

Ecosistemas dunares en la provincia de Cádiz: Estabilizaciones en Bolonia y Valdevaqueros, T.M. Tarifa

Dune ecosystems in the province of Cadiz.

Dune stabilization in Bolonia and Valdevaqueros in the Tarifa area

Jorge Román Sierra*. Licenciado en Ciencias del Mar.

Marina Navarro Pons*. Licenciada en Ciencias del Mar

Juan José Muñoz Pérez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Dr. en Ciencias Físicas

Gregorio Gómez Pina*. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe de la Demarcación de Costas A-A.

Lorenzo Fages Antiñolo*. Ingeniero Civil e Ingeniero Técnico de Obras Públicas.

* Demarcación de Costas de Andalucía-Atlántico. josiro@inicia.es, lfages@mma.es

Resumen: En la zona SO de la península ibérica se han formado extensas áreas dunares que son alteradas por las actuaciones antropogénicas. Concretamente, en el término municipal de Tarifa, Cádiz, existen dos casos de dunas móviles ecológicamente desestabilizadas, Valdevaqueros y Bolonia.

En los años 30, existía ya una incipiente acumulación de arena en la parte alta de ambas playas. Desde los años 40, estos parajes han sido objeto de numerosas actuaciones que han retardado el avance de las dunas hacia los pinares adyacentes. El uso turístico de las dunas a partir de 1960 contribuyó a originar su desestabilización ecológica. Esta situación requiere una intervención técnica y medioambiental que dé soluciones a medio-largo plazo, bajo una constante y correcta planificación litoral integrada que prolongue la estabilización ecológica natural y el uso y disfrute racional de estos ecosistemas dunares.

Palabras Clave: Restauración dunas, Gestión integrada, Técnicas blandas, Ley de Costas, Bolonia, Valdevaqueros, Transporte eólico

Abstract: Extensive dune systems formed along the SW Spanish littoral, have usually been altered by human influence. Two migrating dunes are located in Valdevaqueros and Bolonia (Tarifa, Cádiz).

In the 1930's, they were only small foredunes on the backshore of both beaches. Since the 1940's, dunes recorded an important growth and many restoration works were carried out in these areas to decrease the dune advance towards the adjacent pine groves. After the 1960's tourism also contributed to accelerate its ecological degradation. This situation requires a technical and environmental operation to find solutions at medium-long term, under a correct integrated littoral management plan, in order to allow a rational dune use.

Keywords: Dune restoration, Integrated management, Soft techniques, Spanish Shore Act, Bolonia, Valdevaqueros, Aeolian transport, SW Iberian Peninsula

1. Introducción

A nivel mundial y durante las últimas décadas, se ha provocado un fuerte incremento en la demanda de suelo urbanizable en la costa debido al interés humano por el litoral. Este desarrollo conlleva a la construcción de carreteras, segundas residencias, hoteles y demás estructuras demasiado cerca de la línea de costa, en muchos casos amenazada por la erosión (Anfuso et al., 2001, Muñoz Pérez, 2002). En la provincia de Cádiz, para contrarrestar este proceso, se han realizado obras de regeneración artificial (Muñoz Pé-

rez et al., 2001) acompañadas por la construcción de espigones (Muñoz Pérez y Gutiérrez Mas, 1999).

Estas construcciones provocan una alteración de la dinámica hidrológica y sedimentaria, que modifica el transporte y sedimentación natural a lo largo de la costa (Anfuso, 2004). Estos procesos conllevan a la formación de acumulaciones de arena fina (dunas) en playas disipativas, poco energéticas y afectadas por mareas. Las dunas son formaciones eólicas de arena, "aeolian bedforms" (Carter, 1995) y deben su formación a la interposición de un obstáculo (normalmente plantas, rocas, residuos...) en la dirección del

