

El litoral de Es Trenc (S de Mallorca)

POR

V. M. ROSSELLO VERGER

Entre los sectores de costa arenosa de la parte meridional de la isla de Mallorca, destacan en la terminación de la cuenca de Campos, el Arenal de Sa Ràpita y la Platja des Trenc, separados por el breve promontorio erosivo de Ses Covetes. Dicho litoral ha sido estudiado de modo general por el autor (ROSSELLÓ, 1964), mas ahora se trata de una detallada revisión del segundo sector emprendida en campañas de agosto de 1966 y julio de 1968 entre Ses Covetes y la Punta des Tords. (*)

LOS PROCESOS ACTUALES

Se antepone la consideración de los cambios que se producen a nuestra vista, bien que sean mínimos en relación a las grandes líneas del relieve litoral. Su estudio permite valiosas consideraciones retrospectivas y genéticas.

Los vientos

Constituyen el principal agente erosivo y acumulativo, directamente o a través del oleaje; en casos extraordinarios pueden provocar una ligera subida de nivel, sin mayores consecuencias en las playas o cantiles. Entre los vientos *eficaces* hay un fuerte predominio de las tormentas procedentes del golfo de Valencia o de las borrascas que, procedentes de las Canarias,

(*) Este trabajo se ha completado con la ayuda del Fomento a la investigación en la Universidad.

por la ruta de Gibraltar vienen a morir al espacio balear. Este viento del SW —*llebeig*— se registra en una de cada nueve tormentas experimentadas en el Mediterráneo Occidental. Otro viento eficaz, a causa de la orientación de la costa analizada, es el de W —*ponent*— que alcanza menor frecuencia, pero a menudo mayor fuerza. Los únicos registros disponibles dan para el viento SW un 10,3% de frecuencia anual, 3,8 para los vientos del oeste y 32,6 para las calmas. Naturalmente tales observaciones incluyen las habituales brisas de verano que alcanzan 4 y más grados de la escala Beaufort en sus momentos de mayor intensidad.

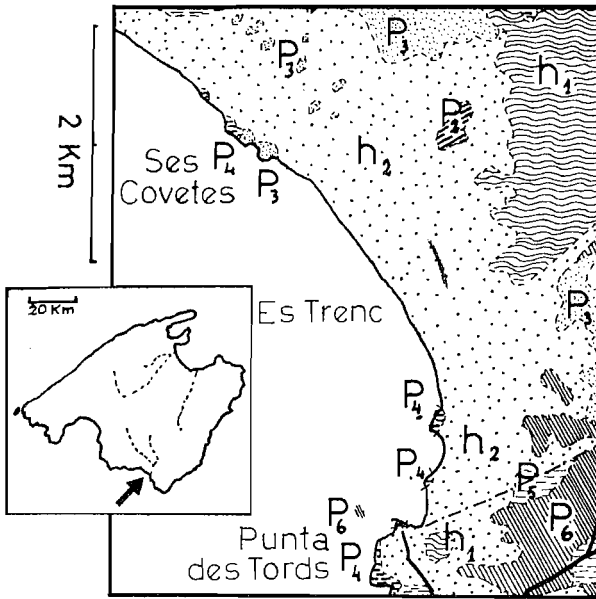


Fig. 1

Croquis geológico superficial del litoral y prelitoral estudiado. Según datos de Butzer, modificado. P2. Limos antiguos con costra, cementados en la base. Terra rossa pobre en superficie. Campo. P3 Depósitos eólicos rojizos del Riss, bien consolidados. Suelos de terra fusca. Garriga. P4. Aluviones y conglomerados. Terra rossa y fusca. Suelos fértiles. P5. Coluviones tirrenienses de terra rossa. P6. Depósitos eólicos consolidados, grises, poco meteorizados, tirrenienses. Xerorrendina. h1. Coluviones recientes (flamencos) en sedimentos salobres. h2. Depósitos eólicos no consolidados modernos. Xerorrendina.

Ya se ve que la acción del viento se reduce a escasas posibilidades; en todo caso, su actuación cumulativa se concreta al transporte de los materiales de playa hacia el interior, con un ligero y esporádico avance dunar: es claro que ello no contribuye al incremento del área terrestre

En última instancia las olas, en vez de construir, transportan; el predominio de los vientos del tercer cuadrante en invierno y de los del segundo en verano, crea un nuevo equilibrio entre los posibles acarreos, cuya acción se anula mutuamente.

El oleaje

El oleaje originado por el viento, pero que se propaga más allá del área sobre la cual sopla, es independiente del fondo, siempre que la profundidad sea superior a la mitad de la longitud de onda. Las dimensiones de las olas dependen de la velocidad o fuerza del viento y del *fetch* máximo que apenas sobrepasa los 300 km. La altura de las olas en nuestra comarca no pasa casi jamás los 8 m. y su longitud de onda los 50 en mar abierto, valores que se reducen considerablemente en la costa. Durante las tormentas (6/8 grados Beaufort) registradas en otoño de 1960, la altura del oleaje rara vez sobrepasó los 4 m. y la longitud de onda en aguas profundas los 30, de lo que se induce que la profundidad crítica $L/2$, a que llega la acción apreciable, es de 15 m.

Con esto queda ya probado que las olas más eficaces rompen a más de 100 m. de la costa, aunque resta por discutir si son más significativas en el modelado costero las grandes olas de raras tormentas o de mar gruesa que las más frecuentes que alcanzan la playa. Aparte necesarias observaciones cuantitativas, hay que insistir en las deformaciones y transformaciones que experimenta el oleaje: a) En dirección, por tratarse de un fenómeno ondulatorio, es refractado por influjo del fondo (isobatas no paralelas a las crestas de las olas). La tendencia es a establecer un paralelismo entre las aludidas crestas y las isobatas, que aquí son a su vez paralelas al litoral. b) Antes de romper, la ola sufre deformaciones de otro tipo, aunque se mantiene inalterable el período. Las otras características dependen de la relación altura/longitud de onda: al acercarse a la costa disminuyen la longitud de onda y la velocidad y aumenta, en cambio, la aludida relación —*combadura*— y la disimetría del perfil de la ola, que tiende a volcar. El romper de las olas es resultado del exceso de *combadura* y se produce en general cuando la relación entre profundidad y altura está entre 1,1 y 1,5 (GUILCHER, 1957); para nuestro caso sucederá con olas máximas de 4 m. de altura hacia los 10 ó 15 m. de la playa, constituyéndose una zona o línea de rompiente. Cuanto mayor sea la ola, tanto más lejos del litoral se situará la zona de rompiente; cuanto más lenta y progresiva sea la elevación del fondo hacia la orilla, tanto menor será la altura de las olas rompientes.

Alcance máximo del oleaje. — Cabe distinguir grandes temporales y oleajes normales, ligados a su vez a vientos prevalentes —los más fuer-

tes— y dominantes —los más frecuentes—. Los efectos geomórficos de los dominantes pueden ser poco trascendentales si no coinciden con los prevalentes, en este caso los del tercer cuadrante. Pero en nuestro tipo de costa la energía del viento no es aprovechada al ser absorbida casi íntegra por el roce en los fondos someros. Según la carta náutica n.º 900, en la parte occidental del sector investigado los fondos de —10 m. se encuentran a 900 m. de la orilla y el veril de —20 a casi 1.900; frente a Es Pregons —salvo pequeñas irregularidades a que alude el topónimo— la isobata de 10 m. corre igualmente a unos 900 m. del litoral, mientras que la de 20 se acerca algo a 1.700 m. En la primera enfilada, a 25 m. tenemos un fondo de 3,5 m.; frente a Es Pregons y a idéntica distancia tenemos —5,1; al N de la Illa Cavina un fondo de —7,1 a 30 m. y —14 m. frente a la Punta des Tords (25 m. W). La pendiente de los primeros 10 km. es del 0,8 % y la distancia del veril —100, de 16 km.

