

IV Reunión de Geomorfología
Grandal d'Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J., Eds.
1996, Sociedad Española de Geomorfología
O Castro (A Coruña)

ANÁLISIS Y CAUSAS DEL RETROCESO DE LA LÍNEA DE COSTA DEL ARENAL DE SA RÀPITA (MALLORCA)

Servera Nicolau, J. y Martín Prieto, J.A.

Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. Ctra.
Valldemossa km 7,5. 07071, Palma de Mallorca.

RESUMEN

Se han estudiado los cambios de la línea de costa en la playa del arenal de Sa Ràpita (SE de la isla de Mallorca). A parte de la presión antrópica por el uso masivo de bañistas en época estival, el basculamiento producido por la construcción de un puerto deportivo en la parte occidental de la misma parece ser la causa principal de su retroceso.

La fotografía aérea y el trabajo de campo han permitido elaborar una cartografía que nos muestra su retroceso desde 1968. El resultado final ha sido una acumulación en la zona más próxima al puerto del orden de 1.3 m/año y una erosión en el resto de la playa que alcanza los 0.7 m/año

Palabras clave: S'arenal de Sa Ràpita, playa, erosión, acreción, deriva litoral, presión antrópica

ABSTRACT

Shoreline changes in s'arenal de sa Ràpita beach (SE of the Island of Mallorca) has been studied. The building of a marina at the west end of the beach seems to be the main cause of the shoreline backward movement, furthermore recreation activities in summer time.

Aerial photograph and fieldwork have allowed a cartography showing the shoreline evolution since 1968. The final outcome has been a ratio of 1,3 m/year of beach accretion at the nearest zone of the harbour and 0,7 m/year of beach erosion in the rest of the beach.

Key words: S'arenal de Sa Ràpita, beach erosion, beach accretion, longshore current, antropic pressure

INTRODUCCIÓN

La oferta turística de las Baleares se ha fundamentado básicamente en la demanda de un espacio físico, cuya localización hasta el momento tiene un marcado predominio litoral. Por lo tanto, la actividad económica turística se localiza y concentra en torno a sus litorales arenosos. Ello ha provocado la aparición de elementos caóticos y desorganizados en torno a ellos y unas consecuencias de degradación del medio ambiente, que en ocasiones es irrecuperable, debido fundamentalmente a un turismo de masas de baja capacidad económica. Esto hizo que sobre los años setenta se replantearan algunas cuestiones sobre el modelo y se optara por las posibilidades que ofrecía el turismo náutico como alternativa, llegando a la construcción de varios puertos deportivos o a la ampliación de otros, sin que se tuviera en cuenta el lugar donde se llevaba a cabo, ni el impacto ambiental que podrían acarrear, tal y como ha ocurrido no solo en nuestro caso objeto de estudio, si no en otros puertos deportivos de nuestras islas (PUIGSERVER & BARCELO, 1990).

En esta línea, la presente comunicación se centra precisamente en analizar las consecuencias que las instalaciones del puerto deportivo de Sa Ràpita han tenido sobre la playa del mismo nombre (figura 1). Desde la construcción del puerto, se ha detectado un fuerte desequilibrio de la línea de playa entre el espigón oriental del puerto y el núcleo urbano de Ses Covetes, desequilibrio que se traduce en erosión de la superficie arenosa en la parte central y acreción justo al costado del mismo puerto.

Esta alteración de la dinámica natural, en este caso antrópica, ha tenido una rápida y negativa repercusión en un ambiente de un delicado equilibrio, donde la relación existente entre los procesos de intercambio de material entre la zona sumergida y la zona subaérea se han visto truncados por un tercer elemento, como ha sido el puerto deportivo, modificando la dinámica natural.

Así pues los objetivos marcados para este trabajo, se pueden establecer en los siguientes puntos:

- Estudio de la evolución de la línea de costa desde 1968 hasta la actualidad.
- Evaluación del impacto ambiental de los elementos antrópicos que se encuentran sobre la playa.

ÁREA DE ESTUDIO

El arenal de Sa Ràpita se encuentra situada en la costa meridional de la isla de Mallorca. Se presenta como una playa arenosa que se extiende desde el puerto deportivo del mismo nombre hasta el promontorio de Ses Covetes, con una longitud aproximada de 1.2 km y una orientación de la línea de costa que va del NNW al SSE. Desde la misma playa y hacia el interior, se desarrolla un sistema dunar que se extiende tierra adentro en dirección al NE (figura 1).

En cuanto a la petrología de los sedimentos de la playa, están constituidas por unas arenas de formación predominantemente bioclástica (93%), estando constituido el resto por litoclastos. Su textura se caracteriza por un grano cuyo tamaño oscila entre arena media y fina. Su contenido en CaCO_3 se situa en torno al 80% (JAUME & FORNOS, 1992). Este material se distribuye

preferentemente a ambos extremos de la playa, mientras que en su parte central se observan texturas tipo grava y guijarros como consecuencia del desmantelamiento de eolinitas de base debido al retroceso de la línea de costa y la acción erosiva del mar.

