

MARTÍN LILLO CARPIO

FORMAS LITORALES ESTABILIZADAS EN EL LIMITE DEL PAIS VALENCIANO Y MURCIA

El conocimiento de las formas litorales en roca caliza, al que tanto ha contribuido ANDRÉ GUILCHER¹ en el ámbito mediterráneo, constituye hoy día uno de los aspectos más interesantes de la geomorfología litoral.

Frecuentemente se suele establecer la elemental distinción entre formas erosivas y formas de acumulación costeras, dejando un tanto al margen las formas de «conservación» o relativamente estables, que pueden ser en ocasiones las que mejor ayuden a precisar la evolución litoral.

Quizá la causa de este *lapsus* metodológico resida en la menor extensión y espaciada distribución de los ejemplares, así como en su mayor permanencia con la mínima variación fisonómica. También puede influir en este desconocimiento el que los procedimientos convencionales de medida y cuantificación (distancia de avance o retroceso de la línea costera, volúmenes de roca dispersada o acumulada por la acción marina, granulometría, morfoscopia, etcétera), no resultan tan eficaces como parecen serlo en otras formaciones.

Lo que hemos dado en llamar «formas de conservación» no sólo son útiles para conocer la evolución litoral, sino también para detectar la tendencia de éste.

1. BALMA DE CORROSIÓN Y ACERA CON FRENTE ORGANÓGENO

El litoral mediterráneo, con ligera variación de nivel mareal y escasas oscilaciones producidas por los vientos y cambios de presión atmosférica,

¹ GUILCHER, A. (1961), "Le beach-rock ou grès de plage", *Annales de Géographie*, núm. 378, pp. 113-125.

presenta a veces una estrecha balma de corrosión que enlaza lateralmente con las superficies en acera litoral. Ambas formas, como testigo casi lineal para el conocimiento de las fluctuaciones de nivel marino holocenas, aportan una ventajosa información, que en los medios oceánicos con amplia variación de nivel marino es difícil de detectar.

A las acciones mecánicas, de variable incidencia, aunque no se encuentren en las inmediaciones materiales de proyección, se añaden las acciones físico-químicas y bioquímicas; de forma que podríamos añadir que todos los procesos se añan para la elaboración en primer término y conservación después, de una estrecha plataforma a 0 m aproximadamente.

De acuerdo con un nivel estable, en el sector considerado (fig. 1) estas formas suelen estar respaldadas hacia tierra por un acantilado o un escarpe de forma que, si no retrocede la pared vertical por derrumbamiento, la balma no se agranda ni evoluciona a acera litoral. Tampoco la acera se ensancha ni estrecha, a no ser por socavación y posterior derrumbamiento, por encima o debajo del nivel marino, respectivamente. Podemos, por tanto, hablar de formas relativamente estables que pueden llegar a convertirse en relictas si se produce un cambio de la superficie de nivel marino.

A la estrecha superficie cóncava (balma), u horizontal (acera), no llega ninguna corriente de agua dulce, ni sedimentos y la precipitación atmosférica sobre la segunda es escasa (300 mm anuales aproximadamente).

Cuando la acera está en el frente más expuesto a la dinámica marina de un islote (existen buenos ejemplos de escollos de este tipo), la escasa superficie de derrame tampoco condiciona un importante ni continuado aporte de agua a partir de la precipitación atmosférica. En caso de presentarse en un tramo de costa baja rocosa, los caracteres condicionantes serán parecidos si se encuentra alejada de cualquier desembocadura fluvial.

Se puede afirmar que esta morfología no sólo es propia de un clima árido, sino también de una residencia ecológica seca, atendiendo al suministro de aguas de procedencia continental.

Las aportaciones de M. FEVRET y P. SANLAVILLE², así como las de M. DALONGEVILLE³, al conocimiento del litoral libanés, son interesantes a la hora de establecer un esquema evolutivo simple. Ciertos espacios están protegidos por la biocenosis y resisten a la corrosión, mientras que otros sufren una corrosión muy intensa.

Un cordón de biohermo, situado a la altura de la base de la que pudo ser la balma de corrosión, asegura una protección de la roca subyacente en la parte más expuesta a la acción marina, al tiempo que hacia atrás del bioher-

² FEVRET, M., y SANLAVILLE, P. (1965), "Contribution à l'étude du littoral libanais", *Méditerranée*, 2, pp. 113-134.

³ DALONGEVILLE, M. (1977), "Formes littorales de corrosion dans les roches carbonates au Liban. Etude morphologique", *Méditerranée*, núm. 3, pp. 21-33.

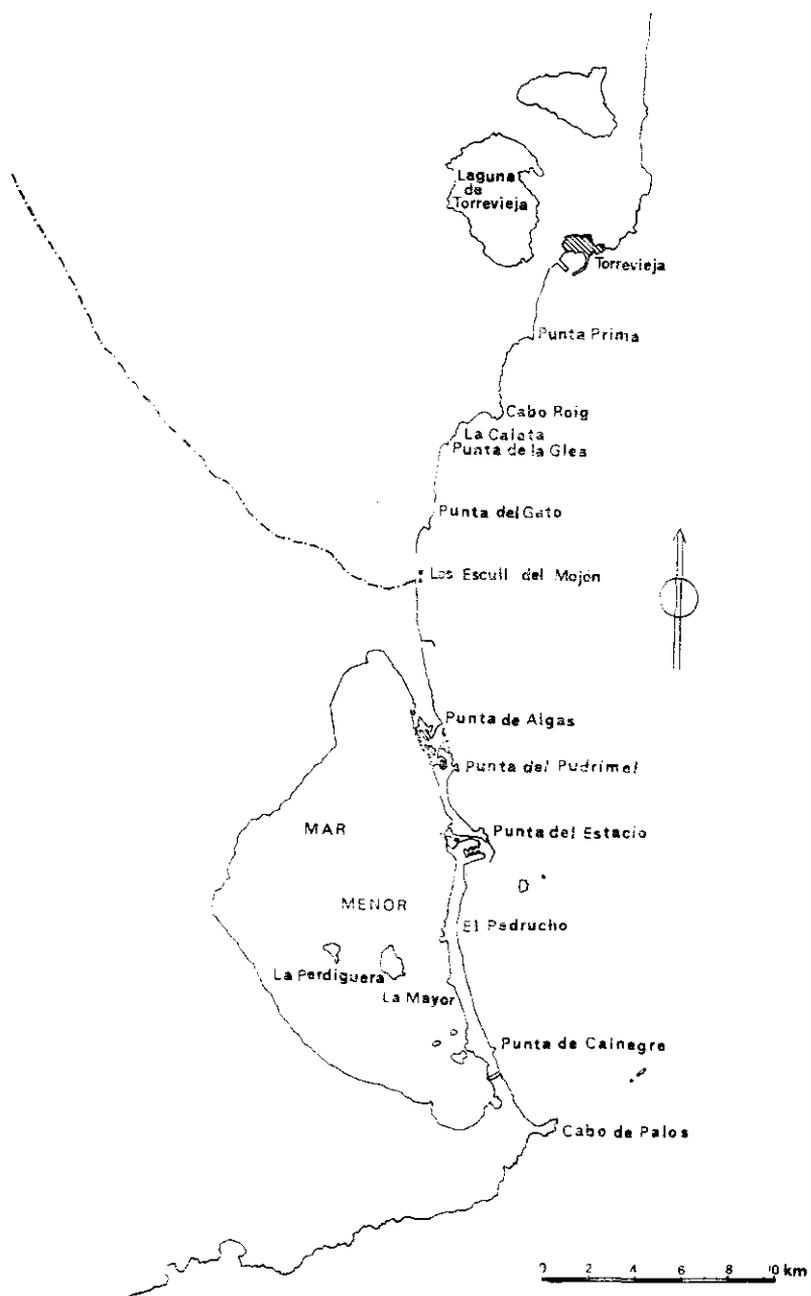


Figura 1.—Sector litoral comprendido entre Torrevieja y Cabo de Palos.

mo, la acera litoral comienza a formarse si retrocede el escarpe continental (figs. 2 y 3).

