

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

MORFOLOGÍAS PARABÓLICAS DE LOS SISTEMAS DUNARES LITORALES DE BALEARES

Servera Nicolau, J. y Rodríguez Perea, A.

Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears, Cra. de
Valldemossa, km 7.5. E-07071 Palma de Mallorca.

RESUMEN

Debido a elevada cobertura vegetal que presentan, los sistemas dunares de las Baleares están formados principalmente por dunas parabólicas. Los tipos de dunas parabólicas que en ellos se encuentran (lunates, lobate, hemiciclics, en-echelon, digitates, superimposed o nested), así como su organización espacial, dependen tanto de la dinámica eólica actual -con especial referencia al grado de conservación de las foredunes- como de los cambios climáticos y eustáticos cuaternarios.

Palabras clave: Baleares, dunas litorales, dunas parabólicas

ABSTRACT

The modern coastal dune systems of the Balearic Islands are characterized by a high vegetation cover and, as a consequence, a wide presence of parabolic dunes. Lunate, lobate, hemicyclic, en-echelon, digitate, superimposed and nested dunes are arranged in a complex setting. They relate not only with the modern eolian processes -special emphasis has to be marked in the state of foredune conservation- but also with the changes that have taken place during quaternary times.

Keywords: Balearic Islands, coastal dunes, parabolic dunes

INTRODUCCIÓN

Los sistemas dunares litorales de Baleares son el resultado de la superposición en el tiempo de diferentes episodios eólicos, acontecidos a lo largo de todo el Cuaternario. De aquí se desprende la compleja y entramada secuencia vertical que presenta su estratigrafía. No obstante, los últimos retazos acontecidos en el Holoceno, a parte de conformar gran parte del paisaje dunar actual, presentan una, no menos compleja y entramada, organización y distribución de morfologías dunares parabólicas, que son el objeto de nuestro estudio.

La mayor parte de autores que han trabajado en el tema, coinciden en que la presencia de vegetación es imprescindible para la formación de morfologías dunares parabólicas (COOPER, 1967; KING, 1972; BIGARELLA, 1975; MCKEE, 1979; THOMPSON, 1983; SHORT, 1988; SEMENIUK, 1989; HALSEY, 1990; CROS, 1993; PYE, 1993; BYRNE, 1995). Así pues, K. PYE & H. TSOAR (1990) clasifican a

este tipo de morfologías como fitogénicas, desarrolladas a partir del atrape y sujeción del sedimento por la vegetación.

Las dunas parabólicas son las morfologías que predominan en la mayor parte de todos los sistemas dunares de Baleares -fósiles i/o actuales-. En todos ellos, a medida que nos adentramos hacia el interior, la vegetación presenta un mayor porte y densidad, de manera que recubre las dunas progresivamente protegiéndolas del viento. Como consecuencia se produce una disminución paulatina de llegada de sedimento a las áreas más interiores que queden prácticamente inmovilizadas y estabilizadas.

Este cambio dinámico gradual desde la primera línea hacia el interior del sistema dunar, implica también una clara repercusión morfológica. Así pues, nos encontramos que las dunas parabólicas como morfologías individuales, aumentan de tamaño hacia el interior, al mismo tiempo que también presentan un mayor grado de elongamiento. Atendiendo a la clasificación establecida por E. D. McKee & C. S. Breed (1974) para las dunas parabólicas simples, a partir de la relación (L/W) entre su longitud (L) y su anchura (W), en Baleares encontramos morfologías desde una relación inferior al 0,4, que dan lugar a formas alunadas (lunate) hasta relaciones superiores a 3 que dan lugar a parabólicas elongadas (elongate). No obstante, cabe remarcar que las relaciones más abundantes se encuentran entre 1 y 3, dando lugar a formas parabólicas lobuladas (lobate).