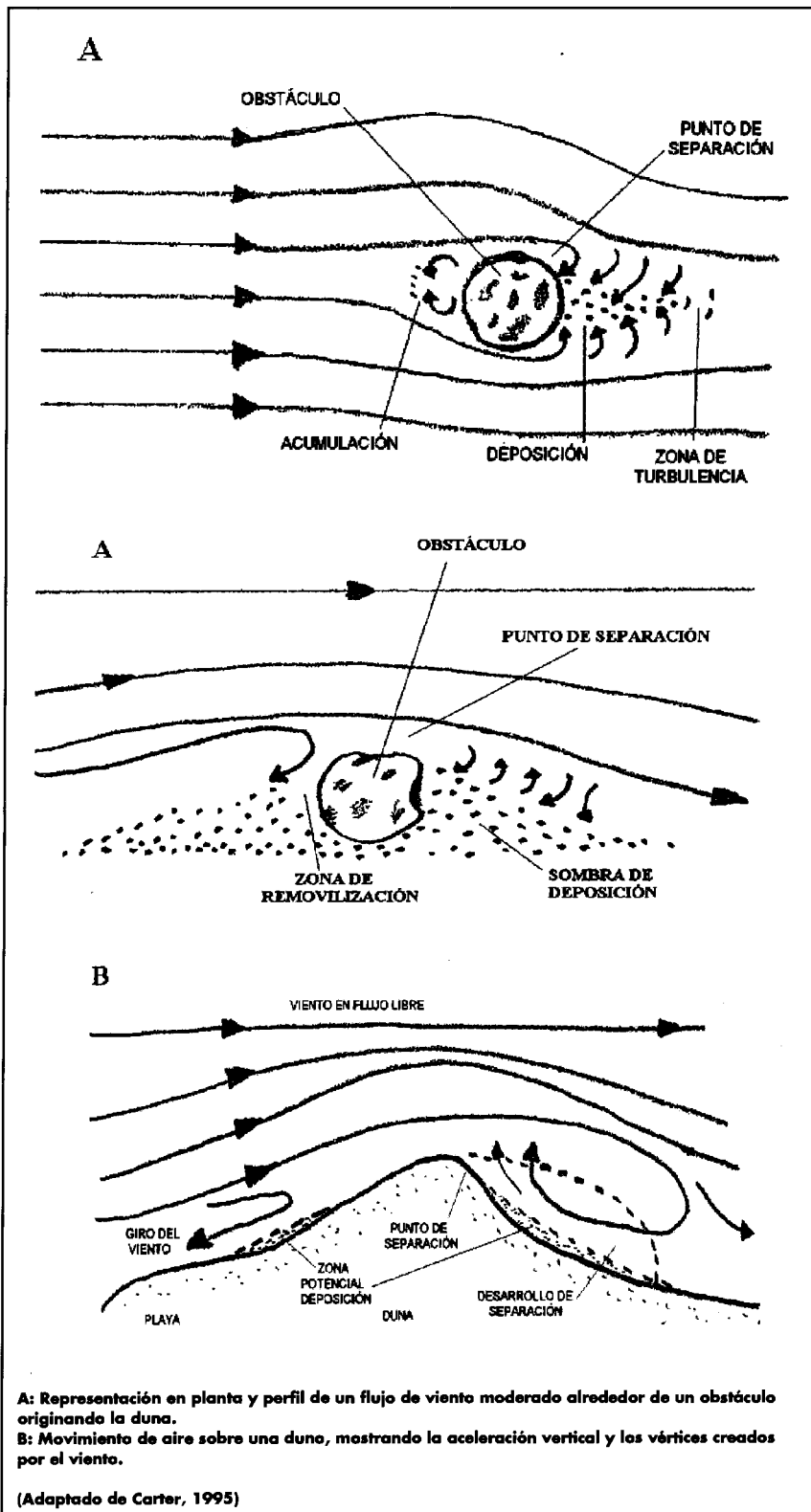


Fig. 1. Creación de dunas mediante la interposición de un obstáculo en la dirección del viento (A) y su posterior desarrollo una vez formada la acumulación arenaria (B).