Pero ni la escala, ni la precisión de la carta permiten más conclusiones que las generales ya adelantadas: las olas grandes rompen a considerable distancia de la costa y las pequeñas que llegan a la orilla no producen efecto apreciable. Sin embargo, los perfiles medidos meticulosamente y levantados con taquímetro, ex profeso, nos permiten una suficiente precisión. (V. infra. fig. 6.)

Distancias de la orilla

Veriles	Menos de 25 m	25-50 m	50-75 m	75-100 m
—1,00 m	27, 67	22, 45, 47	26, 43	3, 5, 36
—0,50 m	22, 26, 27, 45, 47, 67	5	3, 36, 43	—

Como puede colegirse, todos los perfiles nos muestran la isobata —1 m a menos de un Hm.; pero el 80% a más de 25 m.: ninguno de estos perfiles podrá ser rebasado por olas de más de 2 m. de altura. El 70 % de los perfiles tienen el veril de medio metro a menos de 40 m. de la orilla y todos a menos de 75 m.; esto significa que olas de un metro de altura o poco más romperán alrededor de esta distancia. En conclusión, la *ola estricta* apenas puede afectar los rasgos litorales.

El vaivén.—Después de romper, la ola se transforma en onda de translación, cuya energía depende de que haya roto en voluta (*plunging breaker*) o en derrame (*spilling breaker*); el segundo caso suele corresponder a olas de mayor combadura y viento más fuerte. La ola de translación efectúa un vaivén (*swash*), con ímpetu y fuerte turbulencia sobre el plano inclinado del estrán. En caso de temporal, la onda de translación puede

romper de nuevo, después de una primera embestida. El vaivén es, en definitiva, función de la fuerza del oleaje y de la inclinación del estrán, de manera que se verá ensanchado cuando la pendiente es módica. Este no es el caso del sector comentado donde coinciden oleajes modestos con inclinaciones bastante fuertes del estrán, 10 y 15% y aún más, como tendremos ocasión de ver. El blockhaus E-10 entre Es Pregons Grans y Petits, aunque edificado sobre la rasa, no está siquiera descalzado; otros que lo están, deben este efecto a la acción directa del viento.

Los rociones.—Es oportuno distinguir del oleaje estricto, cuya primordial acción es mecánica, los rociones o salpicaduras de las olas, cuyo impacto es mínimo y sus efectos más bien químicos o biológicos. La disolución por los rociones en las costas bajas puede traducirse en varios decímetros de penetración; el lapiaz costero es en parte consecuencia de ellos. Igualmente el agua marina pulverizada afecta la vegetación, la cual, como veremos, se detiene a una distancia de la costa, proporcional a la intensidad de los rociones.

* * *

Las olas sísmicas —de hasta 40 m. de altura— son hechos aberrantes y anormales, pero pueden tener su alcance geomórfico. La tradición y algún documento habla de la penetración de nuestro postpaís por alguna de ellas, concretamente con ocasión del terremoto de Lisboa de 1755, habiéndolo relacionado algún autor con la apertura del *Trenc* (?). Si excluimos en los procesos actuales el efecto directo del oleaje, hay que concretar la acción geomórfica en el habitual del vaivén, reducido al escalón arenoso atacado, al escogido o *trriage*, a la rodadura y a la diseminación de materiales.

Las mareas

La opinión común (*) considera imperceptibles o inexistentes las mareas en nuestro Mediterráneo, postulado no del todo exacto. Aunque sean

(*) La vieja legislación de costas vigente (1880 y 1928) sigue este criterio, que resulta desfavorable para las mediterráneas, al substituir —a efectos de deslinde de servidumbres— la zona intercotidal, totalmente inútil a cualquier efecto no pesquero, por la zona de mayor alcance de los temporales, a todas luces imprecisa. Ley de Puertos (7-V-1880), art. 1.º: «Son del dominio nacional y uso público, sin perjuicio de los derechos que correspondan a los particulares: 1.º La zona marítimo-terrestre que es el espacio de las costas o fronteras marítimas del territorio español que baña el mar en su flujo y reflujo, en donde son sensibles las mareas, y las mayores olas en los temporales en donde no lo sean».

En prensa ya este artículo, la Comisión de Leyes Fundamentales debatió y aprobó el proyecto de *Ley de Costas* (25/29.II.1969). Aparte una discutible definición de playa, el art. 1.º reincide en la misma imprecisión de 1880: «...las mayores olas en los temporales ordinarios...», cambiando sólo un indicativo por un subjuntivo y añadiendo el calificativo final, que parece limitar algo este alcance del oleaje. El proyecto está pendiente de votación por las Cortes.

despreciables las ordinarias, no lo son tanto las máximas equinocciales, cuya amplitud oscila entre 20 y 40 cm.; cierto es que no llegan a determinar como en el Atlántico una zona *intercotidal* diferenciada. Ahora bien, su papel puede aumentar en relación a litorales muy bajos y albuferas interiores con filtración subterránea.

Acumulación y deflación

La arena, que es el material más movable entre los que ocupan el litoral, es fácilmente arrancada del estrán desnudo de vegetación en la parte más elevada y desecada; la arena libre es movilizada por el viento y entra sobre todo en la mecánica dunar.

La deflación o arranque de partículas por el viento se produce también sobre la cresta dunar cuando falta la protección vegetal. En algunos tramos, señalados en el mapa 2 (actuales hitos 6-9 y 33-36) se hallan auténticas *caoudèyres*, brechas abiertas por el viento y profundizadas por el mismo. En sus laterales las plantas aparecen descalzadas, aunque las raíces pueden sostener el talud. Estas calderas se alargan y ahondan por deflación eólica y no por invasión marina, aumentando su profundidad hasta formar una depresión. Las *caoudèyres* en cuestión han sido determinadas posiblemente por un viento del interior, *mestral*, p. e., como sucede en el Golfo du Lion (KUNHOLTZ-LORDAT, 1924).

Otros tipos de erosión

Los testigos de la erosión se hallan tanto tierra adentro, como bajo el nivel del agua; entre los primeros pueden citarse el blockhaus E-6, zapado y parapetos desaparecidos por la acción del mar. La Caseta de Sa Llova está desmoronada en casi su totalidad; la pared seca que divide los términos municipales de Campos y Ses Salines ha desaparecido en su extremo interior (antes de las obras de 1967), mordida por las olas.

Un istmo sumergido deja fragmentos o bajos entre la Illa Gavina u otras menores y la costa, así como entre el bajo denominado Na Tirapel y el litoral. Rasas submarinas pueden localizarse en muy diversos lugares, por ejemplo a $-0,20$ m. frente a los hitos 41-42 y otros que se señalan en el mapa, así como en los perfiles 5, 36 y 43. En su mayoría no son más que restos de una antigua superficie continua.