Por lo que respecta a la dinámica marina que afecta a nuestra área, esta se encuentra influenciada por los siguientes procesos:

- Régimen mareal: apenas si tiene influencia, no solo en esta zona, si no en todo el ámbito balear, siendo más importante las oscilaciones de la presión atmosférica que la propia marea en sí. Por tanto su importancia es poco significativa.

- El oleaje: viene condicionado por un *fetch* reducido, con un máximo de 400 km en el SSO y un mínimo de 140 km en el SW. De ello se deduce que para condiciones extremas con velocidades de viento de 30 nudos o superiores (se registraron en el sur de la isla en diciembre de 1968, ROSSELLO, 1971) la altura de la ola eficaz no supera los 4.5 m (ROSSELLO, 1969; GARAU, 1987), siendo $H_{1/3}$ de 7 m y una longitud de onda superior a 160 m para un periodo comprendido entre 8.5 y 12 s (KING, 1972). A partir de estos datos, la profundidad crítica a partir de la cual la ola roza el fondo es de unos 80 m de profundidad (esto equivale a una distancia superior a los 2.000 m de la playa) y el límite entre aguas profundas y someras, se encuentra en la isobata de 40 m, siempre para condiciones climatológicas extremas.

- El régimen de vientos: Para poder interpretar correctamente los procesos de deriva litoral que tienen lugar en la playa de Sa Ràpita se han tenido en cuenta los datos obtenidos en los observatorios de Cap Blanc y del Cap de Ses Salines, los cuales se hallan equidistantes del área de estudio en unos 20 km. A partir de los datos obtenidos, se elaboraron las rosas de viento para valores comprendidos entre los años 1960 y 1981. Las rosas resultantes (figura 2), corresponden a los valores porcentuales de verano e invierno, (figura 3). Para las rosas de invierno, la mayor frecuencia e intensidad corresponde a vientos de componente W (23 y 29% para Cap Blanc y Ses Salines respectivamente) y SW (17 y 24%). Estos datos significan que hay una incidencia directa y sin obstáculos del viento sobre la playa para la estación invernal. Por contra, en las rosas de verano, tenemos una mayor frecuencia de vientos de componente E (57% a Ses Salines y 34% a Cap Blanc), pero presentando menores intensidades.

Estos datos, traducidos a la costa, significan que la mayoría de veces el viento incide con un cierto ángulo sobre la línea de costa, produciendo deriva litoral en ambos sentidos. Sin embargo, la incidencia es menor en los vientos de componente E debido a que la playa se encuentra al abrigo del Cap de Ses Salines. Si analizamos los perfiles de 1968 y 1973 (figura 3) y los comparamos con las rosas de los vientos, se deduce que en época invernal, se produce un transporte de material o deriva litoral hacia el este, el cual se manifiesta en la parte oriental de Es Morters y sobretodo entre este y el promontorio de Ses Covetes, mientras que se produce erosión en la parte más occidental de la playa, es decir, en la parte donde está actualmente construido el puerto deportivo.

Al contrario, en época estival, la deriva litoral se produce en sentido inverso, es decir, hacia el oeste. Esto explica la acumulación de sedimento en esta dirección, entre el promontorio de Ses Covetes y Es Morters y en el extremo

occidental de la playa estudiada.

- **Batimetría:** Por lo que respecta a la batimetría, ROSSELLO (1969) señala que la isobata de -10 m se encuentra a 900 m de la costa y la de -20 m a una distancia superior al doble de la anterior. Esto significa que las olas de alta energía tocan fondo y comienzan a modificar sus características a una distancia considerable de la playa. Por otra parte, la isobata de -1 m se encuentra entre los 25 y 75 m de la línea de costa y la de -1.5 m entre los 40 y 100 m de la orilla. Este perfil batimétrico hace que el sector no esté afectado por olas de más de 2 m de altura. En definitiva, podemos decir que los rasgos morfológicos de este litoral tan solo se ven afectados por los grandes temporales (ROSSELLO, 1971). y que los procesos de deposición y erosión de esta costa arenosa dependen más de la deriva litoral que de los efectos directos del oleaje.