Dentro de los campos de dunas parabólicas, objeto de nuestro estudio, encontramos también conjuntos de morfologías simples que se agrupan espacialmente y en planta en forma de parábola, se trata de dunas parabólicas compuestas. Estas dunas consisten en la combinación o superposición de diferentes formas simples. En su trabajo E. D. MCKEE (1979) establece la posibilidad de cuatro tipologías de dunas compuestas: nested "nido", en-echelon o rake-like "rastrillo", digitate "digitada" y superimposed "superpuesta". A pesar de todo, en realidad se encuentran formas complejas resultado de la transición entre las formas básicas antes citadas (PYE, 1993).

Es difícil establecer las dimensiones de estas combinaciones de morfologías, ya que depende del número de formas individuales que se agrupen y, en el caso de superposiciones complejas, de la delimitación entre unas y otras unidades. No obstante, una vez realizadas las medidas de un importante número de formas compuestas en diferentes unidades de estudio, se puede hablar de que estas agrupaciones en Baleares, presentan un amplio intervalo que va desde 1 a 10 hectáreas de superficie. Por otra parte, y respecto a los resultados obtenidos en las medidas de sus ejes principales cabe decir, que las analizadas en la Bahía d'Alcúdia expuestas a vientos de Tramuntana, presentan unas dimensiones entre los extremos de sus brazos, que se encuentran entre los 400 y 600 m y la de su eje central entorno de los 800 a 900 m. En los sistemas expuestos a vientos del Oeste, como es el caso de los sistemas dunares de sa Ràpita-Trenc o el sistema Central de la Isla de Formentera, estas dimensiones se sitúan entre los 100 y 150 m de abertura entre la punta de sus brazos y entre los 200 i 300 m de largo en su eje central. A pesar de presentar considerables diferencias entre sus medidas, la forma de la parábola que describen, presenta un grado de elongamiento muy parecido a las simples, entorno a un ratio de 1'8.

ÁREA DE ESTUDIO

En Baleares, al igual que en la mayoría de los sistemas dunares litorales, estos se localizan preferentemente en costas bajas, en sectores relacionados con procesos de subsidencia. Esta pauta de localización responde a que estos litorales, habitualmente ventosos, no presentan obstáculos topográficos importantes que frenen el flujo eólico que llega de mar a dentro. En segundo lugar, hay que citar que son litorales que presentan frecuentemente una batimetría de pendiente muy suave, hecho que favorece que la dinámica marina de lugar a costas de acumulación. En este tipo de costas, las formaciones de playas arenosas favorecen la deflación eólica, que puede movilizar un contingente importante de sedimento hacia el interior.

Actualmente Baleares cuenta con un total de 33 formaciones dunares holocenas y recientes (Fig. 1), aunque cabe citar que algunas de ellas se encuentran en un estado muy degradado o a punto de desaparecer, como consecuencia de los procesos urbanizadores ligados al desarrollo turístico de la economía Balear. Estos sistemas dunares presentan unas extensiones y un grado de dinamismo muy heterogéneo ligado precisamente con su localización.

Respecto a su extensión, los mayores sistemas dunares de Baleares se encuentran ligados a las grandes depresiones centrales de la Isla de Mallorca (Bahía de Palma, Bahía de Campos y Bahía de Alcúdia), seguidos de los sistemas localizados en la isla de Formentera y en la de Ibiza. En la Isla de Menorca, aunque en gran número, los conjuntos dunares presentan las extensiones más pequeñas de Baleares.

En referencia al grado de dinamismo, se puede generalizar que, los sistemas localizados en litorales abiertos a los vientos de componente Norte, son actualmente los que presentan un mayor grado de dinamismo. Es el caso de la mayor parte de sistemas de la Isla de Menorca y de la parte nororiental de la Isla de Mallorca. En cambio, los localizados en litorales abiertos a vientos de componentes meridionales, presentan una menor actividad eólica.