La deposición actual

La probable fuente de los arenales y dunas actuales —únicos sitios donde puede hablarse de deposición— es una actividad eólica exacerbada

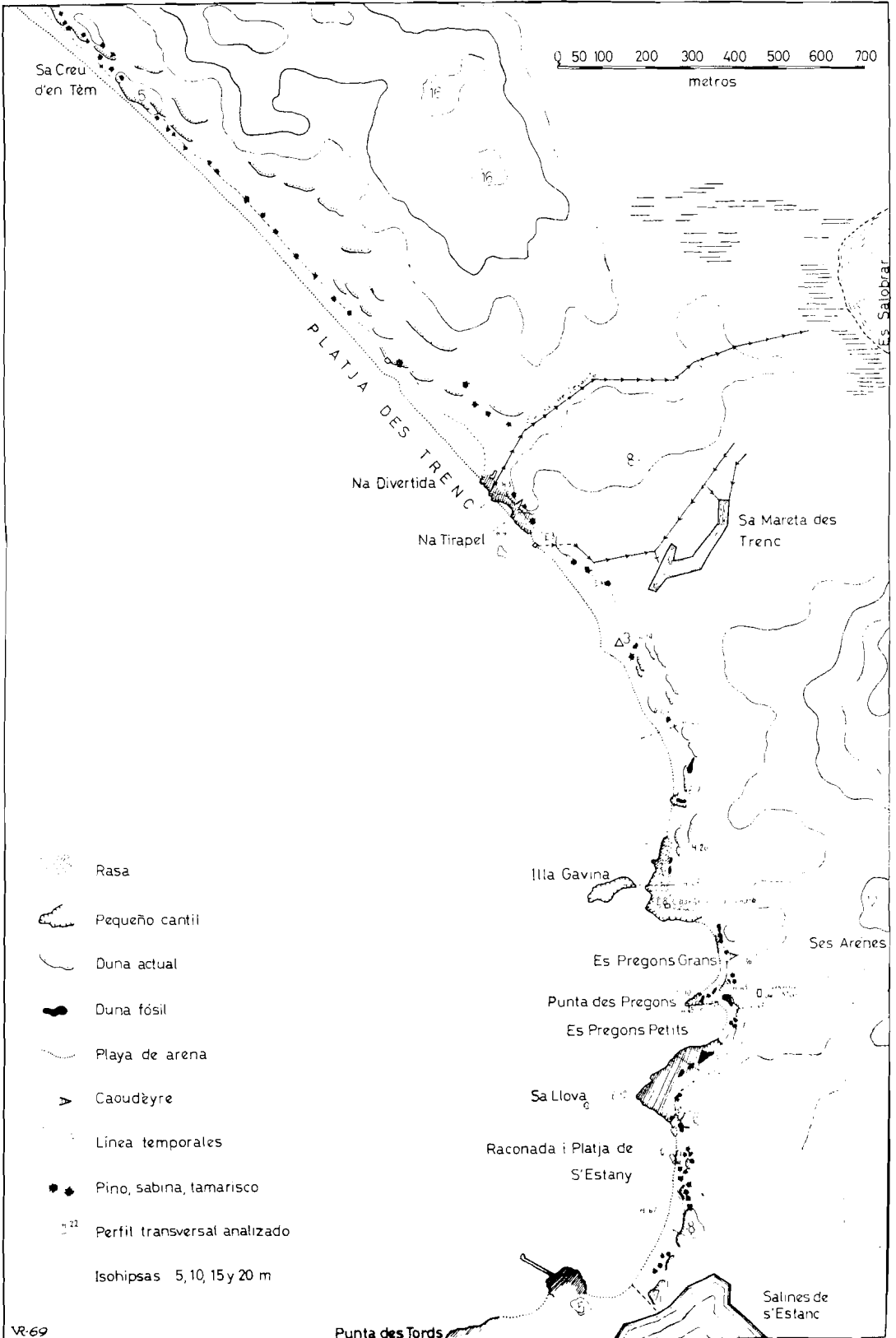


Fig. 2. Geomorfología del litoral de Es Trenc

durante alguna de las oscilaciones negativas del nivel marino, por ejemplo, la "emersión de Florida" (200 a. C. —300 p. C. HAFEMANN, 1959; FAIRBRIDGE, 1961). De todos modos la proporción de arena disponible para deflación es limitada, ya que la vegetación la dificulta. Esta deficiencia actual de una adecuada fuente de arena confirma además el carácter relicto de los mantos arenosos y de la mayoría de dunas.

La prueba arqueológica de valor cronológico es válida en una localidad de Es Pregons, cuya sección edafológica se especificará más adelante. La cerámica fija un límite superior de algo más de un metro de acumulación de arena litoral, y da alguna aproximación para el último nivel u horizonte, moderadamente desarrollado (BUTZER, 1962). Los tiestos, procedentes de alguna nave romana, son probablemente republicanos, es decir, del siglo I a. C. Desde entonces la deposición ha sido relativamente escasa.

Las praderas de *Posidonia oceanica*, sumergidas a pocos metros de la orilla, fijan con sus rizomas los sedimentos de la zona más inmediata al litoral. La *Zostera maritima*, menos exigente, ocupa un escalón inferior; ambas mal llamadas "algas", al ser arrancadas por los temporales forman banquetas de fibras muertas sobre el estrán y las bajas costas rocosas, las cuales quedan eficazmente protegidas contra el oleaje, a veces durante meses (SCHUELKE, 1968). En el verano de 1968 una gran acumulación de este tipo formaba cuerda con más de 50 m. de tendido en el arco de Es Pregons Grans (Lám. I, fig. 1). Tiene su interés el estudio de las microformas de la banqueta de fibras, con pequeñas indentaciones y avances donde el oleaje remueve una especie de papilla (Lám. I, fig. 2).

Al rodar las fibras por el plano inclinado del estrán, se agrupan formando las conocidas esferas de 3 a 12 cm. de diámetro, las cuales si quedan fuera del alcance del vaivén, se desecan y son fácilmente arrastradas por el viento hacia el interior, donde los aguaceros y la misma gravedad las acumulan en las depresiones. Se ha comprobado que los golpes de viento han permitido a las esferas secas remontar una pendiente de casi el 20% sobre la duna fósil.

El balance erosión-acumulación.—El mar no produce, sino que consume mucha arena (WILLIAMS, 1962); al no existir en la región analizada ninguna aportación de corriente terrestre, ni tampoco deriva litoral estable, capaz de transportar materiales de zonas inmediatas, resulta un balance más bien negativo. Quedan dos posibilidades: los derrubios mismos producidos por el oleaje local se acumularán en las playas, de lo que se deduciría un simple equilibrio, pero la arena caliza va desmenuzándose tan rápidamente que acaba por consumirse y más que de equilibrio, debe hablarse de pérdida. La otra posibilidad sería la deriva oca-

sionada por los vientos oblicuos, favorecidos por un *fetch* considerable; sin embargo, los sectores rectos de playa, o ligeramente cóncavos que permitirían la deriva, están continuamente interrumpidos por espolones rocosos en cuyos flancos irremediabilmente se depositarían los materiales, si pudiera organizarse la corriente longitudinal.

El testimonio de la vegetación

Uno de los criterios más justos para discernir el alcance de los máximos oleajes es el de la vegetación espontánea. No existen plantas sub-aéreas que resistan la acción directa de las olas, pero pocas toleran las rociones o pulverización consiguiente al oleaje. Las halófilas son las únicas que colonizan el espacio sometido a eventuales rociones —algo muy diferente del oleaje—. Entre ellas se cuentan el *Limonium* (*Cakile maritima*), algunos cardos (*Eryngium maritimum*, “card mari”) que cubren la plataforma inmediata al talud de playa (Lám. II, fig. 1), las azucenas (*Pancreaticum maritimum*), gramíneas como el *Cynodon dactylon* (“gram”), etc. Este último y el *Brachypodium ramosum* (“fenàs reüll”) se hallan en el mismo escalón sobre la playa del extremo meridional de la zona estudiada.