COMUNIDAD VEGETAL DE *POSIDONIA OCEANICA*:

En lo referente al "alga", como es conocida popularmente la fanerógama *Posidonia oceanica*, esta juega un papel muy importante en la dinámica natural. Por una parte, sus rizomas fijan el sedimento de la zona más inmediata a la playa. En segundo lugar, se desarrolla en el *nearshore* en una profundidad que oscila entre los 2 y 40 m, lo cual sirve de freno o atenúa la altura de las olas más altas propias de la estación fría, ya que la profundidad relativa disminuye al ser su altura de aproximadamente 40 cm. Por lo que respecta a la parte emergida, los restos de las hojas de *Posidonia* actúan como una efectiva defensa de la playa, ya que se comienzan a acumular sobre el *foreshore* en otoño con los primetos temporales (ROSSELLO, 1969). De esta forma, la playa subaérea o *backshore*, está eficazmente protegida del oleaje erosivo propio del invierno, manteniendo un perfil estable. Actualmente y a causa de la gran afluencia de turistas, la *Posidonia*, es retirada sistemáticamente durante prácticamente todo el año, ya que su presencia les resulta supuestamente una molestia. Esta extracción se realiza con maquinaria pesada, lo cual provoca por una parte la destrucción del pie de la *foredune* tanto por la propia máquina como por la acción del oleaje que ahora si es capaz de alcanzar y erosionar la duna. Por otra parte, se pierde una importante cantidad de sedimento que no retornará jamás al sistema al ir incluido en la propia alga debido a la forma en que se produce su acarreo y transporte.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo, ha sido necesaria la utilización de fotografías aéreas correspondientes a los años 1968, 1973, 1984 y 1990, a una escala de 1:5.000. Como complemento de base y para el control de su evolución en los próximos años, se han realizado tres perfiles seriados desde noviembre de 1994 hasta la actualidad, utilizando para ello un teodolito como instrumento de medición. El lugar desde donde se realizaba cada medición era uno de los nidos de ametralladoras situados en el centro de la playa, que constituyen un excelente punto de referencia, y gracias a los cuales hemos podido observar la evolución de la línea de costa en los últimos años. Como referencia para cada perfil y su representación cartográfica, se tenía en cuenta

el límite superior del *swash* y el pie de la *foredune*, espacio que se conoce como *backshore*. Finalmente, también se ha empleado fotografía oblicua de diferentes años y que nos ha permitido precisar algunas comparaciones con el pasado.

RESULTADOS

En primer lugar es necesario hacer referencia al puerto de portivo de Sa Ràpita, que fue construido en diversas etapas entre 1973 y 1979 y que en la actualidad está siendo objeto de un ampliación de su espigón occidental debido a los efectos de difracción de las olas incidentes. En su conjunto ocupa una extensión de 185.000 m² y consta de dos espigones, uno el mencionado anteriormente y que se extiende paralelo a la playa con una longitud de 300 m y el otro que arranca desde el contacto del promontorio rocoso y la playa y lo hace de forma perpendicular a la misma con una longitud de unos 375 m. La actual dinámica de la playa se halla directamente relacionada con la construcción del puerto, ya que la fotografía aérea anterior a su construcción mostraba esta área como estable o con pocos cambios apreciables. La nueva situación se establece en el 1973 y desencadena toda una serie de procesos que desestabilizan la playa, provocando modificaciones importantes por el emplazamiento de las instalaciones náuticas.

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE PLAYA DESDE 1968 HASTA LA ACTUALIDAD

La evolución del periodo comprendido entre 1968 y 1973 ya ha sido explicado dentro del apartado correspondiente a la dinámica marina y puede resumirse diciendo que existía un equilibrio estable de la playa, con pocos cambios apreciables en cuanto al *backshore* y *foredune*. De la comparación entre las líneas de playa de 1973 y 1984, es decir, anterior y posterior a la construcción del puerto respectivamente, obtenemos los siguientes resultados (figura 4):

- Pérdida de superficie de playa entre Ses Covetes y Es Morters.
- Fuertes y acelerados procesos erosivos entre Es Morters y los nidos de ametralladoras.
- Acreción en la zona inmediata al puerto deportivo.

Estos hechos obedecen a una serie de causas que se analizan a continuación:

- Cuando se produce deriva litoral en dirección W, apenas si hay alteraciones en el comportamiento de la playa, pero cuando lo hace en sentido contrario, el abrigo que produce el puerto, da lugar a fenómenos de refracción y difracción de las olas incidentes. Es decir, existe una transferencia de energía de la ola lateralmente a lo largo de su cresta a la sombra del obstáculo (FLEMING, 1990), lo que supone una interrupción del tren de olas. La sombra que provoca dicho obstáculo, es decir el espigón, produce una disminución de la velocidad del oleaje y la correspondiente acumulación de sedimento.

- El efecto sombra o abrigo que proporciona el puerto, impide que el material acumulado en esta parte de la playa, tanto por lo mencionado anteriormente como por la deriva litoral de dirección E, pueda ser transportado

o puesto en movimiento, como sucedía anteriormente, quedando el sedimento de esta forma retenido o capturado. Cuando este fenómeno tiene lugar, el transporte libre se convierte en transporte impedido, dando lugar a un avance y acreción de la playa (SANJAUME, 1985).

