línea de la orilla, aparece un contorno litoral más o menos rectilíneo y abrupto, en donde falta la plataforma de abrasión. El plano de falla emergido que forma el acantilado se va degradando por influencia de la erosión continental, formando los derrubios un incipiente talud submarino como nos lo demuestran las isóbatas (gráf. 5).

Los acantilados de base sumergida (*plunging cliffs*) constituyen un argumento a favor de que se trata de una costa de escarpadura de falla. Cuando la cordillera litoral sufrió los efectos de los paroxismos alpinos y más tarde los movimientos orogénicos pleistocenos estrechamente relacionados con el volcanismo de la zona originaron posiblemente las calas del Portús y las de las dos Algamecas, que son amplias escotaduras formadas por hundimientos parciales de segmentos desprendidos de la cordillera, correspondientes a una estructura transversal (Lám. V, fig. 1); después serían ensanchadas y completadas por erosiones ulteriores. También parece probable tener el mismo origen los promontorios de este sector (Punta de la Podadera, promontorio de la Torrosa, Puntal del Moco...) y las islas de las Palomas, Torrosa y más al este, la de Escombreras, que serían, pues, anticlinales y el canal de separación con la costa correspondería a un sinclinal. Esta disposición aproximada se continúa a espaldas de la línea litoral, en el Campo de Cartagena, Cuaternario diluvial cruzado por sierras que emergen de él, plegadas, dislocadas y con la presencia de fallas y pliegues —falla de varios tipos.

En esta costa modelada por el diatrofismo, la naturaleza del roqueado y afloramientos actúan mediante sus propiedades físicas y químicas, facilitando en grado variable el ataque de las olas. La estratificación condiciona las formas: a los estratos horizontales o poco inclinados corresponde en general los acantilados más abruptos; los estratos inclinados hacia el mar producen acantilados menos escarpados, bajo este punto de vista es interesante el análisis de la estructura tabular del Puntal del Moco, en las inmediaciones de la playa de la Morena (Lám. V, fig. 2).

3. 5. *El Almarjal*

Esta zona que se extiende al N de la ciudad de Cartagena, era hasta hace pocos años pantanosa y plantea desde el punto de visto geomórfico

un complejo problema. Textos antiguos ya hablan del pantano, así Estrabón, C. 159, describiendo el litoral, habla de Cartago Nova y dice que “tiene una posición fuerte y muralla bien edificada y está provista de puertos y de una laguna...”. Polibio, 10,10, 1, también habla de ella, diciendo que “por el lado de mediodía tiene una entrada llana viniendo del mar”. Se sostiene que Asdrúbal cuando fundó Nueva Cartago en el 223 a. de C., acondicionó el puerto al W, en una laguna que subsistía aún en la Edad Media y Moderna con el nombre de Almarjal.

La presencia de esta laguna ha sido testimoniada a lo largo de los siglos por documentos escritos conservados en los archivos municipales. En todas las épocas constituyó un foco malsano y de epidemias, así en 1612, considerando muy perjudicial a la salud el estancamiento de aguas en el Almarjal por producir epidemias de tercianas, el Ayuntamiento manda que se dé salida al agua estancada junto a la Serreta. En 1746, el marqués de la Ensenada hace examinar los planos del ingeniero Feringán que proponía formar una gran dársena en el Almarjal, la cual ofrecería a la marina moderna el arsenal más completo del mundo, librando a la ciudad de la perniciosa influencia de sus emanaciones (Martínez, Rizo, p. 130). En 1785, otra gran epidemia de tercianas que procedía del sempiterno estancamiento de las aguas a consecuencia de haber habido 17 inundaciones en tres años, se propuso la apertura de un canal que vaciara las aguas en el mar por la playa del Batel, con una presa en su desembocadura para que no saliera broza y tarquín y ensuciara el puerto (Martínez Rizo, p. 262), incluso se propuso que se rebajara el terreno del Almarjal para que las aguas del mar lo inundaran. En 1858 se construye un canal que desagua el Almarjal en la Algameca Chica; en septiembre de 1919 la rambla de Benipila ocasionó una gran inundación, lo que hizo que se canalizase para la defensa de la ciudad.