La presencia de abundantes pegotes de alquitrán y otros residuos, que inhibirán el desarrollo y después provocarán la destrucción del biohermo exis-

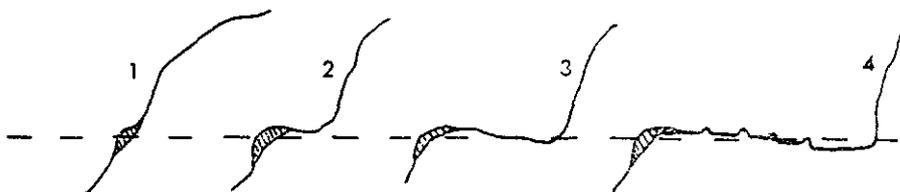
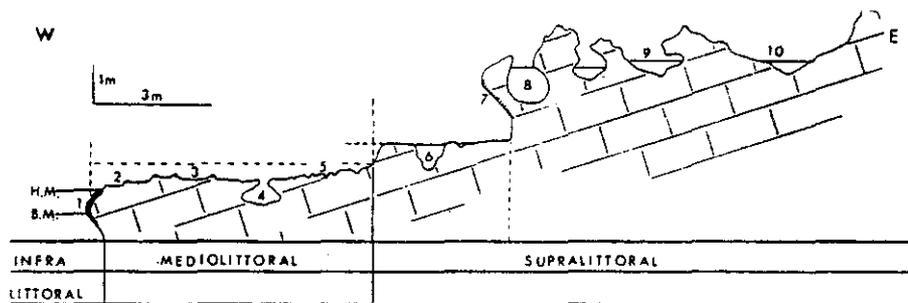


Figura 2.—Elaboración y ensanchamiento de la acera litoral, según P. Sanlaville, 1973. Citado por M. Dalongeville, 1977.

tente en el borde externo de la acera, acelera nuestro interés por establecer una clasificación de formas. Su conservación, hasta ahora, se debe a la escasa valoración recreativa de estos tramos litorales (ausencia de playa arenosa), pues los ejemplos más significativos están situados entre urbanizaciones.



1. Vasques en bénitier et console à vermet.- 2. Vasques de platier d'organisation externe.- 3. Vasques de platier d'organisation interne.- 4. Cuvette.- 5. Alvéoles.- 6. Mare-cuvette (T.S.).- 7. Dentelle à cupule et encorbellement.- 8. Mare-cuvette (sommets de falaise).- 9. Mare en entonnoir.- 10. Mare très ouverte.

Figura 3.—Perfil y zonación morfológica en el litoral libanés, según M. Dalongeville (1977).

El primer lugar de interés queda entre Cabo Roig, al N, con puerto deportivo en buena parte del área ocupada por la balma de corrosión, y Campoamor, donde también algunos tramos de acera litoral han sido trastocados para la construcción de otro puerto con la misma finalidad. El segundo, sobre calizas arrasadas, sin respaldo de acantilado o escarpe hacia tierra, está situado en las inmediaciones del Estacio, donde se viene construyendo el mayor puerto

de la citada categoría. En las proximidades de Punta del Gato se está terminando de construir otro puerto deportivo (Torre de la Horadada).

1.1. *Acción del oleaje y condiciones de exposición*

En general, el frente de oleaje, por influencia del fondo, empieza a retrasarse en profundidad y se deforma independientemente de las modificaciones de la dirección de propagación. La ola rompe en el biohermo y se produce un violento movimiento de agua hacia adelante que inunda la acera litoral, produciendo salpicaduras que llegan más arriba. Después el agua se retira en forma de derrame casi laminar.

También la línea de oleaje al adaptarse a la topografía modifica su orientación. Las ortogonales presentan hacia las bahías una divergencia y, por tanto, dispersión de energía, que suele dar lugar, si existen en las proximidades materiales disponibles, a playas de acumulación. Frente a un saliente de la costa, por el contrario, se produce una convergencia de ortogonales y una concentración de energía, por lo que suele predominar la acción erosiva sobre la sedimentación.

Estos esquemas tan conocidos, que excluyen al escalonamiento estático entre batimétricas, son incompatibles con las formas de conservación. Estas últimas, escapan a la normativa, de acuerdo con las modificaciones que sufre la ola en profundidad antes de romper y de acuerdo también con los cambios de dirección del oleaje impuestos por la topografía inmersa.

El retroceso del volumen de agua impelido sobre la acera es casi total, debido a la escasa permeabilidad y total saturación de dicha superficie. Ni balma ni acera aparecen como propias de cabos o de bahías; su ubicación es intermedia entre unos y otras.

Estas formas no se encuentran sometidas a la acción transversal decidida por el *fetch* dominante, ni participan en modo alguno de la acción longitudinal de la deriva. A la hora de establecer una distribución de los tres tipos de costa (de erosión, de sedimentación y estabilizada), el esquema podría ser el siguiente: entre las formas de erosión netas y las de acumulación, quedan como formas intermedias y raramente progresivas, las de corrosión (balma), de corrosión-edificación organógena (acera litoral), y las «puntas de lapiaz».

2. LAS FORMACIONES EN PLAYA CONSISTENTE

Contrastando con las formas de conservación anteriores, la playa consolidada (*beach rock*), se presenta también en nuestro sector como de conservación, pero conjugando costa baja, acumulación detrítica fina, residencia ecológica húmeda, ausencia de escalón entre batimétricas y exposición evolucionada con respecto al *fetch* dominante (un buen ejemplo lo tenemos en el

tramo que separa la laguna de Torrevieja del Mediterráneo, al S de la citada villa).

También es a GUILCHER ⁴ a quien debemos las precisiones geomorfológicas sobre esta formación: sedimento de playa con conchas marinas o fragmentos coralígenos consolidados por un cemento calcáreo, que suele encontrarse en los mares con edificaciones de coral. Añade que esta consolidación intertidal es un fenómeno actual para los mares cálidos, mientras que en los mares templados, en la mayoría de los casos se trata de una formación antigua puesta al descubierto por los temporales.

Según el citado autor es frecuente que las playas consolidadas se encuentren junto a otras que no lo están. Se presentan generalmente como formas discontinuas, observándose frecuentemente varios bancos superpuestos y distintos.

La formación tiene el mismo buzamiento que las playas y cuando quedan expuestas tras una evacuación de arena, se presentan como microcuestas con el frente hacia tierra. Por socavación frecuentemente se rompen dando lugar a bloques o fragmentos libres acumulados de acuerdo con la acción remontante del oleaje.