Como principales características comunes de los sistemas dunares litorales de las Islas Baleares, podemos establecer:

- 1.- Se localizan principalmente en entradas relativamente abiertas asociadas a costas de acumulación, presentando una estrecha relación entre sus dimensiones y el grado de abertura al mar.
- 2.- Gran parte de los sistemas se encuentran asociados a zonas deprimidas, presentando una barra dunar litoral que delimita una zona húmeda o albufera.
- 3.- Normalmente se encuentran relacionados con antiguas generaciones dunares de edad pleistocénica, relictas y/o fosilizadas y muy litificadas.
- 4.- Finalmente, respecto a grado de dinamismo que presentan actualmente los sistemas dunares de Baleares, de acuerdo con las condiciones medioambientales imperantes en el presente, este se puede calificar de ralentizados.

METODOLOGÍA

Para la realización del presente trabajo, que forma parte de un proyecto con objetivos más amplios que los que aquí se han expresado, se ha partido del análisis de la cartografía geomorfológica realizada a escala 1:5000 para cada uno de los sistemas dunares de Baleares. El nivel de resolución de la cartografía ha sido la

interpretación de morfologías simples, siempre y cuando ha sido posible su representación cartográfica a la escala utilizada.

La técnica utilizada para la realización de dicha cartografía, ha consistido en la foto-intrepretación de fotogramas de diferentes vuelos correspondientes a diferentes años, con la posterior comprobación y corrección a partir del trabajo de campo. Para la obtención de resultados de carácter cuantitativo, se ha informatizado la cartografía realizada y ha sido tratada mediante un Sistema de Información Geográfica (Fig. 2).

RESULTADOS

En los sistemas dunares analizados, una vez se supera el sector de *foredunes*, cuando está presente, la definición, la organización y la distribución de las morfologías se puede presentar un tanto complicada. Así pues, para intentar objetivizar la descripción, hemos sectorizado los sistemas en función del grado de dinamismo que estos presentan desde la parte posterior de las *foredunes* hasta la parte más interior de cada sistema (Fig. 3).

SECTOR DE DUNAS MOVILES Y SEMIESTABILIZADAS

En este sector hemos incluido todas las áreas que de alguna manera muestran un transporte de sedimento en las tres modalidades posibles: reptación, saltación o suspensión. No obstante, el grado e intensidad del transporte decrece desde las zonas más cercanas a la fuente de alimentación hacia la parte más interior del sector. Por este motivo, la descripción se realizará en dos subsectores diferenciados:

1.- *Dunas móviles* (Fig. 3 SM). En primera instancia, y a partir de donde acaban las *foredunes*, podemos encontrar uno o varios cordones más o menos definidos y organizados de manera paralela a la costa. Están formados por morfologías parabólicas simples con formas del tipo *lunate* o *hemicyclic*, aunque es posible encontrar también formas tipo *lobate*. En ocasiones la disposición en batería de estas parabólicas puede llegar a presentar formas compuestas tipo *rastrillo* (*en-echelon*). Su formación se debe a la sujeción por la vegetación, que, a diferencia del cordón de *foredunes*, está formada por especies mucho más leñosas y de porte más arbustivo. Es en este sector, sobre todo en los sistemas expuestos directamente a Tramuntana y con un grado de presión antrópica bajo, donde actualmente pueden observarse parabólicas con un avance importante hacia el interior y que proceden de antiguos *blowouts* de la zona de *foredunes*.

En los casos en que las morfologías provienen directamente de la transgresión de lóbulos de *blowouts*, normalmente las parabólicas resultantes presentan una superposición sobre las formas previamente existentes ya más sujetadas. Al mismo tiempo, estas morfologías en su rápido avance, siguen manteniendo rasgos de vegetación propia de la zona de *foredunes*.