El Almarjal, que se extendía hasta lo que hoy es la plaza de España, se encuentra completamente desecado, aunque el nivel freático se halla en algunos puntos a menos de un metro de profundidad, pese a lo cual constituye una de las zonas de la expansión de la ciudad: “el Ensanche”, de unas 44 Ha de superficie.

Del análisis topográfico del sector, parece deducirse que jamás hubo comunicación fácil natural entre esta laguna y el mar, de donde nos asalta la duda de que tanto púnicos como romanos lo pudiesen utilizar como puerto, a no ser como laguna interior y para utilización de embarcaciones de pequeño calado. El Almarjal está separado de lo que hoy es el puerto,

por una península formada fundamentalmente por cinco colinas, la mayor de las cuales alcanza 65 m de altitud, y la menor 35 m; se halla unida por el E a lo que hoy constituye el barrio de Santa Lucía por un umbral cuya altitud en el punto más bajo es de 16 m, lo que imposibilita que por este lado hubiese comunicación. Por el W, en lo que hoy es el arsenal, el umbral es mucho más fácilmente accesible, ya que hoy tan sólo alcanza 5 m., como cota máxima, aunque también nos hace dudar el que se pudiese salvar; no obstante, de haber habido alguna comunicación con el mar, sin duda alguna sería por este punto.

El origen de esta laguna no puede ser marino, ya que las condiciones que presenta la profunda ensenada que es el puerto no son aptas para que se hubiese formado una restinga o cordón litoral avanzado (*Offshore bar*, *Nehrung*, *lido* o *restinga*) que hubiese dado lugar a la citada laguna. El Almarjal parece ser más bien una depresión en la cual vertía sus aguas la rambla de Benipila, como reiteradamente nos lo demuestran los hechos históricos anteriormente citados; aguas que disolverían las sales de estos suelos cuaternarios y que después por capilaridad la llevarían a la superficie formando una costra que sólo permitiría una vegetación halófila (barrilla).

4. CLASIFICACION DE LAS COSTAS

Los 12 kilómetros de costa estudiados presentan un contorno bastante recortado; litoral de buenas condiciones marineras como nos lo demuestra la instalación de excelentes puertos que aprovechan la base natural: Cartagena y la Algameca Grande, amén de otras calas que aunque de menores dimensiones constituyen buenos refugios (Lám. I, fig. 1). El índice de articulación que nos presenta este litoral es notable: 1'9.

No es fácil establecer una clasificación de las costas, pues diversos autores (Richthofen, Penck, Ottmann, Lapparent, Gulliver Johnson, Guilcher, entre otros) no han llegado a un acuerdo sobre los principios en que debe fundarse tal clasificación; el problema se centra en la difícil distinción entre las "formas iniciales" y las "formas consecuentes", es decir, lo que corresponde a eustatismo, epirogenia y tectónica, y las que son resultados de la acción marina (Guilcher, p. 53). Siguiendo un criterio estrictamente morfológico (Penck, Rosselló) y teniendo en cuenta las particularidades de la estructura, se distinguen tres tipos principales: 1) Costas ba-

jas; 2) Costas de acantilado medio y 3) Costas de acantilado alto. Las dos primeras tienen en común las aguas someras, mientras que el tercer tipo suele presentarse con fondos mayores de 5 metros muy próximos al acantilado, lo cual tiene bastante trascendencia morfológica (Rosselló, p. 27) (mapa 5).