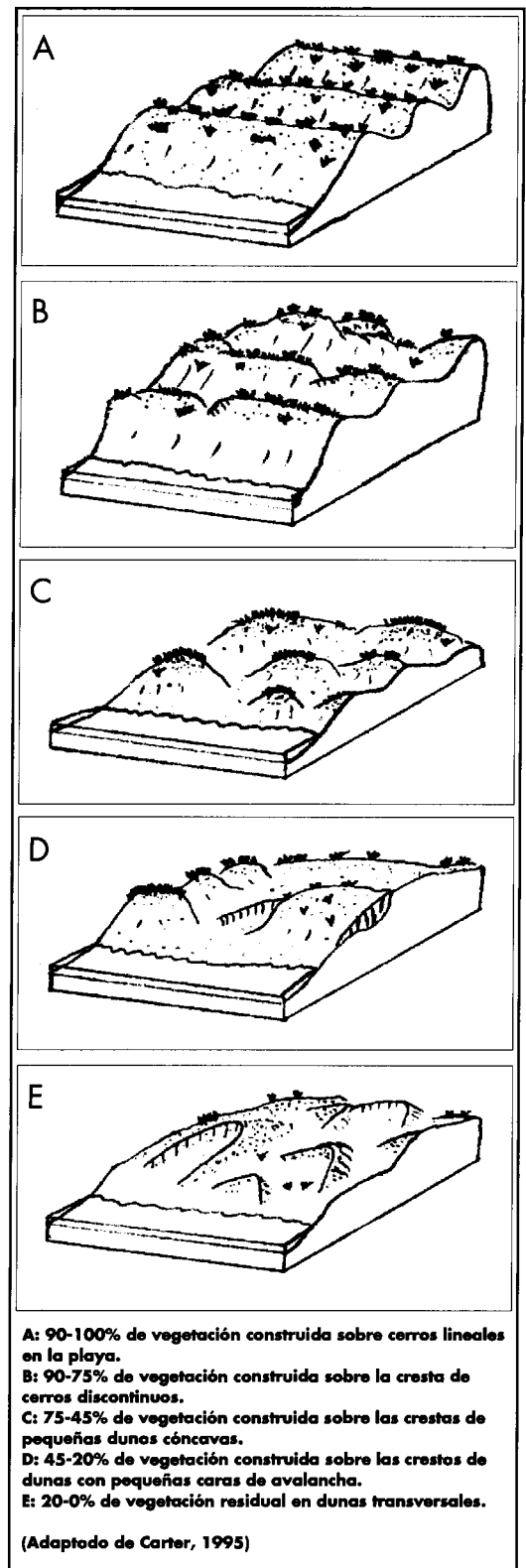


Fig. 2. Clasificación de dunas costeras basadas en la proporción de cobertura vegetal (según descripciones dadas por Short y Hesp, 1982).