La mayor o menor consolidación parece que no está solamente en función de la antigüedad, pues si bien a veces la superficie es fácilmente deleznable, como correspondería al revestimiento superficial de bancos más duros y profundos, ésta no es la norma general. En otras ocasiones, la dureza de cada banco es mayor en la parte superior que en la inferior y por esta razón cuando está desprovisto del recubrimiento arenoso presenta una topografía en microcuestas. Cuando la masa consolidada es extensa y potente no suele aparecer fragmentada, y si la línea de costa determinada por la alta playa no consolidada sufre un retroceso, puede subsistir un amplio afloramiento consolidado que indique la antigua posición de la costa.

Las formaciones con aspecto de playa consistente de las regiones no tropicales plantean el límite latitudinal de la consolidación (si es que existe un límite). En el Mediterráneo oriental se han encontrado en varios lugares formaciones actuales o subactuales típicas. Parece que tanto en Marruecos como en el Mediterráneo oriental, estas consolidaciones litorales se parecen mucho a las tropicales. Las desembocaduras de los ríos o las golas, donde las condiciones de salinidad, de turbidez y contenido en materia orgánica pueden ser bastante diferentes a las del mar abierto, parecen ser los lugares más propicios (en la desembocadura del Ródano se encuentra en forma detrítica, pero hasta ahora no se ha comprobado que allí, ni en los Países Bajos aparezcan extensas formaciones *in situ*).

Como conclusión mantiene GUILCHER que es evidente que las arenitas de playa con cemento calcáreo, de formación actual o subactual, son mucho más raras en las regiones extratropicales que en los mares coralígenos.

⁴ GUILCHER, A. (1961), *op. cit.*

2.1. *Acción del oleaje y condiciones de exposición*

Si en vez de tratarse de una playa consolidada se tratase de una playa funcional, el movimiento de las partículas hacia la orilla producido por la acción normal del oleaje, sería un proceso reversible y, al cambiar el estado de la mar, se produciría un transporte en sentido inverso. La pendiente en el estrán sería mínima como corresponde a una granulometría fina de arenas.

El perfil habitual de la playa experimentaría importantes modificaciones en situación de temporal. La línea de rotura avanzaría hacia el mar y la playa seca sería erosionada en función de la mayor energía; la profundidad de la línea de rotura sería mayor al aumentar la altura de la ola, por lo que la línea de oleaje se alejaría de la línea de costa. Las formaciones eólicas de origen costero podrían abastecer el sector con materiales sueltos que estaban por encima del nivel habitual de playa, formando el cordón que aísla una laguna propia de mar sin marea. Si no se produjese erosión ni acumulación, se alcanzaría una estabilidad estática en la que la acción bioquímica podría condicionar una cementación progresiva, lo que desde el punto de vista genético podría venir al caso.

Sin embargo, actualmente el oleaje, aunque propio de una playa de acumulación, debido a la escasez de sedimentos disponibles, se comporta como «corriente no saturada» que actúa sobre una superficie de abrasión relativamente estable.

Cada uno de los dorsos de microcuesta, en cierto modo sigue funcionando como punto de rotura de la ola y entre él y el dorso de la siguiente, aparece una zona de funcionamiento parecido al del estrán. El oleaje remonta la «cuesta» rompiendo y pasando al «estrán».

El cordón donde se apoya la playa consolidada experimenta un retroceso por subsidencia y por ello afloran las microcuestas como testigo de la antigua posición de costa.

Como los sedimentos a movilizar en el talud están fijados por consolidación o quedan muy alejados, éste no se ajusta al retroceso y la playa dura no se ve anegada por arenas.

Parece aquí que, para cada nivel marino posible debido a la marea astronómica o meteorológica, existe una zona propia de playa en equilibrio estático (punto de rotura, estrán y playa seca).

3. DIRECTRICES LITOESTRUCTURALES

En el Estacio afloran en contacto con el mar unos bancos de calizas miocenas, macizas o con juntas de estratificación y diaclasamiento poco destacado. El buzamiento es mínimo hacia el mar, con la particularidad de endurecerse la roca al mojarse. Su resistencia es de 19 kilogramos por centímetro

cuadrado y no se producen fenómenos de socavación diferencial por la acción mecánica del oleaje.

En la Caleta las directrices estructurales tienen gran importancia, puesto que el índice de articulación de la acera está relacionado con las fracturas o diaclasas. A partir de las juntas de sedimentación diaclasadas, en la playa colgada se realiza un trabajo de zapa por debajo del biohermo, que puede dar lugar al basculamiento y sumersión de los bloques, sobre todo si tenemos en cuenta que la masa de calcoarenita fósil está sobre el talud del glacis continental (adosada lateralmente). A ambos lados del ejemplo anterior y al pie del glacis acantilado (donde se establece el contacto directo entre aguas marinas y entablamiento calizo plioceno), aparece marcada una balma de corrosión continua en sustitución de la acera litoral con biohermo. Este sector coincide con una zona recientemente expuesta a la erosión marina tras la pérdida de un amplio sector litoral por hundimiento, al tiempo que se observa también una tendencia emersiva. Entre Cabo Roig y Punta de la Glea, el glacis continental se encuentra fallado y basculado hacia el mar en «tecla de piano». Una nueva fractura establecida al N de Punta de la Glea permite que aflore en este último punto, incluso la calcoarenita rojiza pliocena infrayacente al entablamiento calizo. Sobre este último aparecen las secuencias de limos rojos y costras pleistocenas, que corresponden a los horizontes superiores de los suelos y a los horizontes Ca respectivamente.

En Punta del Gato, el buzamiento de las capas de calcoarenita dunar protege en ocasiones la acera litoral de la acción de zapa del oleaje, al tiempo que no establece unas condiciones de exposición adecuadas para que se produzca el escalonamiento en su borde interno. La evolución de la franja está marcada hacia el interior por disolución, como prueban los lapiaces y cuencos salobres que accidentan la superficie.

Al S del puerto de Torrevieja, la playa dura está relativamente protegida de la erosión subaérea, por ser lenta la descalcificación del cordón sobre el que se apoya, al tiempo que hacia abajo se está intensificando el proceso de cementación arenosa superficial, incluso con finos encostramientos. Todo ello debe estar en función, entre otros factores, de capas freáticas. Mientras el ejemplo de la arenita dunar caracteriza un tramo de costa emersiva, el de playa consistente caracteriza el sector subsidente de Torrevieja que separa la laguna del Mediterráneo desoldando «frentes de cuesta» en forma de escollos paralelos a la costa. Los procesos de erosión en las acanaladuras subsecuentes se compaginan con los de cementación dando lugar al desgajamiento y posterior conservación en la línea de escollos, de los restos de playa fósil.

3.1. *Acera litoral en calcoarenita miocena*

El afloramiento mioceno más importante que aparece en el sector es el de la Punta del Estacio en La Manga; si bien a veces es difícil distinguirlo de la caliza pleistocena marina, que suele presentarse como tapizado arenoso

consolidado, en lo que debió ser un fondo somero de algas y madréporas hoy emergido, con aspecto de lapiaz esponjoso y tabicados de calcita o tubuladuras.