1) Costas bajas.—Sectoros litorales sin acantilados; en el nuestro se nos presentan dos tipos:

A) Playas de arenas, entendiendo por tales al conjunto de partículas sueltas cuyos granos tienen un diámetro comprendido entre 2 y 0'02 mm (Derruau, p. 218) lo que permite apreciarlos a simple vista. Pertenecen a este tipo las pequeñas playas de la Parajola y la de Fatarés, de unos 20 y 40 metros de longitud respectivamente y de escasa amplitud por la proximidad de las elevaciones de la Parajola y del Roldán.

B) Playas de gravas y cantos. Son gravas aquellos granos con dimensiones comprendidas entre 2 y 20 mm (Derruau, p. 218); las playas del Portús, la Morena y el Indio son playas en las que predominan las gravas, aunque se dan en ellas una buena proporción de cantos y guijarros (dimensiones comprendidas entre los 20 y 200 mm) y en menor cuantía las arenas (Lám. I, fig. 2); los materiales de estas playas son, pues, heterométricos, encontrándose casi clasificados, sectores en los que se acumulan cantos y guijarros y otros en los que predominan gravas y arenas, y aquellos en los que se encuentran mezclados. En las playas del Portús y la Morena las gravas se encuentran en cordones escalonados, al parecer formados con las partículas proyectadas hacia arriba por las olas que rompen de una manera explosiva y su pendiente es excavada por la ola de retroceso (Williams, p. 22) (Lám. III, fig. 2). En unas y otras playas, tanto arenas como gravas, se encuentran frecuentemente acompañadas de ciertas proporción de fragmentos de conchas trituradas. El perfil de equilibrio de estas playas está en función de la magnitud de las olas, y del tamaño y abundancia de materiales detríticos; durante los temporales, el perfil de ellas se rebaja, y se rellena en caso contrario. Las playas de este sector litoral se encuentran limitadas en su interior por la presencia de un acantilado que las alimenta de materiales de derrubio, con lo cual irán progresivamente adentrándose (Lám. VI, fig. 1).

2) Costas de acantilado medio.—Un acantilado es un resalto no cubierto de vegetación, de fuerte pendiente (entre unos 15° y la posición vertical o hasta en desplome), de altura muy variable, situado en el con-

tacto de la tierra y el mar (Guilcher, p. 55). Generalmente son debidos a la actividad marina, pero puede ocurrir que su presencia no esté ligada a la actividad del mar, se le llama entonces falsos acantilados; ej.: los acantilados de nuestro sector producidos por fallamientos (v. gráf. 1 y 2) aunque el socavamiento de las olas los estén transformando en verdaderos acantilados (Lám. VI, fig. 2).

Los sectores litorales de este tipo presentan un cantil inferior a los 10 metros y lindan con aguas someras y a menudo con playas iniciales en las inflexiones (Rosselló, p. 31). A este tipo de costa pertenecen los sectores comprendidos entre la vertiente suroriental del Roldán y el tómbolo de La Torrosa, y el acantilado de las inmediaciones de la Algameca Grande. En ellos se observa la incipiente formación de varias playas (Lám. II, fig. 1).

3) Costas acantiladas altas.—Es el tipo predominante en el sector litoral estudiado, constituido como el tipo anterior en el roquedo triásico y sobre el paleozoico al NE de la Torrosa. Son litorales con cantil superior a los 10 metros, paredes muy empinadas y con aguas profundas en su base. Por lo general corresponden a planos de falla, con cantil que sobrepasa los 50 metros en numerosos puntos e incluso los 100 m (gráf. 5).