Los tamariscos (*Tamarix gallica*, “tamarell”) señalan por exclusión la línea de máximos temporales; además de estos arbustos, las crestas y sota-vientos de las dunas están cubiertos ya de garriga o monte bajo, con *Pistaccia lentiscus* (“llentriscle”), *Juniperus phoenicea* (sabina, “sivina”) y *Pinus halepensis*. Los pinos llamados “barraquers”, es decir, afectados en su forma y porte por los vientos marinos, así como las sabinas, se acercan considerablemente a la orilla, lo que nos permite señalar con seguridad las zonas fuera del alcance de las olas.

En el mapa 2 se ha señalado la línea de máximo alcance de los temporales con un criterio ecológico-geomórfico, figurando los ejemplares o grupos de árboles o arbustos (pinos, sabinas, tamariscos o lentiscos) que constituyen la avanzada de la vegetación estable. Dicho límite coincide en los sectores arenosos con la terminación del estrán, cuya anchura —función de la pendiente— oscila entre 15 y 60 m.: el sector N de Es Trenc 20-60 m.; sector S de Es Trenc 30-60; Es Pregons 15-20; Racónada de S'Estany 15-35. Los tramos orientados normalmente al viento SW poseen un estrán más ancho, bien que haya de tener presente que coinciden con el eje de la depresión interior. En los sectores rocosos, donde las rociones son más eficaces, la línea se aparta más del litoral: 25 m. frente a Na Tirapel, 45 en la Caseta de la Cendra y 70 en la punta de Sa Llova.

LOS PROCESOS RELICTOS

La configuración actual de la costa estudiada depende más de los procesos ya terminados que de los en curso, pues el litoral mallorquín se caracteriza por su "momificación" postcuaternaria. Sólo pequeños rasgos o detalles han modificado las grandes líneas geomórficas relictas.

Génesis del litoral actual

Las calizas miocenas horizontales fueron muy afectadas por la erosión marina que ha dejado en las inmediaciones, frecuentes rasas con pendientes inferiores al 1 %, y enmascaradas a menudo por revestimientos de *terra rossa* coluvial y mantos de eolianita. A pocos km. —Morro de Son Coves— BUTZER ha localizado zonas de *nip* y cantiles con balmas, por encima de la vieja playa, hoy orilla del pantano.

Numerosas formas del litoral pleistoceno corren paralelas a las costas actuales. Algunas playas tirrenienses se desarrollaron inmediatamente encima de la caliza vindoboniense, abandonando una playa de cascajo, a veces frente a un reducido cantil. No sabemos a ciencia cierta cuál era la configuración de la costa del Pleistoceno inferior, pero durante éste y el Pleistoceno medio se realizó la excavación marina de la actual cuenca de Campos y su transformación en golfo. Una segunda fase fue el depósito marino durante las transgresiones tirrenienses del último interglaciar (Tirreniense III), con depósitos eólicos en las regresiones intermedias. Rastros del Tirreniense III con fauna de aguas tranquilas de escasa profundidad pueden observarse en el canal de toma de "Salinas de Levante". (MUNTANER, 1955; BUTZER-CUERDA, 1960.)

En tercer lugar sucede una emersión durante el último período glacial, con depósitos aéreos: tres tipos de duna en los que se intercalan los limos rojos posiblemente Göttweig, que datarían de unos 50.000 años. Estos limos aparecen sobre dunas fósiles en el espolón al N de Na Tirapel; poco más al S, aunque desaparezcan de la rasa, barridos por el actual oleaje, continúan por debajo de la duna holocena-actual (fig. 3). Terminando los tiempos geológicos, se produce la subida postglacial del nivel del mar, que afecta la formación de la línea dunar marginal holocena. Los niveles altos holocenos de +2 y +4 m. son difícilmente identificables en el sector observado.

Definitivamente, en época histórica grecorromana, se produce una regresión eustática que bajó el nivel marino 2 ó 3 m. con relación al actual (BUTZER, 1962). Tal regresión dejó al descubierto una considerable área de *shelf*, exponiéndola a la erosión eólica en las costas someras: por ello,

parte de las dunas —las más “recientes”— es regresional, sin llegar a empañar el carácter relicto o “fósil” de los litorales eólicos holocenos. Los rasgos morfológicos más actuales podrían datarse entre los siglos x y xvi p. C.

El testimonio edafológico

Las dunas litorales recientes no son demasiado aptas para el cultivo, pues aunque se hayan desarrollado suelos maduros de rendzina, su estructura es demasiado laxa para el arado y se reservan a pastos o pinar. Una moderna roturación iniciada en una gran finca cercana ha desembocado en la destrucción de la estructura orgánica del suelo y deflación eólica. Sobre las láminas amorfas eólicas holocenas se halla un suelo de xerorrendzina típico con alto *pH* (7,5/8,2); su horizonte A₁ de color pardo claro (10 YR 6/2-3 *Munsell Color Code*), suele alcanzar unos 40-65 cm. y está formado por *humus moder* o *mulliform-moder*, con fina estructura granular. La fracción arcillosa contenida es sólo cerca del doble que la de los horizontes o niveles C₂, subyacentes, es decir, del 5 al 10%. Estos tipos de suelo prueban que los mantos eólicos son esencialmente “fósiles” o relictos y no actuales. En los mejores casos, tales suelos dunares se dedican en el interior a la arboricultura e incluso cereales.

En la Platja des Trenc —Es Pregons— tenemos otro corte de suelo: (A) 40 cm. de arena eólica no meteorizada, de grano medio, de color pardo claro (10 YR 8/3) (B) 30 cm. de arena meteorizada parda (10 YR 5-6/3) con rendzina *moder* humus. Este suelo está truncado por una discordancia en la cual se encontraron numerosos tuestos depositados por el agua. (C) 35 cm. de arena eólica meteorizada pardo clara (10 YR 6/3), rico humus *moder* y cascajo marino de playa (derrubios angulosos de sedimentos pleistocenos). Superficie bajo vegetación herbácea. En las dunas holocenas con morfología auténticamente tal, los horizontes edáficos se reducen a una rendzina inmadura (A) bajo hojarasca de pino. Este tipo de suelo poco evolucionado puede estudiarse bien sobre la punta de Sa Llova (E-12), formando un escalón que contienen numerosos *Helix* en trance de fosilización.

Las eolianitas pleistocenas bien cementadas no tienen apenas suelo encima y suelen estar desprovistas de monte bajo o alto. Las eolianitas muy meteorizadas del “Riss” dan suelos de *terra fusca* de moderada fertilidad, mientras que las xerorrendzinas sobre Würm han evolucionado muy poco. Hacia el interior aparecen sedimentos de fértil *terra rossa* de naturaleza coluvial. Relacionadas con ellos se encuentran costras zonares, o sean depósitos calizos superficiales precipitados por *sheet flooding* inter-

mitente, bajo densa vegetación en clima más húmedo que el actual y de tendencia tropical (BUTZER, 1963).