- La situación que tiene lugar en el área comprendida entre los nidos de ametralladoras y Es Morters, es decir, la zona de máxima erosión, se explica porque cuando una estructura artificial interfiere la dinámica natural de la deriva litoral, da lugar a erosión en la zona inmediatamente detrás del obstáculo. Por lo tanto, la consecuencia más inmediata es una disminución de aporte de material, debido a que el perfil original ha adquirido una mayor concavidad que el anterior y no permite o dificulta en mayor grado el transporte a lo largo de la playa, dando lugar a erosión (BIRD, 1983). Esto queda puesto de manifiesto en la erosión de las eolinitas de base que afloran en la parte central de mayor concavidad.

CONCLUSIONES

La cartografía obtenida a partir de la fotografía de 1973, 1990 y los perfiles de 1994, pone de manifiesto lo expuesto anteriormente (figura 5). En definitiva, se produce -como era previsible- erosión en la parte central de la playa y una mayor acumulación a sotavento del puerto deportivo. Su cuantificación resulta de una acumulación en la zona más próxima al puerto del orden de 1.3 m/año y una erosión en el resto de la playa que alcanza los 0.7 m/año.

La alteración de la dinámica natural de s'arenal de Sa Ràpita ha sufrido un fuerte impacto como consecuencia de diversos factores de carácter antrópico, como es el uso masivo de la playa por bañistas y la recolección indiscriminada de *Posidonia* de la playa. Pero a la vista de este estudio, parece claro que el principal agente desestabilizador ha sido la construcción del puerto deportivo, tal y como queda patente en la figura resumen obtenida a partir de la cartografía antes y después de su construcción (figura 6).

* Este trabajo ha recibido financiación del proyecto CICYT MAR95-1825 dentro del programa Nacional de Ciencia y Tecnología Marinas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIRD, E.C.F. (1983): *Submerging coasts. The effects of a rising sea level on coastal environments*. Wiley. Chicester.
- BLÀZQUEZ, M. (1994): Mass tourism use of Majorcan natural sites. Proposal towards Sustainable Tourism Planning and Management. The cases of Sa Calobra, Sa Punta de N'Amer and Es Trenc. *Memòria d'Investigació (inèdita)*, UIB.
- FLEMING, C. A. (1990): Guide on the uses of groynes in coastal engineering. *Ciria* 119. London.
- GARAU, C. (1987): *Estudio de la dinámica litoral en el entorno del puerto de la Colonia de Sant Jordi (Ses Salines)*. Inédito.
- GELLERT, J. F. (1988): Applied geomorphological survey and maps on coasts. *Z. Geomorph. N.F.*, núm. 9, 169-178.
- JAUME, C. i FORNOS, J. J. (1992): Composició i textura dels sediments de platja del litoral mallorquí. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* 35, 93-110.

- KING, C. (1972): *Beaches and coasts*. 2a ED. Edward Arnold. London.
- MARQUE, M. A. (1988): *Spain*. In Walker, H. J. (ed.): *Artificial structures and shorelines..* Kluwer Academic Publishers, 187-191. Dordrecht.
- ORFORD, J. (1988): Alternative interpretations of man-induced shoreline changes in Rosslare Bay, Southeast Ireland. *Institute of British Geographers* 13(1), 65-78.
- PUIGSERVER, S & BARCELO, R. (1990): Transformaciones de la costa debidas a la construcción del puerto deportivo de S'Arenal (Badía de Palma). *Bentos* VI, 481-490.
- ROSSELLÓ, V. (1969): El litoral de Es Trenc (S. de Mallorca). *Annales de la Universidad de Murcia*. Vol XXVII, núm.1-2, 223-245.
- ROSSELLÓ, V. (1971): El oleaje y sus efectos geomórficos en las playas meridionales de Mallorca. *Cuadernos de Geografía* 9, 169-178.
- ROSSELLÓ, V. (1986): L'artificialització del litoral valencià. *Cuadernos de Geografía* 38, 1-27.
- SANJAUME, E. (1985): *Las costas valencianas, sedimentología y morfología*. Universidad de Valencia.
- SCHUELKE, H. (1968): Quelques types de dépressions fermées liées à l'action destructive de la mer (Bretagne, Corse, Asturies). *Norois*, 57, 23-42.

Pies de Figuras

Figura 1. Localización del área de estudio.