Donde el Mioceno aflora directamente y en contacto con el mar, la característica más decidida es que el escarpe que limita la acera litoral hacia el interior, está en ligero voladizo de corrosión (fig. 4 a). Aquí la aparición y ensanchamiento de la acera están relacionados con los procesos de disolución, como atestiguan los lapiaces y los cuencos salobres que accidentan la superficie por encima del escarpe.

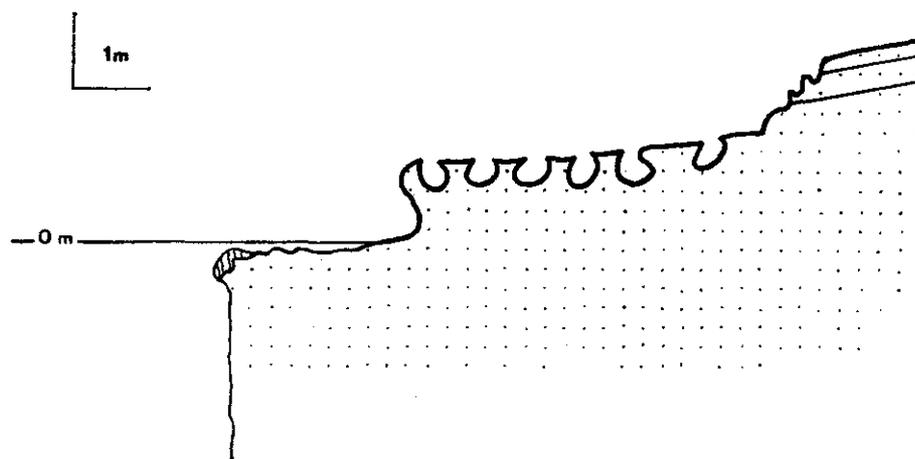


Figura 4 a.—Acera litoral en calcoarenita miocena.

La acera litoral, estrecha y semicubierta por el voladizo (como evidencia la acanaladura siempre de color más claro de la roca), es objeto al pie del escarpe de una disolución concentrada esencialmente sobre su borde interno. En un mar con ligera oscilación marina como el Mediterráneo, la anchura de la acera litoral no puede ser muy grande, puesto que más arriba se presentan ya los cuencos salobres sin comunicación directa con el mar.

La formación organógena es mínima en el borde exterior de la acera, sin embargo, en la superficie alta, posible antigua acera litoral, el recubrimiento organógeno fósil parece indicar un antiguo nivel marino superior al actual.

Los cuencos salobres cubren el conjunto de la superficie alta, variando de fisonomía de acuerdo con la proximidad a la línea de costa, si bien son cavidades generalmente semiesféricas, ventradas, de fondo cóncavo seguido de hendidura y visera. No sobrepasan el diámetro de 1 metro y están situadas en la zona sólo alcanzada por los golpes fuertes de mar y por las salpicaduras. Son cavidades cerradas, estando a menudo llenas de restos de *Posidonia* arrojados por el mar.

3.2. *Acera litoral en calcoarenita maciza de playa fósil*

En la Caleta, sobre esta formación el revestimiento biológico alcanza el máximo desarrollo, con alteración superficial hacia el interior, que da lugar a lapiaces (fig. 4 b). El pequeño escalón a modo de balma, que limita la acera litoral hacia tierra y con respecto a la superficie karstificada más alta, puede evolucionar escalonadamente hacia lapiaz marino, perdiendo su perfil subvertical.

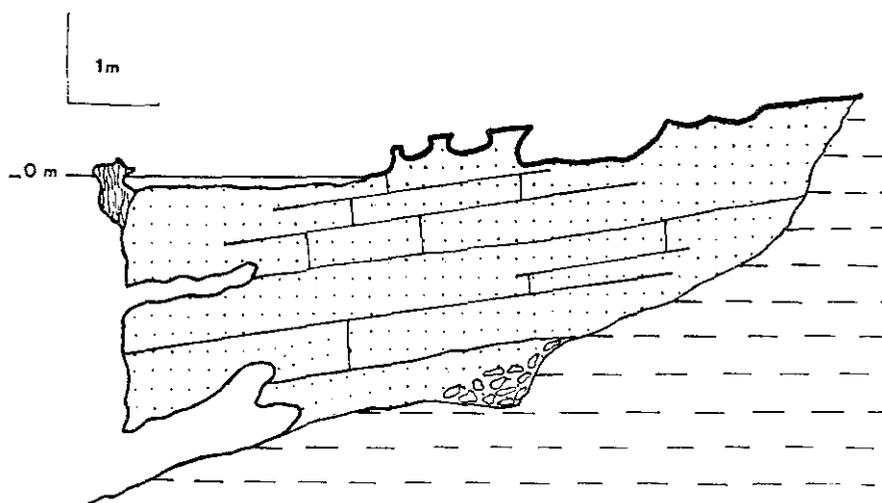


Figura 4 b.--Acera litoral en calcoarenita masiva de playa fósil.

El litoral queda lleno de islotes y penetraciones del mar, bordeados fielmente por la acera con biohermo. La acción mecánica es bastante eficaz, aunque no se encuentran formas de erosión turbillonar. La exposición por sí sola no explica la anchura de la acera, puesto que la estructura ejerce un papel importante. Donde la caliza está muy diaclasada la penetración del mar se ve facilitada, siendo considerablemente aumentadas las superficies de contacto con el agua marina. Sin embargo, los procesos de disolución parecen estar concentrados esencialmente en el borde interno de la acera, y su altura relativa es mayor en los sectores expuestos que tras los islotes o lugares resguardados.

Parece que al tiempo que la disolución tiende a ensanchar la acera litoral hacia el interior y el biohermo hacia fuera, la erosión mecánica puede conseguir desmoronarla por vaciamiento y posterior basculación, ya que la labor de los organismos constructores se realiza esencialmente por encima del área de socavamiento.

3.3. *Acera litoral en entablamiento calizo (calizas de régimen hidromorfo y/o costra caliza)*

La característica fundamental reside en que gran parte de la acera litoral está decidida por la horizontalidad de los afloramientos calizos del escarpe (fig. 4 c). En la Caleta entre el sector litoral subsidente (basculado) central y los sectores emersivos N y S (Cabo Roig y Punta de la Glea), se establece una discordancia lateral, faciología y cronoestratigráfica, que hace posible

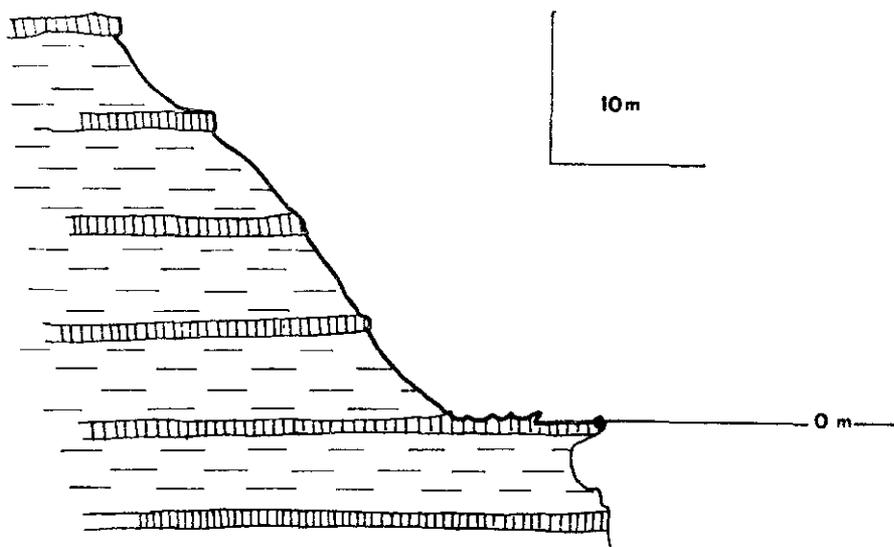


Figura 4 c.—Acera litoral en entablamiento calizo (calizas de régimen hidromorfo y/o costra caliza).

podamos observar hasta qué punto la acera litoral o la balma, en su elaboración pueden quedar sujetas a la litología y a la estructura.