Seminario de Geografía

Facultad de Filosofía y Letras

Murcia, Julio de 1969

BIBLIOGRAFIA

- ARANEGUI, P.: "Las costas arqueadas españolas". Madrid, *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, homenaje a E. Hernández-Pacheco, 1954, pp. 55-62.
- ASENSIO AMOR, I.: "Geografía y sedimentología". Madrid, *Est. Geográf.* núm. 78, 1960, pp. 41-62.
- BOUTELOUP, J.: *Vagues, marées, courants marins*. París. P.U.F., 1968, 126 pp.
- BRINKMANN, R.: *Las cadenas béticas y celtibéricas del Sureste de España.* ("Betikum und Keltiberikum in Südostspanien"). Berlín. Beitr. für Geol. der Westmediterrangebiete, núm. 6. Trad. ap. Publicaciones extranjeras sobre Geología de España, tomo IV, pp. 307-434.
- CAILLEUX, A.: *Application à la Géographie des méthodes d'étude des sables et des galets*. Río de Janeiro, Universidade do Brasil. Centro de Pesquisas de Geografia do Brasil, 1961, 151 pp.
- CAÑABATE, E.: *Historia de Cartagena desde su fundación a la monarquía de Alfonso XIII*. Cartagena, Imp. Marín, 1955, 446 pp.
- CARANDELL, J.: "Procesos constructivos en algunos puntos del litoral español (tómbolos)". Madrid, *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 1921, pp. 311-320.
- Cartografía Militar de España: Hojas a 1/25.000, núms. 977-I; 977-II; 977-III y 977-IV, 1943-1946.
- DERRUAU, M.: *Précis de Géomorphologie*. París. Masson et Cie, 2.^a édit., 1958, 395 pp. et 164 figures, 50 planches hors texte.
- FALLOT, P. "Notes stratigraphiques sur la chaîne subbétique". Madrid, *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 1931, pp. 301.
- GARCIA MARTINEZ, G.: *El habla de Cartagena*. Murcia, Patronato de Cultura de la Excma. Diputación, 1960, 517 pp.
- GIGNOUX, M. et FALLOT, P.: "Contribution à la connaissance des terrains néogènes et quaternaires marines sur les côtes Méditerranéennes d'Espagne". *C. R. du XIV Congrès Géol. Inter.*, 2.^o fasc., 1926, pp. 413-442.

- GLANCEAUD, L.: "Paléogéographie dynamique de la Méditerranée et de ses bordures. Le rôle des phases ponto-plio-quadernaires". Villefranche-sur-mer C.N.R.S. ap. *Océanographie Géologique et Géophysique de la Médit. Occ.*, 1961, pp. 125-165.
- GUILCHER, A.: *Morfología litoral y submarina*. Barcelona, Edit. Omega, 1957, 264 pp. y 8 láms.
- HERNANDEZ-PACHECO, E.: *Las costas de la Península Hispánica y sus movimientos*. Madrid, Asoc. Esp. Prog. Ciencias. Congreso de Lisboa, Sec. V. Ciencias Nat., 2.ª parte, 1932, pp. 89-120.
- Instituto Hidrográfico de la Marina: Cartas náuticas núms. 3.610, 3.611 y 3.613, Escalas: 1/30.000; 1/20.000 y 1/10.000, Cádiz, 1960.
- JANSA, J. M. "La corriente en chorro mediterránea". Valencia, separata de *Saitabi*. Rev. de la Facultad de Fil. y Letras. Universidad, XIII, 1963, 18 pp.
- KEEN, M. J.: *An Introduction to Marine Geology*. Oxford, Pergamon, 1968, 218 pp.
- KUNOW, P.: *El clima de Valencia y Baleares*. Valencia, Diputación Provincial, 1966, 239 pp.
- LOPEZ GOMEZ, A.: "El supuesto monzón de la Península Ibérica". Madrid, *Aportación española al XXI Congreso Geográfico Internacional*, C.S.I.C., 1968, pp. 71-88.
- MARTINEZ RIZO, I.: *Fechas y fechos de Cartagena*. Cartagena, Imp. de Hipólito García e Hijos, 1894, XXX y 326 pp.
- MELENDEZ-MELENDEZ, B.: "Itinerario geológico Cartagena-Almería". Madrid, *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 1941, pp. 85-101.
- Memorias del Instituto Geológico de España: *Criaderos de hierro de España*. Tomo I: *Criaderos de la Provincia de Murcia*. Madrid, Imp. de A. Marzo, 1912, 544 pp.
- NEUMANN, H.: "El clima del Sudeste de España". Madrid, *Est. Geográf.* núm. 78, 1960, pp. 171-209.
- OTTMANN, F.: *Introduction à la Géologie marine et littorale*. París, Masson et Cie, 1965, 259 pp.
- ROSSELLO VERGER, V. M.: "Notas preliminares a la geomorfología litoral del norte de Valencia". Valencia, separata de *Saitabi*, Rev. de la Facultad de F. y Letras. Universidad, 1963, 39 pp.
- SCHIETH, E. y KRIES, W.: "Valores medios de la presión atmosférica sobre la Península Ibérica (período 1901-1930)". Madrid, *Est. Geográf.* núm. 28, 1947, pp. 537-543.
- SOLE SABARIS, L.: *Oscilaciones del Mediterráneo español durante el Cuaternario*. Barcelona, C.S.I.C., 1961.