El subsector de dunas móviles descrito hasta el momento es, en la mayoría de los casos, una zona sometida a una alta presión antrópica con fuertes alteraciones. Cuando esto sucede, las dunas se ven abocadas a intensos procesos de erosión. Este hecho nos ha permitido establecer diferentes estadios evolutivos muy ligados al grado de conservación del primer cordón dunar de *foredunes*:

a) Un primer estadio se produce cuando existe el cordón de *foredunes* de

forma continua a lo largo de todo el frente dunar, pero presenta síntomas de degradación. Estos síntomas suelen reflejarse en la presencia de aberturas formadas a partir de morfologías tipo *trough blowouts*, que han evolucionado hasta el punto de dejar importantes canales de deflación. Estos canales provocan una reactivación inmediata del área que queda bajo el efecto de su desembocadura. La reactivación se produce debido a que los canales dan lugar a una exposición abierta a condiciones de salinidad elevada, no apta para la vegetación que sujeta las dunas interiores. De esta manera, la desestabilización de la cobertura vegetal facilita la formación de puntos con una fuerte deflación. Este fenómeno da lugar a la rotura de los lobulos de las parabólicas afectadas y a la aparición de *blowouts* fuera de su contexto habitual.

b) Un segundo estadio evolutivo ya más avanzado, se constituye cuando el cordón de *foredunes* se presenta en amplios sectores degradado o inexistente. En este caso la desprotección del primer subsector de dunas móviles, respecto del flujo eólico que entra desde el mar es muy elevada. Así pues, el desmonte de las dunas se realiza de una forma muy efectiva por todos sus laterales, de forma que acaban siendo reducidas temporalmente a formas que presentan una planta más o menos elíptica y están sujetadas por la vegetación más resistente a las nuevas condiciones ambientales creadas. Estas formas pueden describirse como *hummocks* de carácter erosivo. Entre ellas quedan amplios espacios, que actúan como importantes corredores de deflación, donde fácilmente se observan zonas de *ripples marks*, *shadow dunes* y pequeñas *nebkhas*, la mayoría de ellas formadas al abrigo de la vegetación *psmofila*, que también se ve desplazada hacia el interior como consecuencia del desequilibrio.

c) El tercer estadio evolutivo en que podemos encontrar este subsector, se produce cuando las *foredunes* han desaparecido por completo. En este caso, el subsector ya no presenta formaciones parabólicas, sino que solamente quedan formaciones de *hummocks*. El contacto entre la playa y el subsector es directo, y queda establecido por una amplia plataforma recubierta, en el mejor de los casos, cuando aun hay una buena alimentación de sedimento desde la playa, por formaciones de *shadow dunes* i *nebkhas*.

2.- *Dunas semiestabilizadas* (Fig. 3 Sse). Se sitúan en una área donde la presencia de la vegetación es ya más importante, tanto en densidad como en el porte, que es mayoritariamente arboreo. A partir de aquí, este subsector se puede definir como un espacio de transición a una situación de estabilización de las morfologías. La movilidad del sedimento se reduce únicamente a las caras de *stoss*, en zonas desprovistas o de menor cobertura de vegetación y fuertemente expuestas a canalizaciones del flujo eólico. Estas canalizaciones puntuales, normalmente suelen estar relacionadas con la reconducción eólica de la misma topografía que establece las morfologías dunares, de manera que, en determinados puntos puede acelerar el flujo eólico. Cabe explicar, que en algunos casos la movilidad de este subsector, puede presentar una relación directa con la desestabilización del subsector anterior.

La mayor parte de las morfologías que están presentes en este subsector interior de dunas semiestabilizadas se han formado a partir de las diferentes pulsaciones eólicas que han tenido lugar en el Holoceno. Así pues, los cuerpos dunares presentes tienen una distribución y una organización que muestra el solapamiento de diferentes períodos caracterizados por dinámicas eólicas y

condiciones ambientales diferentes entre ellos. A partir de aquí, la realidad actual se forma como una combinación de las formas pretéritas con los procesos eólicos actuales. Esta evolución se refleja en este subsector en la complejidad de su organización, aunque esta siempre se realiza a partir de combinaciones de formas básicas de parabólicas simples, dando lugar a parabólicas compuestas (Fig.4).