En la parte S, entre la segunda y tercera unidad de bloques fallados, afloran los dos niveles del Plioceno y algunos retazos de playa fósil, todo ello bordeado por el biohermo. El equilibrio entre la actividad constructora y la destructora es importante para comprender el origen y desarrollo de la acera litoral y de los charcos salobres que la acompañan.

Tras el análisis químico del contenido de varios cuencos establecidos en distintas litologías, se evidencia que ciertos espacios están protegidos y resisten a la corrosión, aunque al final se produzca el despegue de la acera litoral por fracturación de la tabla caliza que ha quedado exenta por evacuación de los materiales deleznable infrayacentes.

3.4. *Acera litoral en calcoarenita dunar*

Uno de los mejores ejemplos se encuentra en Punta del Gato, donde la arenita dunar, hacia el interior enrasa con la superficie del glacis encostrado (fig. 4 d). Presenta formas de estratificación cruzada y erosión en candela, debiéndose el escalón hacia el mar, en gran parte, a la acción de los canteros que extraían la «piedra tosca». Sin embargo, éstos no llegaron a sacar todo el material, debido a que hacia el interior la arenita pasa a ser deleznable.

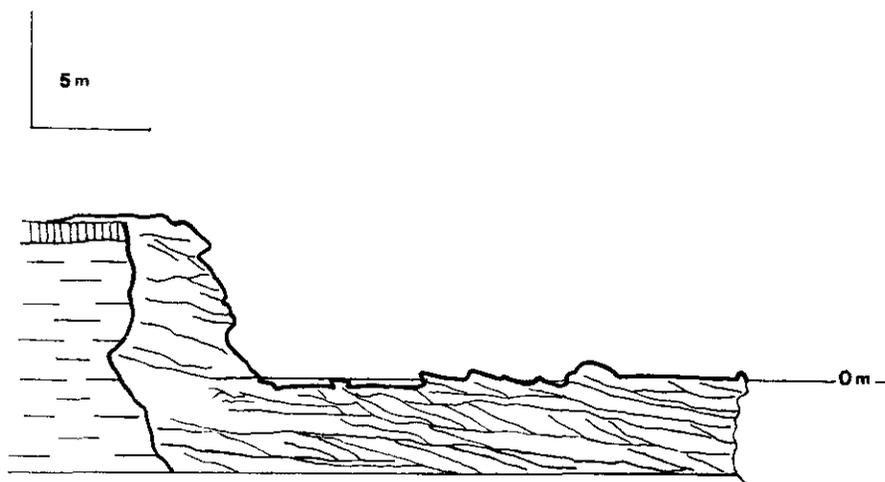


Figura 4 d.—Acera litoral en calcoarenita dunar.

Tras la acera litoral queda frecuentemente una franja invadida en invierno por las aguas marinas y en las arenitas dunares, con buzamiento general hacia el mar, aparecen una serie de depresiones subsecuentes, evidenciando que la estructura decide la mayor o menor eficacia de la acción marina. La acera es ancha y como testigo de una etapa de elaboración prolongada, o de la acción de los canteros, tras el biohermo presenta una superficie a nivel de aguas medias y otra zona ligeramente por encima.

La construcción organógena no es muy importante y queda reducida a una banda estrecha y de débil espesor. Parece que la buena exposición a la agitación del mar no lleva aquí consigo un mayor desarrollo del biohermo, posiblemente porque debido a ello la temperatura es más baja que en otros puntos. Se presentan también marmitas, objeto de erosión turbillonar mecánica por gravas.

3.5. *Acera litoral en playa consistente*

A simple vista existe cierto parecido entre los caracteres fisonómicos de esta formación (que no da lugar a una auténtica acera litoral) y los ya descritos como propios de calcoarenita dunar. En ambos casos se trata de arenitas en capas buzando hacia el mar y formando un relieve en microcuestas que da lugar a canales subsecuentes (fig. 4 e). Sin embargo, las diferencias son importantes.

En primer lugar tendríamos que distinguir (lo que no siempre resulta fácil), los caracteres dunares del primer tipo de los caracteres playeros del segundo. A continuación hemos concedido importancia a que la duna enrase con el escarpe (quizá lo desbordó por encima), mientras que la playa consistente se establece sobre el nivel de glacis encostrado y adosada a un cordón litoral (invasión de una baja llanura aluvial por el mar). Habría también que tener en cuenta la ausencia de escalón inmerso en el segundo ejemplo, así como de barrera organógena y mayor pendiente de las falsas aceras litorales hacia el mar. El límite exterior de la «acera» en vez de marcarlo el biohermo lo establecen los escarpes de microcuesta.

Parece que entre los dos tipos de formas sólo existe de común el buzamiento general de las calcoarenitas (en el ejemplo dunar el buzamiento es mucho mayor), hacia el mar y las depresiones subsecuentes.

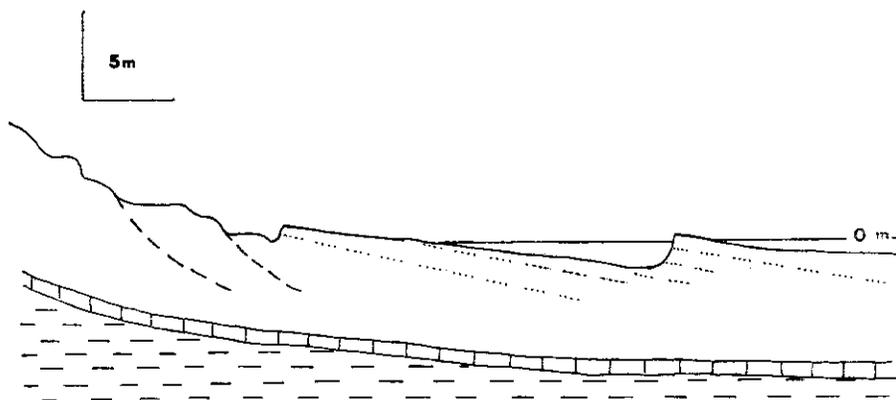


Figura 4 e.—Acera litoral en playa consistente.

Un rasgo común lo constituirían sin embargo los cuencos-marmitas, si bien en el primer caso el abrasivo está constituido por gravas y arenas y en el segundo por escasas unidades de gruesos guijarros.