LAS FORMAS

Antes de intentar la clasificación de nuestro litoral, puede barruntarse, bien en la fotografía aérea, bien en la inspección directa, una línea de máximo alcance del oleaje, al pie de las dunas y a una distancia algo variable del litoral o de aquéllas. Estas dunas se apoyan en una rasa cubierta a menudo de limos rojos y arenas würmienses y holocenas. El ejemplo tal vez más claro de tal esquematización puede verse al S del canal de toma de "Salinas de Levante"; la línea del pie de las dunas avanza a unos 22 m. del litoral (4,5 m. ca. de altura) y coincide con un refugio eventual de la Guardia Civil; un breve arenal recubre la parte inferior de la rasa. En ningún sitio puede olvidarse la importancia del substrato rocoso en la evolución de las costas de arena (OTTMANN, 1965).

Las playas

Este tipo de playa y cordón arenoso predomina con mucho en la zona estudiada. Consta de playa o *estrián* de arena y una plataforma deposicional bien desarrolladas, acompañadas de un cordón o cresta de playa, semi-éolico de arena caliza y extensas dunas paralelas o manto arenoso. Dunas litorales fijas o casi fijas y mantos arenosos que pueden penetrar hasta 2 km. al interior, cubiertos de suelos y vegetación. La baja cresta de topografía dunar que respalda la playa, alcanza de 3 a 10 m. de altura. Sus lechos muestran alternancias de estratificación de capas que a veces interfieren. Esta cresta subaérea de playa es continuada a menudo por el complejo de dunas litorales que puede ensancharse a 2 km. y en algún punto la albufera sigue inmediatamente detrás de la cresta de playa o de la duna (Raconada de S'Estany, Sa Marèta des Trenc).

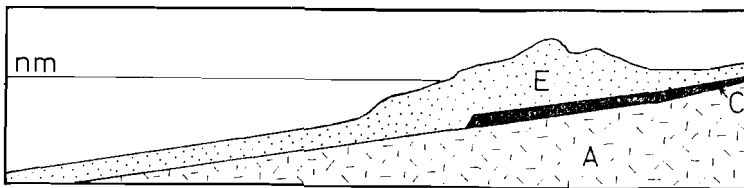


Fig. 3. Corte de un litoral de playa y cordón arenoso. A. Mioceno. C. Limos rojos de la regresión Würm. E. Depósitos holocenos de playa. (h x 20)

El tipo de costa aludido se asocia con bancos epicontinentales antiguamente extendidos hacia el interior (cuenca de Campos) y que ahora albergan áreas mal drenadas o pantanosas. Mar adentro, la deposición predomina sobre la erosión en la zona inmediata a la playa. El *shelf* y las tierras inmediatas a la orilla tienen gradientes parecidos; el *cliff* de las costas rocosas viene a ser substituído por una superficie inclinada de arena gruesa de playa con una pendiente del 8-12% entre +12 m. y -20 m. La extensa playa está sólo interrumpida por algún que otro retazo de terraza tirreniense III a más o menos +60 cm. En el perfil la línea de costa viene a constituir un escalón o cresta semieólica, cuyo pie es mordido por las olas y cae sobre el sector de playa más inclinado que el plano litoral y ordinariamente seco (fig. 3).

Los cantiles

Se trata de una costa rocosa de erosión, con muy bajo acantilado. Acompañada o no, de cordones de grava y cascajo, consiste fundamentalmente en una plataforma de erosión bien desarrollada y con entalladura clara. El gradiente del *shelf* coincide con el de tierra adentro: 0,5 a 1%. La rasa submarina o plataforma epicontinental penetra en el mar hasta unos 10 km. y está cubierta de 10 cm. o más de arena gruesa calcárea, en gran parte procedente de la trituración de la rica fauna de bivalvos y gastrópodos que habitan la zona litoral.

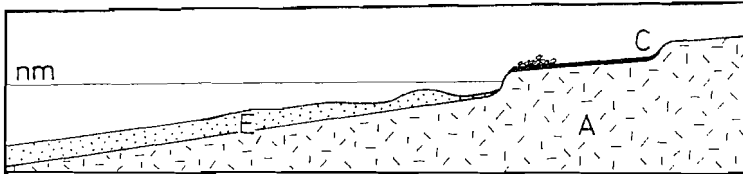


Fig. 4. Corte de una costa rocosa de erosión. A. Mioceno. C. Limos rojos. E. Depósitos holocenos móviles. (Cascajo sobre el cantil) (h x 20)

El *cliff* es débil y de pendiente moderada, de 0,50 a un m. de altura, equivaliendo a un *nip* esculpido en un plano inclinado sólo parcialmente sumergido (fig. 4) Se nota también la presencia de cordones arenosos de cierta importancia, que se extienden hasta un km. al interior, con su cubierta de suelo y vegetación. Aparecen líneas costeras tirrenienses discontinuas del bajo *cliff* y la playa de cascajo, con rasas bien desarrolladas. Existe un claro equilibrio entre el retroceso de los promontorios y la acumulación en los senos, dando lugar a una línea hoy perceptiblemente estabilizada.

En algunos puntos la zona de *nip* se reduce a un *cliff* o pequeño escalón de 10-40 cm. y groseros bloques u otros derrubios se hallan acumulados como en una playa de cascajo en la parte trasera. Suponen un oleaje algo eficiente sobre roquedo pleistoceno (BUTZER, 1962).

Las rasas

Su interés genético es mayor que el geomórfico, pero han sido señaladas en los planos y perfiles. Pertenecen en su mayoría al nivel tirreniense III y constituyen un testimonio de la acción erosiva de un oleaje a más alto nivel que el actual, bien que existan no escasos ejemplos sumergidos.

La primera rasa aparece donde la estación de bombeo de "Salinas de Levante" a +0,20 m., cuya continuación submarina puede ser el bajo de Na Divertida; no hay solución de continuidad entre ésta y la algo más elevada del hito 5 (perfil 5); otro ejemplo considerable se halla frente a la Illa Gavina, entre los perfiles 26 y 27. La punta de Sa Llova (estación E-12), barrida por las olas (Lám. II, fig. 1) y carsificada por disolución, ha visto desaparecer los limos rojos, como ocurre frente al hito 54. Otra rasa interesante constituye la punta des Pregons (estación E-10), con dos escalones superpuestos. La rasa de Sa Llova (= "la losa") parece continuarse en los bajos inmediatos. El basamento arrasado aparece, por fin, al este de la ensenada, cerca de Es Pregons, frente a islotes que constituyen su prolongación. El posible argumento de un avance de la línea litoral por el descenso del nivel marino, válido a escala geológica, queda totalmente desvirtuado a escala histórica, al apreciarse que los restos consignados no son más que mínimos retazos de una extensión enormemente más considerable.

Las dunas

Se encuentran eolianitas y formaciones eólicas de muy diversa edad, que para simplificar podemos dividir en antiguas o "fósiles" y actuales. Las dunas pleistocenas pertenecen a una facies litoral tropical característica, con un 70% de arena gruesa (0,2—2,0 mm.) y restos de moluscos y foraminíferos; pese a su deficiencia faunística, no se puede dudar de su deposición terrestre, por sus formas, estratificación, la presencia de *Helix* y el análisis morfoscópico del cuarzo que da mayoría de granos esmerilados y desgastados por la acción de un viento dominante del SW. La dirección más frecuente de las tormentas actuales es hacia N 80° E, mientras que las dunas würmienses (BUTZER-CUERDA, 1962) denotan direcciones casi perpendiculares entre N 30° y 50° W, lo cual implica un

sistema de circulación ciclónica diverso del actual, con prelación para la ruta de Gibraltar y un centro de actividad tormentosa entre Argelia y Mallorca.