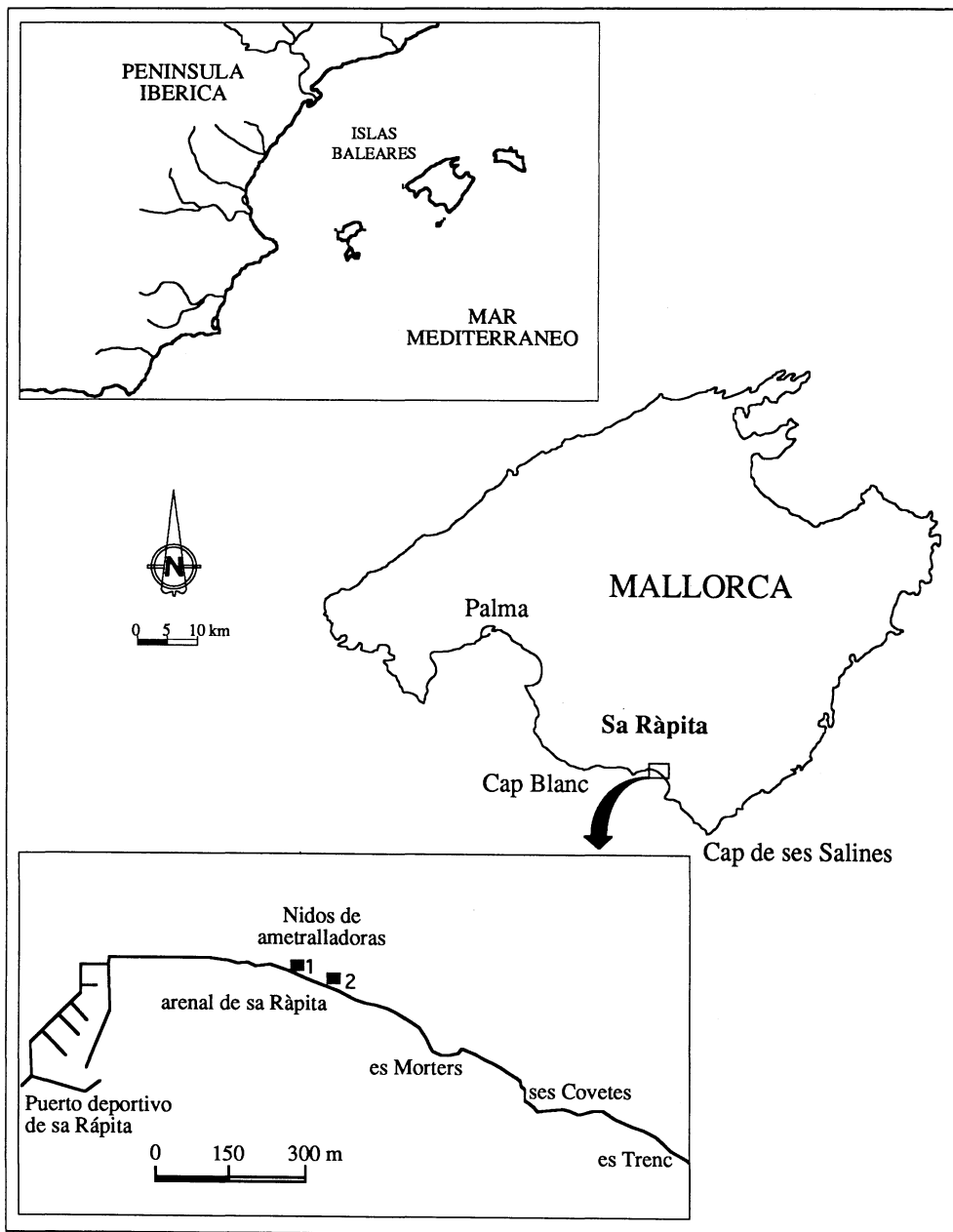
Figura 2. Rosas de viento de las situaciones de verano e invierno de los faros de Cap Blanc y ses Salines (series de observación del periodo 1960 -1981).

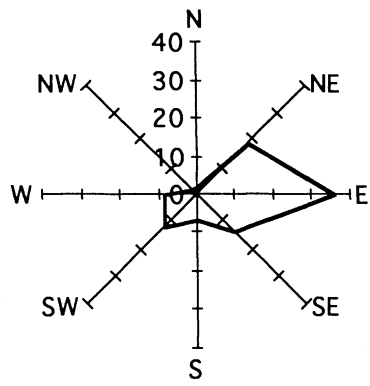
Figura 3. Comparación de la línea de costa entre los años 1968 y 1973, ambos anteriores a la construcción del puerto.

Figura 4. Comparación de la línea de costa entre 1973 y 1984 (primer perfil posterior a la construcción del puerto).