Sin intentar por ahora precisar la cronología de ambas formaciones, sí podemos añadir que el ejemplo dunar está en proceso de descalcificación y desmantelamiento subaéreo en su parte alta y de disolución en la parte interna

de la acera litoral, si bien es defendida hacia el mar por la barrera organógena. La playa dura está más protegida de la erosión subaérea, por estar inundada casi siempre en su mayor parte y por ser más lenta la descalcificación del cordón sobre el que se apoya, al tiempo que hacia abajo se está intensificando el proceso de cementación arenosa superficial, incluso con finos encostramientos. Todo ello debe estar en función, entre otros factores, de las capas freáticas que bajo el cordón establecen un intercambio entre la laguna y el Mediterráneo.

4. CONSIDERACIONES SOBRE LA PERMANENCIA DE LAS FORMAS RELATIVAMENTE ESTABLES

En términos generales, de las observaciones efectuadas, parece deducirse que se está elaborando una superficie a 0 m de acuerdo con la corrosión hacia tierra y la edificación organógena hacia el mar. En el caso de la playa dura, la existencia de una superficie de escasa pendiente, en cierto modo parecida a la acera litoral pero sin biohermo, no obedece a procesos de disolución sino de cementación calcárea.

Ambos tipos de formas, acera y playa consistente, tienen en común el predominio de la acción química (disolución o precipitación de carbonatos), sobre la acción mecánica. Esta última favorece más bien la destrucción que la conservación, aunque a mayor exposición al embate del oleaje, los procesos químicos, bioquímicos y orgánicos se acentúan.

La acción mecánica del oleaje, bien sea erosiva o de transporte-sedimentación, adquiere la máxima eficacia inmediatamente por debajo del nivel marino (biohermo de la acera o ligeros encostramientos de la playa consistente), produciéndose la socavación o la abrasión, según los casos.

Podemos hablar entonces de medios erosivos con acción erosiva indirecta (socavación), para el primer caso y de medios de acumulación con deposición indirecta (la nueva playa se forma a costa del cordón), para el segundo.

A pesar de todo, la acera desarrollada por disolución puede ser destruida también por disolución química. La acción de zapa es sustituida entonces por el vaciamiento kárstico de la roca maciza cuando ésta no permite una destrucción diferencial de los materiales deleznales por debajo del biohermo.

En la playa consistente parece darse una mayor efectividad de la acción mecánica en la parte alta de la formación de acuerdo también con la subsidencia, mientras que en la acera la mayor eficacia erosiva se observa por debajo de la formación organógena.

Para sectores emersivos la destrucción de la acera se produce por socavamiento, o vaciamiento kárstico, según se trate de una formación caliza interestratificada entre horizontes más deleznales (o playa fósil adosada lateralmente al escarpe del glacis continental), o bien de calizas masivas.

En las calizas masivas del Estacio, las formas son más duraderas por tanto

y pueden evidenciar más de un nivel marino. El mecanismo de destrucción es complicado y lento con predominio de la disolución. La acción del oleaje no es despreciable, estableciendo especies de tubuladuras de circulación forzada. La renovación continuada de agua, favorece los procesos y amplía las superficies de contacto.

4.1. *Rasa litoral en materiales volcánicos*

Los ejemplos estudiados no están sujetos a una dinámica estrictamente marina, pues se trata de formaciones localizadas en las islas Mayor y Perdiguera, situadas en el Mar Menor. Se presentan como contorno periférico,

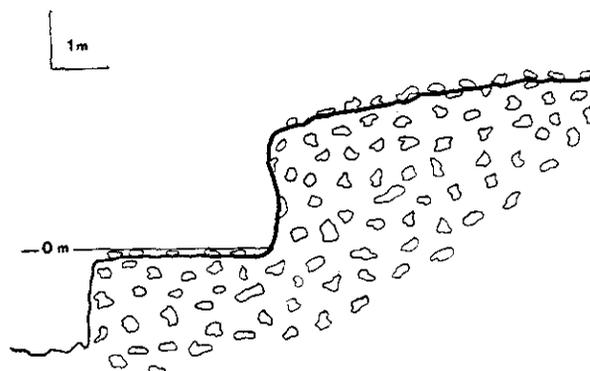


Figura 4 f.—Acera litoral en materiales volcánicos.

circular o elíptico, pero siempre convexo hacia las aguas lagunares. A diferencia de los ejemplos anteriores la primacía en la elaboración de la «acera litoral» va a corresponder a la acción mecánica.

Evidentemente estos relieves volcánicos de material brechoide, debido a su falta de cobertura sedimentaria, ausencia de vegetación y fuertes pendientes, liberan el abundante abrasivo necesario para que el movimiento de las aguas lagunares elabore una «acera». Sin embargo, hay que aceptar, al menos para el inicio del proceso, un papel importante de la disolución química. Los clastos, una vez redondeados suelen pasar a mayor profundidad y son sustituidos por nuevos derrubios de ladera, puesto que no existe barrera organógena en el borde exterior de la acera (fig. 4 f).

Parece que sólo una bajada paulatina del nivel lagunar podría haber dado lugar al ensanchamiento importante de esta superficie. La prueba de un descenso reciente, posterior al de máximo desarrollo de la plataforma, puede estar en la serie de bloques que han quedado inmovilizados sobre la «acera», así como la exagerada altura de la balma que la limita hacia el interior.

4.2. *Detección de fracturas a partir de la observación de la acera litoral*

En la Caleta, la acera se presenta también en los islotes alargados paralelos a la línea de costa, limitada bruscamente por una balma de 0'8 m de altura que da acceso a una superficie plana, accidentada por cuencos salobres cuando se trata de materiales de playa fósil macizos, o de lapiaz marino cuando se trata de otro tipo de calizas. En las arenitas playeras bien estratificadas que buzan hacia el mar, a barlovento se establece la acera litoral bien desarrollada y a continuación, hacia tierra, una serie de canales subsecuentes en tránsito a lapiaz.

En ocasiones aparecen unos islotes transversales a la línea de costa y que engloban materiales procedentes del escarpe continental, en forma de conglomerados poco elaborados y con matriz de playa fósil maciza y casi horizontal. Estos escollos suelen tener su propia acera, un poco más alta de lo normal, porque los materiales se establecieron como relleno de fracturas en el fondo de una estrecha hendidura, hoy en parte diferenciada de nuevo, donde el oleaje se incrementa de manera apreciable.

Este sería un método eficaz de detectar las fracturas transversales a la línea de costa, puesto que la orientación de los islotes en punta hacia los vientos dominantes y su profundo encajamiento como material de relleno intersticial los convierte en testigos bien enraizados con el fondo y no susceptibles a los basculamientos por zapa, propios de los materiales adosados lateralmente al talud pliocuaternario.

4.3. *Arrasamiento y anegado por encima de la acera litoral*

En La Manga del Mar Menor unos apuntamientos de calcoarenita miocena, ligeramente recubiertos de arenitas cuaternarias, que presentan unos caracteres de instalación muy parecidos en los diversos puntos estudiados, sirven de soporte a la costa de acumulación arenosa actual.