Estas dunas sólo se conservan o destacan fragmentariamente, al estar recubiertas por las holocenas o actuales. El aspecto y textura de las dunas antiguas "fósiles", consolidadas, hace que se engloben con gran probabilidad dentro del Würm bajo: tal es el afloramiento junto a la cota 6 m. al N de la Raconada de S'Estany, a menos de 15 m. del litoral; en la punta des Pregons, detrás de la cresta eólica actual y límite del temporal. La estación topográfica E-10 de la misma punta se asentó sobre una duna fósil, que se repite algo al N, detrás del límite del alcance del oleaje. La duna würmiense de Es Pregons Petits (H. 32) coincide con la línea de temporales. La duna fósil donde se estableció la estación E-7 es más reciente, probablemente würmiense alta: todas presentan la típica estratificación inclinada.

Las dunas regresionales pleistocenas o eolianitas son muy parecidas a las holocenas que se verán luego. Sin embargo, en proporción a la amplitud de las regresiones glaciares (más o menos —100 m.) están las dunas más desarrolladas y se extienden 10 km. y más al interior (BUTZER, 1962), apareciendo con diferentes formas más o menos inclinadas y enlazadas, o láminas amorfas. Pertenecen a grandes rasgos a tres generaciones: Mindel, Riss y Würm, pero la morfología costera actual depende menos de ellas que de las holocenas o "recientes".

El término eolianita (*aeolianite*, SAYLES, 1931) se utiliza en el mismo sentido que el cat. *marès*, fr. *grès dunaire*, *ramleh* (Lebanon) y *kurkar* (Israel), correspondiendo a la deposición acelerada, consecuente a la deflación de las arenas calizas epicontinentales durante una regresión eustática. En nuestro sector se presentan como dunas longitudinales sueltas en los llanos costeros, con menos de 20 m. de altura y gradientes inferiores al 25%, o como láminas onduladas. El contenido calizo es de alrededor del 95%, mientras que el segundo componente, el cuarzo, oscila entre 0.5 y 4,5%. La morfoscopia de estos granos demuestra que los angulosos, no desgastados, son más numerosos que los pulidos por el agua o mates por el viento (BUTZER, 1963).

Las dunas holocenas y actuales constituyen *nebkhas* litorales o una duna *marginal* (GUILCHER, 1957) cuya deposición se ha verificado sin estratificación alguna, bajo una vegetación rala, diferente de la pleistocena; la pendiente de estas dunas rara vez excede el 15%. Nunca faltan en el litoral de playa y cordón arenoso, pero pueden verse también detrás de la costa rocosa de erosión. Tales depósitos eólicos pertenecen a dos grandes tipos.

a) Lo más frecuente es una lámina amorfa de arena acumulada en terreno liso, en cuencos o sobre más movido relieve. Una morfología dunar alineada obedece al material subyacente, a menudo dunas fósiles pleistocenas. Estas láminas alcanzan por término medio uno o dos metros de potencia y están totalmente inmovilizadas por la garriga o vegetación herbácea o forman arrugas; las recubre un suelo típico de xerorrendzina.

b) Una segunda modalidad, aquí más frecuente, presenta una auténtica morfología dunar. Tales dunas suelen seguir la línea litoral, en crestas paralelas de 2 a 10 m. de altura, aunque las dunas con núcleos más antiguos pueden llegar a 15 ó 20 m. Los mantos arenosos prolongan hacia el interior las dunas litorales colonizadas por plantas halófilas. Bien que las dunas parezcan fijas, persiste la deposición y el transporte interno de arena, como demuestran los pinos o sabinas ocasionalmente semienterrados y algunas zonas descavadas (Lám. II fig. 2). Los horizontes del suelo se reducen a una rendzina inmadura (A) bajo hojarasca de pino.

Ambos tipos están sin estratificar y tienen una textura y tamaño de grano casi idénticos a los de la moderna arena de playa. El 80 % de la arena calcárea está comprendida entre 0,2 y 2,0 mm. y aproximadamente la mitad de los escasos granos de cuarzo son rodados por el viento y un 15 % muestran influencia de la acción del agua. Este material deriva indiscutiblemente de la playa.

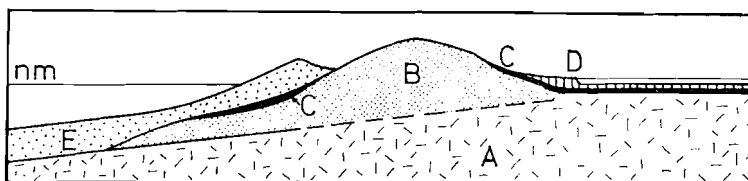


Fig. 5. Corte de una costa de dunas y albufera. A. Mioceno. B. Eolianita de la penúltima regresión. C. Limos rojos de la regresión Würm. D. Colluvium holoceno. E. Depósitos holocenos de playas (h x 20)

Un esquema de la superposición de los dos sistemas dunares puede verse en el croquis n.º 5. Los ejemplos de dunas "recientes" o actuales son frecuentes: entre Ets Estanys y Ses Arenes, con más de 2 m. de potencia de arenas; cresta eólica o cordón de 1,50 m. de altura contorneando la playa de Es Pregons Petits; entre los hitos 24 y 26 (NE Illa Gavina) existe una primera línea separada por un plano lleno de cardos, de otra segunda. En el rompiente del H. 24, duna actual de 3,50 m. altura y en sus inmediaciones, dunas actuales sobre núcleo Würm, detrás de la línea de temporal, hasta que coincidiendo con ella, alcanzan unos 4,50 m.; las dunas del NW del blockhaus E-6 llegan a unos 4 m. de altitud; son también

actuales las que se encuentran al E del E-5 (frente a Sa Mareta des Trenc). Son frecuentes varias crestas dunares a lo largo de la Platja des Trenc propiamente dicha.

Las dunas altas interiores, p. e. al SE de Sa Mareta des Trenc, llegan a alcanzar un cierto espesor de humus, gracias a la hojarasca y líquenes que inmovilizan una película superficial. No lejos de la costa estudiada, en el camino de Sa Barrala a Ses Covetes están explotándose grandes canteras de arena, una de las cuales casi alcanza el nivel del mar, con un tendido de medio km. Según puede verse en las lám. III y IV, se aprovechan tres tipos de depósito: la duna actual que soporta el pinar y alcanza un grueso máximo de 3 ó 4 m.; descansa en un banco subhorizontal estratificado y poco coherente de 1,5 m. de potencia, posiblemente holoceno: se reduce fácilmente a arena, por su escasa cementación; por debajo se han excavado de 5 a 6 m. de arena suelta, no estratificada finipleistocena: el manto freático no permite ulterior aprovechamiento.

Las albuferas

El clásico proceso de formación de costas de restinga y albufera (DAVIS, JOHNSON, GULLIVER) que aparentemente podría ser aducido aquí para una evolución no precisamente reciente, es verdad, queda totalmente desvirtuado al analizar de cerca la morfología local. El origen de la cuenca de Campos se basa exclusivamente en procesos erosivos, posiblemente marinos; este llano presenta un fondo plano de 7 por 12 km., con una pendiente de menos del 1% que persiste mar adentro, como ya se ha notado. La erosión que originaría tal llano debe de ser muy antigua, toda vez que se puede observar la red fluvial pleistocena bien desarrollada, según se deduce de la cartografía de gravas y limos, con cauces de muy bajo gradiente (0,8%). Es Salobrar, laguna que centra la parte inferior de la cuenca, tiene unos 50 cm. de arenas calizas holocenas (con pequeñas formas lagunares de *Cardium edule*) o depósitos eólicos que recubren limos marinos o continentales tirrenienses III, del último período glacial. Constituye una antigua bahía separada por cordones dunares pleistocenos u holocenos, pero no comunicada con el mar en época postglacial, ya que no se han encontrado depósitos marinos recientes. El agua que actualmente ocupa la albufera —antes del acondicionamiento para salinas hace unos 15 años— es el resultado de la filtración subterránea del mar y del mal drenaje de las corrientes afluentes desde tierra en una de las mayores cuencas de recepción de la isla.