Estas dunas parabólicas compuestas son mayoritariamente de tipo *digitate*; no obstante, el avance a destiempo de cada una de las parábolas provoca su solapamiento dando lugar a parabólicas compuestas tipo *superimposed*, que pueden presentarse también como formas digitadas. Finalmente dentro este entramado de formas, también se pueden observar parabólicas compuestas tipo *nested* es decir, parabólicas digitadas que dentro su canal de deflación, entre sus dos brazos principales, amparan la formación de otras morfologías parabólicas compuestas o simples.

El modelo evolutivo que ha dado lugar a este tipo de organización compleja no puede haber sido lineal en el tiempo, sino que sugiere la presencia de cambios climáticos. Así, y a modo de respuesta a estas variaciones climáticas, la dinámica eólica tiene que haberse visto modificada en función de las diferentes situaciones medio-ambientales que se han ido sucediendo. Por tanto, hemos de concluir que su formación ha estado sujeta a diferentes regímenes de viento, de disponibilidad de sedimento, de precipitaciones y lógicamente como consecuencia de esto, a diferentes tipos y densidades de cobertura vegetal.

Los principales episodios de su formación podrían haber sido los siguientes:

a) En primer lugar, la situación que formó las grandes parábolas debía corresponder a un momento de gran disponibilidad de sedimento - posiblemente ligados a descensos del mar- con un régimen de vientos más efectivo y/o a una menor cobertura vegetal como consecuencia de un régimen de precipitaciones más pobre. En esos momentos, también deberían producirse la superposición de las grandes parábolas: a medida que estas se alejaban de la línea de costa perdían dinamismo, al mismo tiempo que eran sujetadas y frenadas por la vegetación existente. Este proceso de freno al avance de las morfologías más internas daba lugar, a que otras más recientes se superpusieran una encima de otra de forma total o parcial.

b) Un segundo episodio viene determinado por el cambio de las condiciones medio-ambientales a unas más parecidas a las actuales. Una menor disponibilidad de sedimento, un régimen de vientos más moderado, y unas condiciones climáticas más favorables al desarrollo de una vegetación, hacen que la dinámica de las parábolas quede reducida. Apesar de todo, la estabilización del sistema no es total, la deflación sigue actuando aunque las morfologías se ven más protegidas de ella por la mayor cobertura de vegetación. Así pues, existe una movilidad parcial de las parábolas, a partir de puntos que momentáneamente están expuestos a la deflación. El resultado ha sido el avance de forma independiente de diferentes lóbulos a partir de las parábolas iniciales, dando lugar a las actuales parabólicas compuestas digitadas (SEMENIUK, 1989). Al mismo tiempo, la llegada de nuevo sedimento desde posiciones más cercanas a la línea de costa actual o el retrabajamiento del sedimento proveniente de la erosión de formas ya existentes, puede dar lugar a la formación de nuevas parabólicas de menor relevancia y que queden agrupadas entre los brazos de las morfologías mayores formando dunas tipo *nested*.

El modelo se explica a partir de las dos situaciones dinámicas contrapuestas. No obstante, probablemente ha de contemplarse episodios intermedios, que en un momento dado se acercaran más a una situación o a la otra, o, si más no, el que cada una de las situaciones pueda haberse repetido más de una vez en el tiempo.