Sobre dos de los puntos más avanzados de dicho litoral, Punta de Algas y Punta del Pudrimel, hemos precisado unos perfiles y establecido una zonación morfológica (figs. 5 y 6). Los modelos establecidos pueden contribuir a la interpretación general del karst marino en roca caliza. No incluimos en esta ocasión ninguna referencia a las formas de erosión y disolución diferencial que, en los materiales volcánicos del Calnegre, dan lugar a una morfología parecida a la kárstica estudiada por encima de la acera litoral. Sin embargo, aludimos a la necesidad de que en posteriores estudios se puedan tratar las formas establecidas en material volcánico, que en contacto con el mar, puedan dar lugar a carbonato secundario.

En Punta de Algas, superficialmente aparecen restos (fondos) de una serie de cuencos salobres, que apenas conservan sus umbrales de separación. La mayor parte de la superficie está enfangada por una capa de 30 cm aproximadamente, compuesta de 35-37 niveles milimétricos bien definidos, con pre-

dominio de fracción pelítica. El conjunto presenta un aspecto de varvas con variaciones de color entre las diversas capas, atribuibles sobre todo al tiempo de exposición subaérea, previo a la deposición del nivel inmediato superior. Estos lodos proceden del Mar Menor y se han establecido aquí de acuerdo con el oleaje lagunar secundario.

Esta serie de fondos de cuencos salobres, auténticas formas residuales, al estar fosilizados por la colada fangosa, mantienen una humedad continuada que da lugar a que la calcarenita infrayacente se presente deleznable. En caso de perder la cobertera superior de fangos, hecho que no se puede dar más que por acción antrópica, sería fácilmente erosionable.

La excepción aparece cuando una costra zonada, de hasta 2 cm de espesor tapiza las superficies entre cubetas. Esta protección da lugar a que la densidad de cuencos disminuya y aparezcan formas coalescentes formadas por la unión de 3 ó 4 cuencos simples sin ningún umbral entre sus fondos. Este tipo de cuencos se suele encontrar por encima de la acera, muy próximo al nivel marino y exento de fangos.

Ya inmersas y como se indica en la figura 5 suelen aparecer unas curiosas marmitas de disolución, desprovistas de todo tapiz algar, en cuyos fondos aparecen en continuo movimiento restos de *Posidonia* muy deteriorados. Tras un pequeño umbral de unos tres metros de altura, contados desde la base de la «dolina», en declive general aparece un suelo arenoso con pradera de *Posidonia*.

4.4. Evolución kárstica

En la Punta del Pudrimel, a diferencia de lo que sucede en Punta de Algas, donde la superficie por encima de la acera litoral está arrasada casi a nivel del mar y fosilizada por los fangos lagunares, la plataforma por encima de la acera se presenta ampliamente extendida, con cierta altura y aislada de todo aporte sedimentario lagunar (fig. 6). La parte alta tiene aspecto esponjoso, y en tránsito a la plataforma superior se presenta un tipo de cuenco, cuya originalidad consiste en que una lámina de calcita (establecida en la discontinuidad de dos capas de calcoarenita), puede llegar a constituir la parte superior del umbral que separa el primer cuenco de la plataforma superior, de la zona alta esponjosa.

La plataforma superior presenta un amplio muestrario de cuencos salobres entre los que cabe distinguir:

- a) Cuencos descollados o sin visera.
- b) Cuencos con estrecho rebosadero a media altura que los comunica con otros.
- c) Rosario de cuencos, como forma evolucionada del tipo anterior.
- d) Cuencos con visera disimétrica, en los que el voladizo mayor siempre corresponde a la pared más cercana al mar.
- e) Cuencos sobre el voladizo establecido por la balma de corrosión.

En la acera litoral se siguen distinguiendo claramente los dos procesos: disolución y construcción organógena. Resultan de interés las formas de disolución con planta en forma de anillo o gota de agua, que llegan a alcanzar los 0'30 m de diámetro mayor y consisten en un reborde periférico de 2 cm de altura aproximadamente que dibuja alguna de las dos formas citadas. Des-

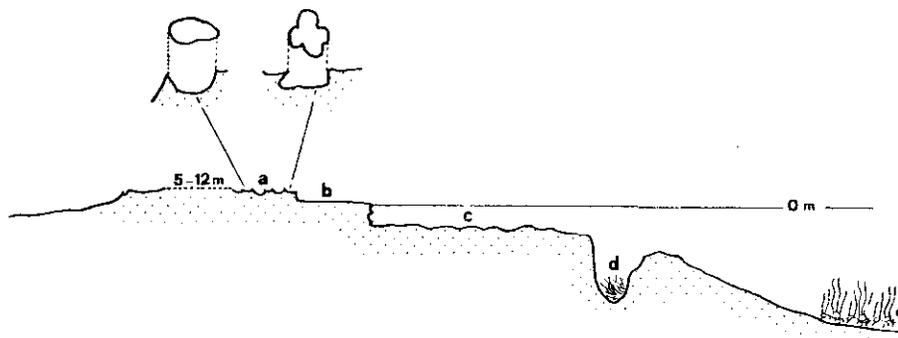


Figura 5.—Perfil litoral de Punta de Algas.

a, Nivel de fangos. b, Acera litoral. c, Antigua acera litoral. d, Marmitas de disolución. e, Pradera de *Posidonia*.

tacan por su color blanquecino sobre la planitud de la acera litoral y muy próximo a ellas, en el escarpe de tránsito a la plataforma superior, abundan los ejemplares de *Patella aspera* LAMARCK, o *Patella caerulea* LINNÉ.

El centro geométrico de estas figuras parece un ombligo de erosión turbillonar, como si algún guijarro o resto de concha continuase el proceso de ensanchamiento y profundización. Sin embargo, por esos puntos asciende el agua presionada cada vez que rompe la cresta de oleaje, unos metros antes en el límite externo de la plataforma.

Aquí, los organismos constructores no se han limitado a edificar un parachoques en el límite exterior de la plataforma mesolitoral, sino que forman hasta 4 ó 5 barreras paralelas de 5 a 7 cm de altura y 10-15 cm de anchura. En ocasiones descienden de la plataforma mesolitoral, aunque formando ya núcleos dispersos y no barra continua.

4.5. Morfología y biocenosis

A semejanza de lo visto en Punta de Algas, en Punta del Pudrime! también aparecen estas estrechas «dolinias» sumergidas, pero con pared exterior menos marcada hacia la pradera de *posidonias*. Entre la «dolina» y la acera hay una serie de cuencos tan perfectos como los que hay por encima de la acera, pero más grandes y sin visera. Hay que destacar que a la altura del máximo diámetro esférico alcanzado por los cuencos salobres de la pla-

taforma superior, aparece una línea continua y perfectamente delimitada compuesta por ejemplares de la especie *Littorina neritoides* LINNÉ de 2 a 7 mm de altura. En los tipos de cuenco no ventrudos cercanos no se observa este fenómeno, aunque se pueden encontrar algunos ejemplares sueltos cuando hay voladizo.