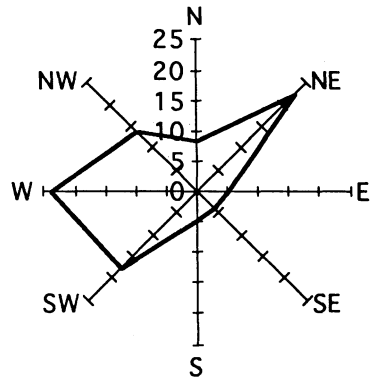
Figura 5. Comparación de la línea de costa entre los años 1973, 1990 y 1994.

Figura 6. Comparación y evolución de la línea de costa en el sector del puerto deportivo y el segundo nido de ametralladoras entre los años 1973 y 1994.

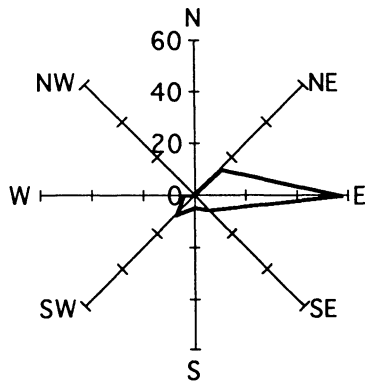




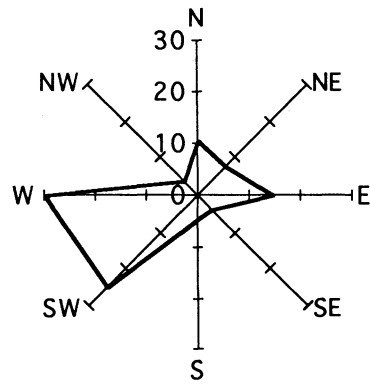
Cap Blanc - verano



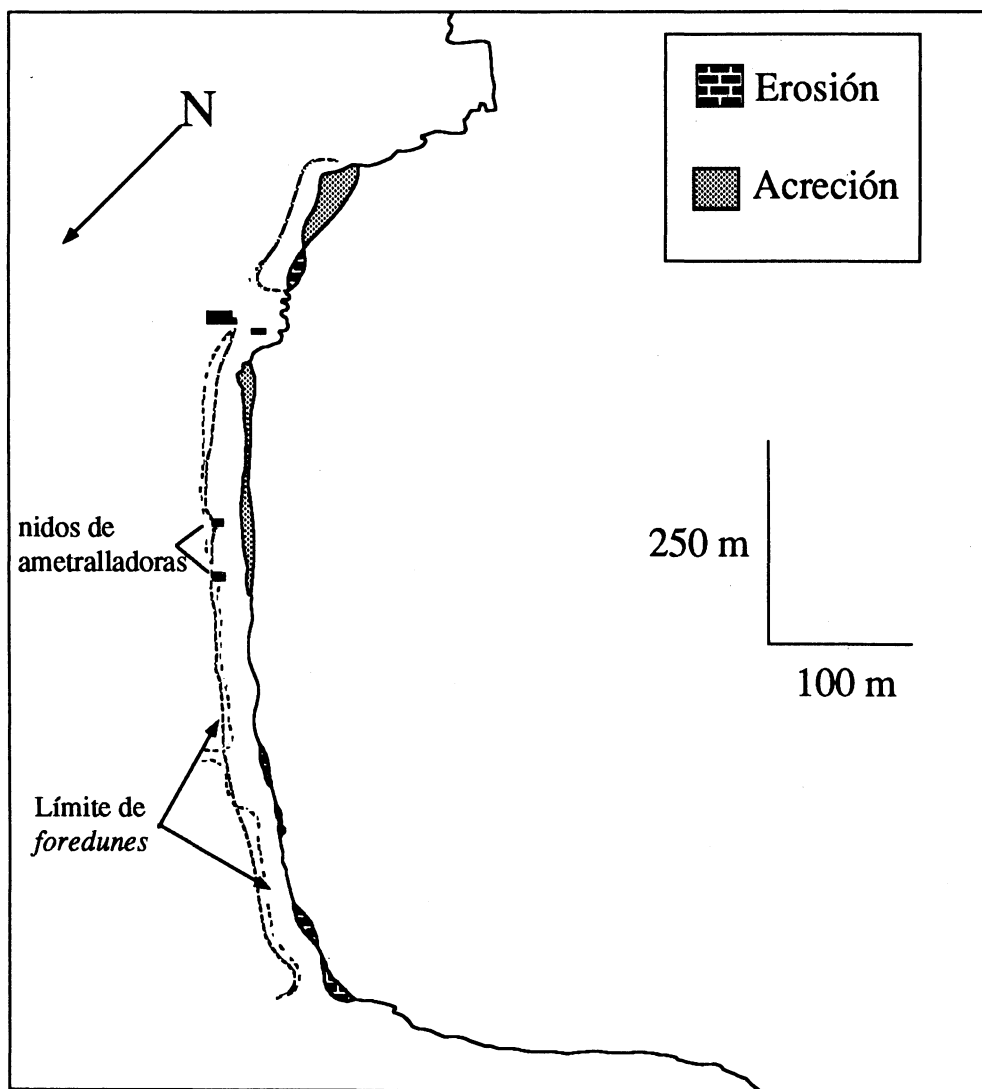
Cap Blanc - invierno