SECTOR DE DUNAS ESTABILIZADAS (FIG. 3 SE)

En este sector se incluyen todas las áreas que actualmente no presentan procesos de deflación. Son morfologías estabilizadas por la vegetación y que se localizan en las partes más internas de los sistemas. Su formación esta relacionada con la etapa inicial del Holoceno y puede que en algunas zonas con épocas aun más pretéritas. Su organización sigue el modelo que anteriormente hemos explicitado, aunque su desarrollo fuera anterior al de las morfologías para las que se ha descrito. No obstante, estas morfologías más estabilizadas se diferencian de las anteriores por presentar unas formas mucho más laxas y simétricas, con caras de *stoss* y de *lee* más uniformes y con pendientes más suaves que las que corresponden a las morfologías más activas. Esta suavización responde no solo a que el aporte de sedimento que reciben es escaso, sino también a que se produce en suspensión y los granos se depositan a partir del atrape de la vegetación arbórea (*grainfall sediment*, PYE, 1987).

Finalmente, dentro de este sector, hay que describir el proceso de destripado al que estan sometidas algunas parabólicas compuestas. Este consiste en la desaparición total o parcial de las morfologías que conforman la parte central del lóbulo más avanzado de la parabólica. El resultado en estos casos, se plasma en que únicamente se preservan las formas simples que conforman los brazos ya inconexos, de manera que se asemejan a dunas tipo domo o longitudinales vegetadas. La génesis de este proceso de destripado resulta de la exposición a vientos de alta energía (tornados) o bien a canalizaciones puntuales muy enérgicas, donde el flujo eólico se acelera de forma importante, ejerciendo una fuerte erosión en la zona más interna de la parábola hasta conseguir su rotura central (SERVERA & GRIMALT, 1994).

Estas formas aparecen, como hemos dicho, en las partes más estables, donde la cobertura vegetal es muy importante y contribuye a sujetar los brazos. No obstante su preservación también está relacionada con sus parámetros aerodinámicos ya que la orientación de ambos brazos paralela al viento dominante, reduce considerablemente la fricción del flujo eólico. En Baleares estas situaciones son más frecuentes en los sistemas dunares expuestos a regimenes de vientos de componente norte.

CONCLUSIONES

En los sistemas dunares litorales de las Baleares las morfologías dominantes son de tipo parabólico. Ello se debe a que en su génesis juega un papel principal la cobertura vegetal que presentan. No obstante, pueden distinguirse en estos sistemas no solo tipos distintos de dunas parabólicas, sino también una sectorización de dichas morfologías que permite interpretar su génesis y evolución.

El primer control que se ejerce sobre tales morfologías viene determinado por la dirección e intensidad del viento; así, en los sistemas expuestos a los vientos

de componente norte se aprecia un mayor dinamismo que en los que presentan otro tipo de orientación, en los cuales su dinámica deviene ralentizada. Un segundo factor corresponde al grado de conservación de las *foredunes*; su papel es decisivo en la formación de *blowouts*, que a su vez controlan los espacios de penetración directa del viento marino. Esta penetración altera la cobertura vegetal y proporciona áreas de deflacción a través de las que se alimenta la progradación de las dunas parabólicas. El tercer factor es más complejo ya que define la evolución histórica del sistema y se constituye a partir de las variaciones climáticas holocenas.

En efecto, en los sistemas dunares de las Baleares se reconocen dos sectores diferenciados: en la parte externa del sistema puede definirse una zona de *dunas móviles o semiestabilizadas*, mientras que en la parte interna se encuentran las *dunas estabilizadas*. En el primer sector las formas responden esencialmente a la dinámica actual y en particular a las respuestas eólicas a la o las rupturas de las *foredunes*. Las morfologías dunares que lo caracterizan están formadas por *lunates* o *hemiciclics*, junto a formas compuestas *en-echelon* cuando las rupturas de las *foredunes* no son generales. En cambio, cuando las *foredunes* están degradadas las morfologías dominantes son acumulaciones tipo *hummocks*. Esta arquitectura dunar va perdiéndose hacia el interior del sector, donde las formas menos activas se encuentran semiestabilizadas; entonces, encontramos parabólicas complejas del tipo *digitate* y/o *superimposed*, junto a *nested*. Corresponden todas ellas tanto a pulsaciones de la dinámica dunar actual como -en el caso de las más internas del sector- a variaciones climáticas holocenas.