La muestra de «barrera organógena» examinada en Punta del Pudrimel⁵, parece que está constituida por una colonia masiva de serpúlidos de la especie *Mercierella enigmática* FAURELL, aunque también se advierte la presencia de *Vermetus triqueter* LINNÉ. La superficie irregular, con abundantes intersticios ocasionados por el conglomerado de serpúlidos, se halla parcialmente cubierta de alga incrustante, especie *Lithophyllum tortuosum*. Se observan también varios ejemplares jóvenes de algas marrones del grupo *Phaeophyceae* de las especies *Cystoseira tamariscifolia* HUDSON o *Cystoseira abrotanifolia* J. G. AGARDTH, de 1 a 5 cm de altura.

4.6. Ensayo de interpretación

Puede resultar interesante precisar algunas de las observaciones sobre el comportamiento de la calcarenita miocena que está en contacto con las aguas lagunares, para entender mejor el contexto general.

En el perfil establecido en Punta de Algas (fig. 5) se presenta dicho contacto, observándose como la morfología es muy parecida a la que tendría si solamente hubiese actuado sobre este punto la acción directa del oleaje lagunar secundario, con ausencia de precipitación o disolución química. Sin embargo, sabemos que la fosilización del lapiaz marino ya descrita se debe

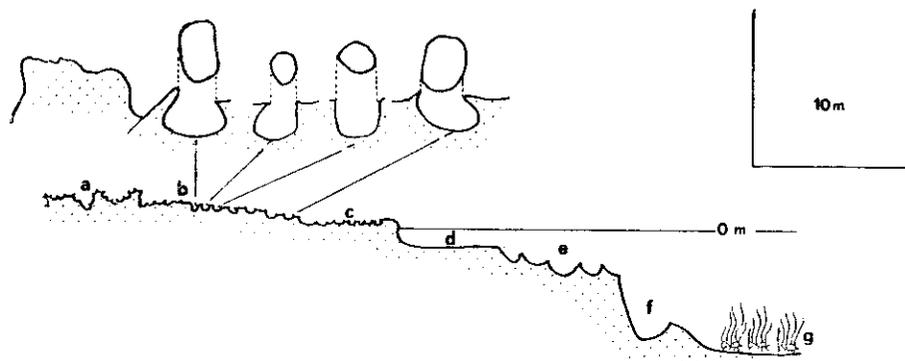


Figura 6.—Perfil litoral de Punta del Pudrimel.

a, Zona esponjosa. b, Cuencos salobres. c, Acera litoral. d, Antigua acera litoral. e, Antiguos cuencos salobres. f, Marmitas de disolución. g, Pradera de *Posidonia*.

⁵ Estas determinaciones han sido realizadas por el malacólogo murciano J. Reverte García-Alcaraz.

al movimiento de las aguas lagunares. Este aporte sedimentario producido por el oleaje lagunar, consigue anular por completo el desarrollo del lapiaz marino. Incluso la exhumación artificial de la superficie karstificada de Punta de Algas, supondría la aparición de una «barra arenosa» fácilmente erosionable frente a la acción de las corrientes «no saturadas», que actúan en el sector considerado.

Podemos afirmar que los sedimentos lagunares, no sólo han precintado el karst, sino que han anulado por completo su capacidad potencial de regeneración.

A la altura del Pedrucho, en la laguna, donde también aflora la calcoarenita miocena, no se observan apenas formas de precipitación o disolución, sino que éstas quedan subordinadas a la morfología propia de la acción mecánica, si bien a pocos centímetros por debajo del nivel medio lagunar, el fondo está constituido por unas placas cuarteadas de roca organógena, que si son trastocadas por el hombre quedan recubiertas rápidamente por densas masas de *Acetabularia*, que prosiguen la cementación general. En este lugar falta por tanto el nivel de fangos.

Quizá no tengamos más remedio que recurrir a los cambios de nivel marino experimentados en el sector, para poder interpretar el problema planteado por la presencia de marmitas por debajo de la acera litoral. Al principio pensamos incluso que estos boquetes pudiesen ser artificiales (producidos por bombas de aviación) de acuerdo con la proximidad de los aeródromos de Los Alcázares y San Javier, pero parece quedar claro que son aberturas de disolución.

Un mecanismo parecido al que en la actualidad produce unas oquedades circulares o en forma de gota en la acera litoral de Punta de Algas, quizá podría seguir actuando si el nivel marino subiese algunos metros. Creemos que esto sería posible, sobre todo si tenemos en cuenta que los cuencos que bordean hacia tierra la marmita de Punta de Algas debieron tener su origen por encima del nivel establecido por la acera litoral. Por otra parte la anchura y los escalonamientos que presenta las superficies bajo la acera, parecen indicar que estas subidas de nivel marino, absoluto o relativo, se han producido en los últimos tiempos cuaternarios.

4.7. *Otros tipos de playa consistente*

En diversas ocasiones nos hemos ocupado de este fenómeno tan característico del Mar Menor y el litoral de La Manga. Ello es debido a que la citada laguna sobresalada constituye un auténtico laboratorio natural con diversos microambientes, por lo que nos limitaremos a describir las condiciones de depósito y ubicación de las formaciones más significativas.

La playa consistente propia del sector interior N de la laguna, está constituida por fracción gruesa esencialmente conchífera, que suele dar lugar a placas no superpuestas, perfectamente ensambladas entre sí. De unos 8 cm

de espesor y 50 cm de lado, sus líneas de rotura pueden deberse a la acomodación sobre las arenas más finas infrayacentes.

La formación, casi horizontal, hacia tierra limita con el nivel de fangos negros y lateralmente puede hacerlo con arenas o fangos indistintamente. No llega a quedar emergida y se detecta claramente hasta un metro de profundidad. Corresponde a sectores emersivos bajo la acción normal del oleaje y todo el conjunto suele estar recubierto de una capa de conchuela todavía sin consolidar que a su vez soporta una densa pradera de *Acetabularia*. En estos lugares suele haber afloramientos freáticos, al menos estacionales.

Los depósitos consolidados del sector interior S del Mar Menor, no tan extendidos como los anteriores, cuentan con una fracción menos gruesa y ausencia de conchuela, aunque esta última se encuentra acumulada en cordón a lo largo de la línea de ribera. Las placas son continuas, sin discontinuidades ni roturas, superpuestas y hojaldradas, llegando a producir microcuestas. Hacia tierra limitan con el cordón de conchuela o playa de arena gruesa, que a su vez queda limitado por un escarpe de limos rojos. No hay superficies de fangos, la acción del oleaje es normal a la ribera y la formación, ampliamente extendida puede enlazar lateralmente con playas oolíticas. La ubicación parece corresponder a sectores subsidentes.

El tipo más espectacular de roca detrítica consolidada quizá sea el que aflora en el vértice SE de Isla Mayor. Se encuentra en el arranque tombólico de la citada isla y es esencialmente organógeno. Las placas, semejantes a las del sector interior N ya descritas, contienen un material muy elaborado, roturas totalmente geométricas y hasta tres niveles de placas rectangulares superpuestas (coincidiendo sobre la vertical todas las líneas de acomodación). De escasa extensión y recubierta de conchuela, parece que se sigue formando actualmente, o al menos si extraemos una de las placas, se vuelve a producir la consolidación del material suelto de relleno.

El litoral interior de La Manga cuenta también con diversos afloramientos de roca organógena, que deben, al menos algunas de ellas estar relacionadas con afloramientos de agua dulce, procedentes del reborde interior de la cubeta sedimentaria del Mar Menor y que surgen con presión artesiana.