- TEMPLADO MARTINEZ, D.; MESEGUER PARDO, J.: *Mapa geológico de España. Explicación de la hoja núm. 977. Cartagena.* Madrid, Inst. Geológ. y Minero, 98 pp., láms. y mapas.
- TRICART, J.: *Étude sur le façonnement des galets marins.* III Congrès l'international de Sedimentologie, Pays-Bas, 1961, pp. 245-255.
- ZABALETA VIDALES, C.: *Síntesis de Meteorología Marítima.* Madrid, Instituto Nacional de Meteorología, Servicio Meteorológico Nacional, Publicaciones: Serie B núm. 18, 1967, 141 pp.
- WILLIAMS, W. W.: *Coastal changes.* London, Routledge and Kegan, 1960, 220 pp.



Lám. I, fig. 1.—Aspecto parcial del litoral oeste de Cartagena. Litoral de buenas condiciones maríneas con puertos y calas. Fuerte pendiente en la vertiente meridional de la Mesa del Roldán.



Lám. I, fig. 2.—Los aportes de la rambla del Portús han originado la playa de la Morena (en primer término). Obsérvese el boquete abierto por la citada rambla en las calizas triásicas, para desaguar en la playa del mismo nombre (al fondo). Un promontorio calizo las separa.



Lám. II, fig. 1.—Playas en formación. El socavamiento de las olas en el acantilado da lugar a estos depósitos de material detrítico de todas dimensiones.



Lám. II, fig. 2.—Escollera formada por grandes bloques desprendidos del acantilado, en las inmediaciones de la Torrosa.



Lám. III, fig. 1.—Canchal de la vertiente oriental de la Parajola. Los materiales de derrubio descenden por la pendiente y se clasifican en su caída, aumentando las dimensiones en el pie de monte.



Lám. III, fig. 2.—Playa de gravas y cantos formando cordones escalonados, formados por las olas al romper de una manera explosiva.



Lám. IV, fig. 1.—Isla de la Torrosa en proceso de soldadura con la costa.



Lám. IV, fig. 2.—Flecha de arenas, cantos y gravas que une la isla de la Torrosa con la costa. El tómbolo de unos 25 m. de longitud está creciendo y aflora por sus extremos.



Lám. V, fig. 1.—Bocana de la ensenada de la Algameca Grande. Amplia escotadura formada probablemente por hundimiento y que dió origen a acantilados de fuerte pendiente.



Lám. V, fig. 2.—Estructura tabular del Puntal del Moco. La estratificación da origen a abruptos acantilados. En primer término, la playa de la Morena.



Lám. VI, fig. 1.—Proceso formativo de una playa en las inmediaciones del tómbolo de la Torrosa. Obsérvese el deslizamiento de los materiales de derrubio por las pendientes, que serán posteriormente atacados por el oleaje.



Lám. VI, fig. 2.—Caleta producida por la actividad marina en el acantilado. Forma resultante de la erosión diferencial en la cual destaca la resistencia de las calizas y unas oquedades de origen quimioclástico.