En el sector de dunas estabilizadas encontramos una organización similar, pero cuyas formas, más laxas, han sido profundamente suavizadas. Con una cobertura arborea muy elevada, el único transporte de arena se produce en suspensión (*grainfall sediment*) y los episodios eventualmente más energéticos (tornados) producen la rotura y el destripado de los lóbulos de las parábolas, que devienen brazos aislados de morfologías longitudinales. La pervivencia de las morfologías estabilizadas en el interior de los sistemas dunares de las Baleares, ha de referirse a los cambios climáticos acontecidos en el Cuaternario y a sus correspondientes consecuencias eustáticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIGARELLA, J. J. (1975). "Structures developed by dissipation of dune and beach ridge deposits." *Catena* 2: 107-152.
- BYRNE, M. L. (1995). "The dunescape of Sable Island." *The Canadian Geographer*. 39 (4): 363-368.
- COOPER, W. S. (1967). "Coastal dunes of California." *Mem. Geol. Am. Soc.* (104): 131.
- CROS, L. y SERRA, J. A. (1993). Complex dunes system in Baix Empordà (Catalonia, Spain). *The Dynamics and Environmental Context of Aeolian Sedimentary Systems*. London, Geological Society Special Publication. 191-201.
- HALSEY, L. A., CATTO, N. R. y RUTTER, N. W. (1990). "Sedimentology and development of parabolic dunes, Grande Prairie dune field, Alberta." *Can. J. Earth Sci.* 27: 1762-1772.
- KING, C. A. M. (1972). *Beaches and Coasts*. London, Arnold.
- MCKEE, E. D. (1979). Introduction to a Study of Global Sand Seas. *A Study of Global Sand Seas*. Washington, Geological Survey Professional. 1-19.
- MCKEE, E. D. y BREED, C. S. (1974). Preliminary report on dunes, in Skylab 4 visual observations project report, JSC-09053. Natl. Aeronautics and Space Admin.

- PYE, K. (1987). *Aeolian dust and dust deposits*. London, Academic Press.
- PYE, K. (1993). Late Quaternary development of coastal parabolic megadune complexes in northeastern Australia. *Aeolian Sediments. Ancient and Modern*. Oxford, Blackwell Scientific Publications. 23-44.
- PYE, k. y TOSAR, H. (1990). *Aeolian sand and sand dunes*. London, Unwin Hyman.
- SEMENIUK, V., CRESSWELL, I. D. y WURM, P. A. S. (1989). "The Quindalup Dunes: the regional system, physical framework and vegetation habitats." *Journal of the Royal Society of Western Australia* 71(2-3): 23-47.
- SERVERA, J. y GRIMALT, M. (1994). Los sistemas dunares de las Islas de Formentera y de s'Espalamador. *Geomorfología en España. III Reunión de Geomorfología*. Logroño, Sociedad Española de Geomorfología. 405-418.
- SHORT, A. D. (1988). Holocene coastal dune formation in Southern Australia a case study. *Eolian Sediments*. Amsterdam, Elsevier. 121-142.
- THOMPSON, C. H. (1983). "Development and weathering of large parabolic dune systems along the subtropical coast of Eastern Australia." *Zeitschrift für Geomorphologie*. 45(Suppl.): 205-223.

Pies de Figura

Figura 1. Localización de los sistemas dunares litorales de las Baleares.

Figura 2. Cartografía geomorfológica de una zona del sistema dunar des Trenc de la Bahía de Campos (Mallorca).

Figura 3. Sectores y subsectores diferenciados en una zona representativa del sistema dunar des Trenc (Bahía de Campos). La zona representada se localiza en la parte central de la figura 2.

Figura 4. Morfologías parabólicas compuestas definidas sobre las formas individuales representadas en la figura anterior.