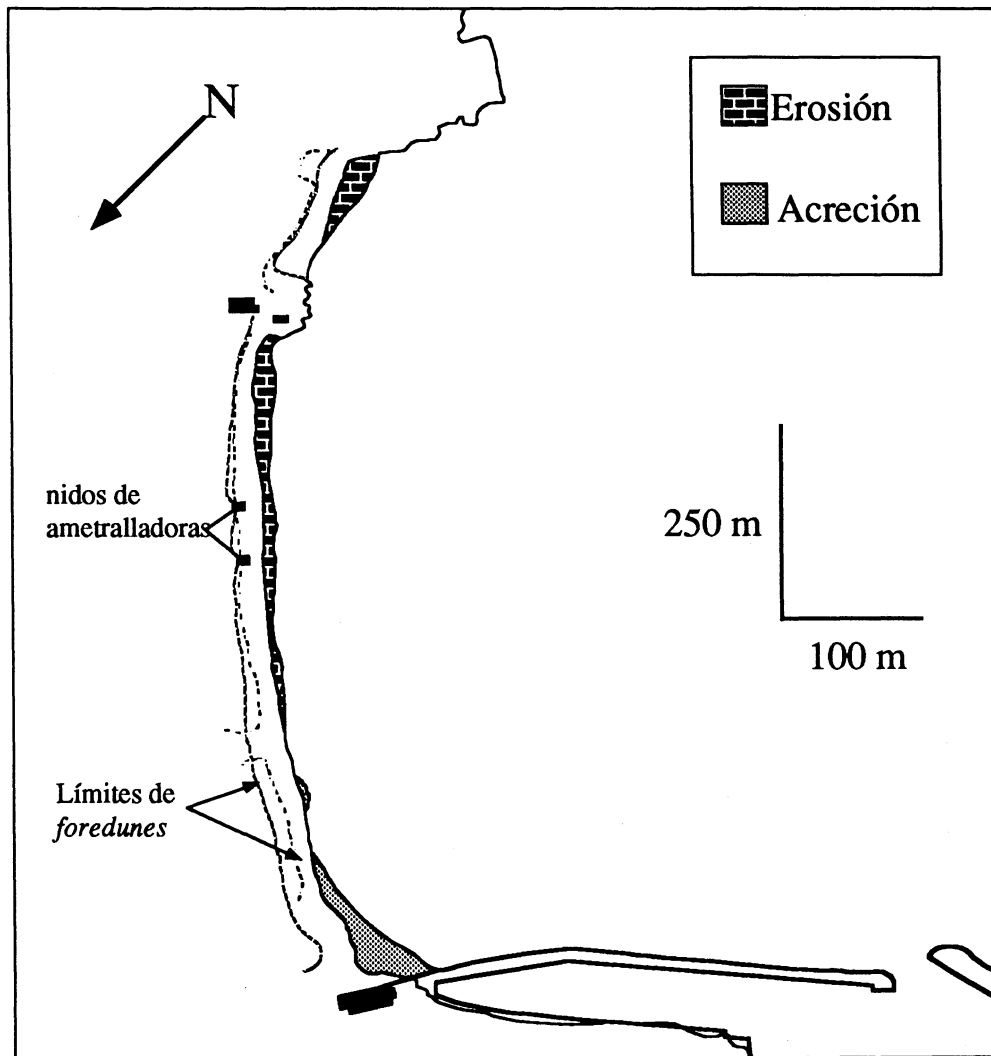
Ses Salines - verano



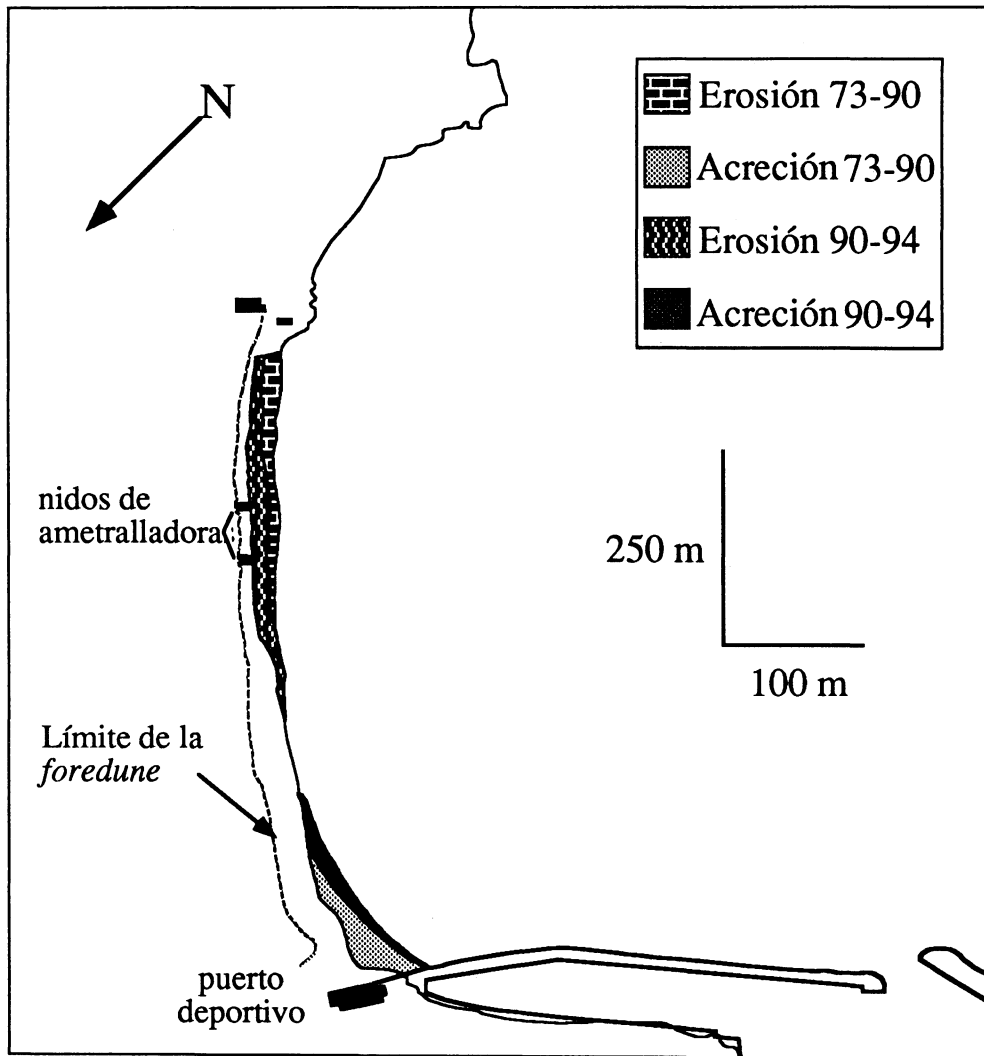
Ses Salines - invierno



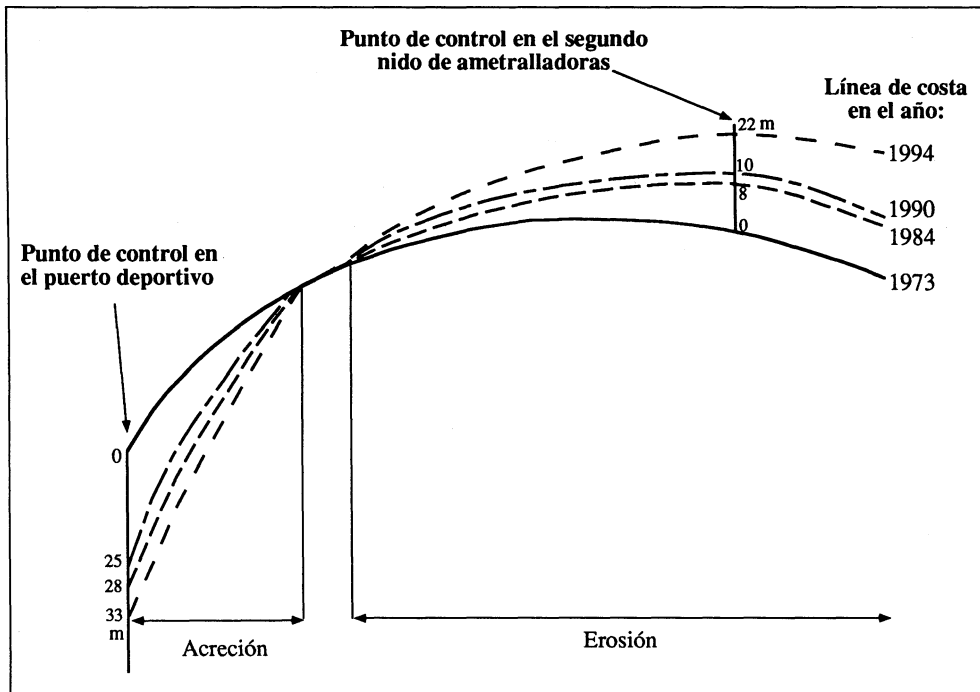
1968 /1973



1973 /1984



1973 /1990 /1994



1973 /1994