La laguna residual de Es Trenc —abstracción hecha del acondicionamiento antiguo— tiene el mismo origen; su configuración alargada de

boquete transversal podría relacionarse con alguna gran avenida interior o la acción de los vientos dominantes sobre la parte más baja del cordón costero. El caso de las Salines de s'Estanc —extremo S— respondería a una formación semitombólica apoyada sobre islotes pleistocenos.

Por todo esto, salvo en el último caso, no puede hablarse de “litoral de barra y albufera”, contra las apariencias, en el sector estudiado. Este pretendido carácter queda desmentido por los limos y eolianitas tirrenienses que aparecen en la base de las dunas y algo por encima del nivel del mar. La evolución puede resumirse en: 1) excavación marina del llano bajo en el Pleistoceno inferior y medio; 2) depósitos marinos en las partes deprimidas durante la transgresión tirreniense; 3) emersión de los llanos bajos con la regresión del último glacial y depósitos continentales; y 4) subida posglacial del nivel marino y formación de la orilla moderna; la zona deprimida se convierte en marisma, aislada del mar abierto por las dunas pleistocenas y recientes, así como por una activa cresta de playa.

Los gradientes costeros

Ya nos hemos referido, al hablar de los posibles efectos del oleaje, al bajo gradiente hasta 10 km. mar adentro. Mientras que en las costas del SE (ROSSELLÓ, 1964) el gradiente interior prelitoral es del 3,5% y el de la plataforma epicontinental entre 0,8 y 1,5%, en el tramo aquí analizado el perfil longitudinal de la cuenca apenas da 0,8 ó 1% de inclinación y el shelf, 0,8 en los primeros 10 km. y 0,4%, considerándolo en su totalidad. Un idéntico origen para el shelf actual y el hoy englobado en la cuenca ya ha sido sugerido por otros detalles. Un análisis más fino, tierra adentro, es posible gracias a los diez perfiles seriados de la fig. 6.

El perfil H. 3 muestra una ruptura de pendiente a los 3 m. de la orilla, correspondiente a la embestida del oleaje. Hasta los 20 m., base de la duna, donde señalamos la línea de los temporales, la pendiente es de 11,7%, produciéndose una ruptura convexa; desde los 20 m. hasta los 48 de distancia de la orilla, la pendiente es de sólo 4,4%. La cumbre desde los 4 m. s.n.m. ha sido explanada artificialmente hace poco.

El perfil H. 5 (en las proximidades del canal de “Salinas de Levante”, como el anterior) muestra una pendiente cóncava; después del escalón litoral de 0,50 m. que corresponde con una rasa tirreniense III, hasta los 30 m. de distancia, el gradiente es mínimo 1,6%; de 30 a 72 m., sobre las dunas actuales acusa un 8,3%.

En el perfil H. 22 el plano del vaivén penetra 5 m. A 33 m. de la línea de agua aparece una ruptura al pie de la duna (hasta aquí 5,5%)

que se eleva a más de 3 m. en un primer cordón, no rebasado —ni de lejos— por las olas. El que exista una depresión a + 0,66 solamente, puede deberse a deflación eólica o a la topografía relictas; no parece tener que ver con el mar actual. En esta depresión se acumulan residuos orgánicos transportados por el viento y por las aguas meteóricas.

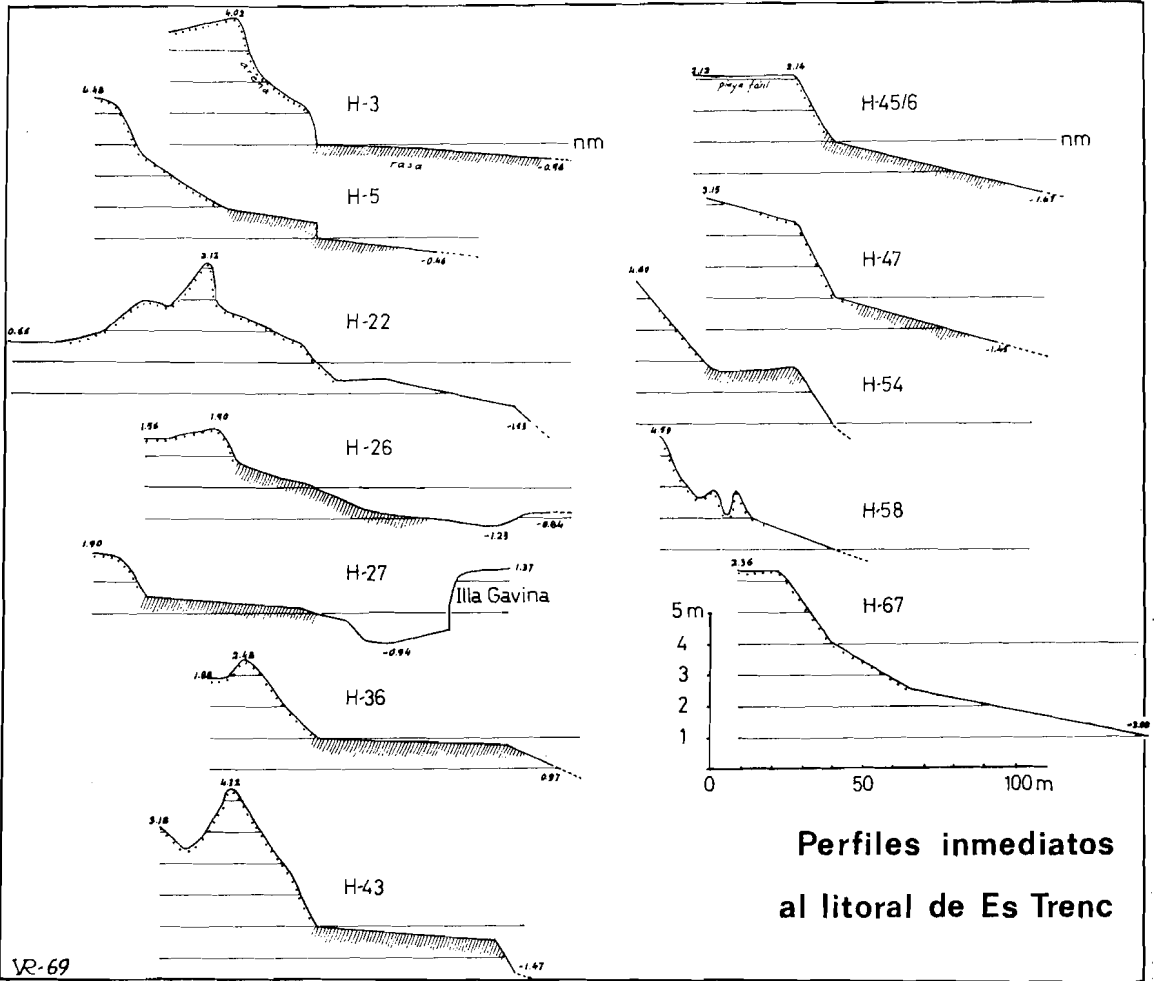


Fig. 6. Perfiles seriados

A unos 25 m. de la orilla figurada en el perfil H. 26 (N de la Illa Gavina), después de una banda arrasada con pendiente del 3%, hay un escalón que señala el máximo alcance de los temporales con más de un metro de desnivel en una tirada de 7 m. (16%) que corresponde a una duna actual con núcleo fósil.

Perfil H. 27 (frente Illa Gavina). A 65 m. de la orilla se encuentra una clara ruptura, después de una rasa ligerísimamente inclinada (escalón costero 0,20 y luego 0,30 m./51 o sea 0,67%), en cambio, en los 9 metros sucesivos se llega al 13,5% de inclinación. El perfil H. 36 (Es Pregons Grans) coincide con una fuerte pendiente (10%) casi uniforme en los primeros 25 m.; la bajada de 60 cm. y mucho más en la inmediata *caoudèyre* del N, no tiene nada que ver con la acción de los temporales.

El perfil H. 43 (Pregons Grans, S) acusa un fuerte declive casi uniforme y del 15,4%, el cual no permite retrasar la línea de temporales a más de 12 ó 14 m. de distancia del litoral y poco más de 2 m. de altura sobre el nivel del mar. Una cresta de duna fósil a + 4,32 no tiene que ver con el litoral actual.

En el perfil H. 45 (Es Pregons Petits, N) el estrán aparece uniforme hasta la cresta eólica de 2 metros, dando el conjunto una inclinación del 16,4%. La duna fósil incluso enrasa con una plataforma que se mantiene alrededor de los 2 m., absolutamente fuera del alcance de las olas. En el siguiente perfil, H. 47 (centro de Es Pregons Petits), el estrán queda aún más patente y diferenciado de la plataforma, a causa de su fuerte gradiente (20%). Aunque hacia adentro siga subiendo el terreno, se ve claramente la continuidad del perfil apoyado en una duna fósil coincidente con la cresta eólica.

El último perfil medido, H. 67 (Raconada de s'Estany), muestra antes de los 20 m. de distancia y con una pendiente del 13,5% un plano, después del que se llega a un rellano de 2,30 m., fuera del alcance de los temporales, sobremontado por una duna actual mucho más elevada.

Se deduce claramente que los fuertes gradientes y cambios expresados en los referidos perfiles son puramente episódicos en el conjunto prelitoral. La parte sumergida corresponde en buena porción al sistema de rasas que, con las emergidas, oscilan entre 0,4 y 2,7% de inclinación. Las mayores inclinaciones coinciden precisamente con el sugerente topónimo Es Pregons (los "profundos") Petits. En cambio, en las inmediaciones de la Illa Gavina, la rasa se prolonga por lo menos un centenar de metros.

Murcia, Departamento de Geografía

Febrero, 1969

BIBLIOGRAFIA

ARAMBOURG, C. (1952): «The Red Beds of the Mediterranean Basin». *Proc. Panafric. Conf. Prehist.* (Nairobi, 1947). Oxford, Blackwell, pp. 39-45.

BUTZER, KARL W. (1961): «Paleoclimatic Implications of Pleistocene Stratigraphy in the Mediterranean Area». *Ann. of The New York Acad. of Sciences*, vol. 95, art. 1, pp. 449-456.

BUTZER, KARL W. (1962): «Coastal Geomorphology of Majorca». *Ann. of The Association of American Geographers*, vol. 52, n.º 2, pp. 191-212.

BUTZER, KARL W. (1963): «Climatic-Geomorphologic Interpretation of Pleistocene Sediments in the Eurafrian Subtropics», ap. HOWELL-BOURLIERE: *African Ecology and Human Evolution*. Chicago, Aldine Publ. Company, 27 pp.

BUTZER, K. W. - CUERDA, J. (1960): «Nota preliminar sobre la estratigrafía y paleontología del Cuaternario marino del Sur y SE. de la isla de Mallorca». *Bol. Soc. Hist. Natur. Baleares*, VI, pp. 9-29.

BUTZER, K. W. - CUERDA, J. (1962 a): «Nuevos yacimientos marinos cuaternarios de las Baleares». *Notas y Comunic. del Inst. Geol. y Minero*, 70, pp. 25-70.

BUTZER, K. W. - CUERDA, J. (1962 b): «Coastal Stratigraphy of Southern Mallorca and its Implications for the Pleistocene Chronology of the Mediterranean Sea». *Jour. Geol.*, 70, pp. 398-416.

DURAND, J. H. (1959): *Les sols rouges et les croûtes en Algérie*. Alger, Service des Études Scientifiques.

FAIRBRIDGE, R. W. (1961): «Eustatic Changes in Sea-level». *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 4, pp. 99-184.

GUILCHER, ANDRÉ (1957): *Morfología litoral y submarina*. Barcelona, Omega. 264 pp.

HAFEMANN, D. (1959): «Die Frage des eustatischen Meeresspiegelanstieges in historischer Zeit». *Abhandlungen Deutscher Geographentag*, Berlín. pp. 221-231.

KÜHNHOLTZ-LORDAT, F. (1924): *Essai de géographie botanique sur les dunes du golfe du Lion*. Tesis sc.París, 307 pp.

MENSHCHING, HORST (1955): «Karst und Terra rossa auf Mallorca». *Erdkunde*, 9, pp. 188-196. Trad. «Karst y terra rossa en Mallorca». *Est. Geogr.*, XVII (1956), pp. 659-672.

MUNTANER DARDER, A. (1955): «Nota preliminar sobre nuevas localidades de Cuaternario en la isla de Mallorca». *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 1, pp. 84-86.

OTTMANN, FRANCIS (1965): *Introduction à la géologie marine et littorale*. París, Masson, 260 pp.

ROSSELLÓ VERGER, VIC. M. (1963): «Notas preliminares a la morfología litoral del norte de Valencia». *Saitabi*, XIII, pp. 105-144.

ROSSELLÓ VERGER, VIC. M. (1964): *Mallorca. El Sur y Sureste*. Tesis. Palma de Mallorca, Cámara de Comercio, Industria y Navegación. XVIII + 543 pp.

SAYLES, R. W. (1931): «Bermuda During the Ice Age». *Proc. Amer. Acad. Arts. Sci.*, 66, pp. 382-467.

SCHUELKE, HORST (1968): «Quelques types de dépressions fermées liées à l'action destructive de la mer. (Bretagne, Corse, Asturies)». *Norvois*, n.º 57, pp. 23-42.

WILLIAMS, W. W. (1960): *Coastal Changes*. London, Routledge and Kegan, 220 pp.

LAMINA I



Fig. 1. Ensenada de Es Pregons Grans (agosto 1968). Una gran acumulación de posidonias forma la cuerda del arco, sobre la playa



Fig. 2. Playa de Es Trenc-Ses Covetes
Formas de detalle en una acumulación temporal de posidonias

LAMINA II



Fig. 1. Rasa de Sa Llova, bajos residuales e isletas. En primer término, la línea de mayor alcance del oleaje es señalada por los cardos



Fig. 2. Duna de las inmediaciones de las salinas de Es Trenc. La acción actual del viento ha descavado el flanco expuesto

LAMINA III



Sa Barrala: explotación de arena eólica en el camino de Ses Covetes. Obsérvese el corte de la duna reciente y de los mantos arenosos subyacentes

LAMINA IV



Sa Barrala: explotación de arena eólica destinada a la construcción. Bajo la duna cubierta de vegetación y suelo inicial, se aprecia un horizonte estratificado y algo consolidado