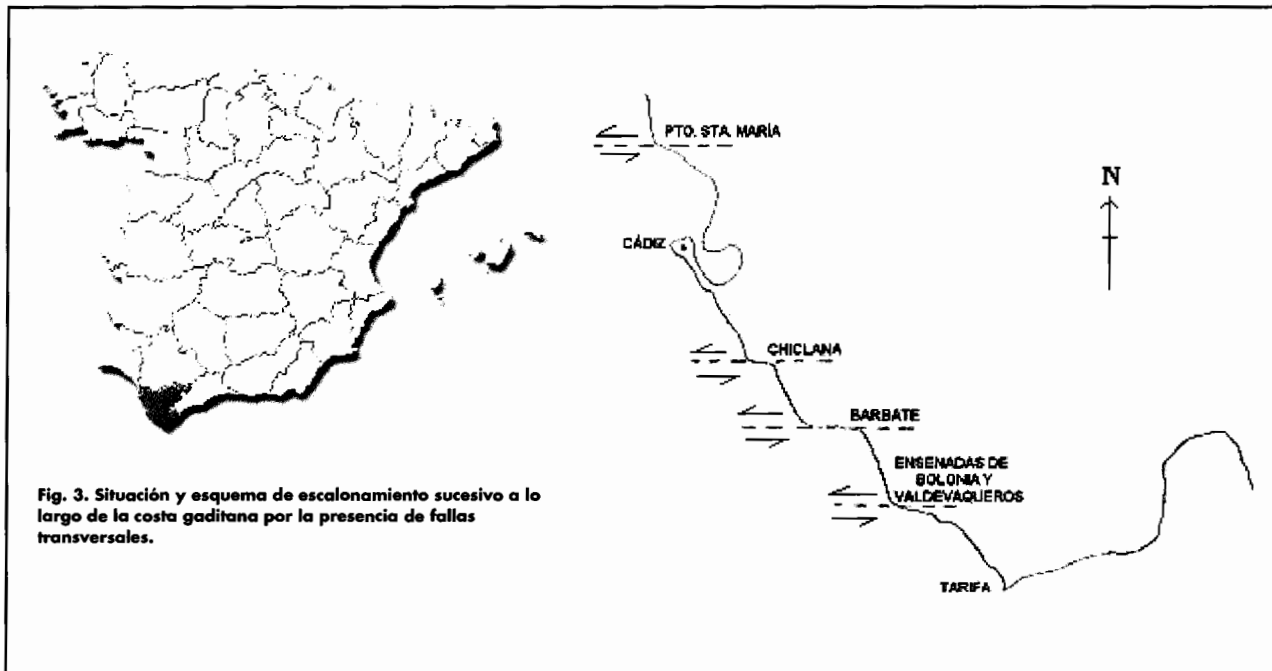


Fig. 3. Situación y esquema de escalonamiento sucesivo a lo largo de la costa gaditana por la presencia de fallas transversales.

transporte eólico (Figura 1). De este modo, las dunas se forman en la parte alta de la playa y actúan como reserva sedimentaria cuando éstas son erosionadas por los temporales de invierno.

Las dunas suelen estar fijadas por vegetación autóctona (*Ammophila arenaria*, *Retama monosperma*...), pero también pueden ser móviles, no fijadas, capaces de recorrer ciertas distancias e invadir ciertos ecosistemas. Short y Hesp (1982) han producido una clasificación de dunas basada en los porcentajes de cubierta vegetal (Figura 2), en la cual es evidente que la organización morfológica dunar está dominada por la vegetación (dunas fijadas y paralelas a la línea de costa). La morfología de dunas libres provocada por el viento (barjanas) es más aleatoria, sin una organización determinada. Los perfiles suaves de las dunas son resultado de interacciones entre procesos eólicos y marinos, vegetación, presión antrópica y geomorfología del sistema (García Mora et al., 2001).

Según Carter (1995) existen muchas técnicas manuales para plantar y cultivar vegetación dunar; entre las más útiles destacan las descritas por Jagschitz y Wakefield (1971), Adriani y Terwindt (1974), Quinn (1977) y Knutson (1978). La mayoría recurre a la combinación de plantación y vallado con el fin de estabilizar las dunas. Otras técnicas atañen a otras especies, y a su germinación, plantación, cultivo y simulación de crecimiento. En general, se recomienda, para fortalecer el establecimiento dunar, la especie *Ammophila arenaria*, aunque en función de la zona, se recomiendan otras especies como *Spartina patens* en EE.UU. (Woodhouse, 1982), *Elymus arenaria* en Gran Bretaña (Brooks,

1979), *Atriplex sp.* en suelos salinos dunares en Sudáfrica (Le Roux, 1974) y *Spinifex hirsutus* en Australia (Barr, 1974).

Concretamente, las dunas situadas en Bolonia y Valdevaqueros, suponen un ejemplo muy significativo de dunas móviles, originadas por la acumulación sedimentaria en zonas litorales emplazadas caprichosamente por la tectónica local (Figura 3). Su origen y formación en un principio fue natural, aunque desestabilizado por un incorrecto uso y las equivocadas actuaciones anteriores. Así las dunas han ido evolucionando e invadiendo cualquier ecosistema que se encuentre en su camino. Ambas dunas, tienen en común su extensión paulatina y continua sobre el pinar, ubicadas al interior de las playas, su inminente proximidad a las carreteras que unen pequeñas vecindades y el enterramiento de infraestructuras de telecomunicaciones, como cableado telefónico. Las condiciones eólicas y las bajas precipitaciones junto con la presión causada por el paso de la gente, hacen difícil el establecimiento de vegetación permanente. La duna se hace así inestable, mostrando un movimiento masivo y continuo hacia el pinar adyacente (Gómez Pina et al., 2002).

Estas dunas son grandes superficies de arena que migran con una pendiente constante a barlovento e invaden otros ecosistemas como matorrales, pinares, humedales... (Cooper y McLaughlin, 1998). En algunas ocasiones la copa de los árboles surge de la arena y permite la sufrida supervivencia mediante largos periodos de engullimiento. García Novo y Merino (1997), describe un fascinante ejemplo muy similar al de Bolonia y Valdevaqueros, en el Parque

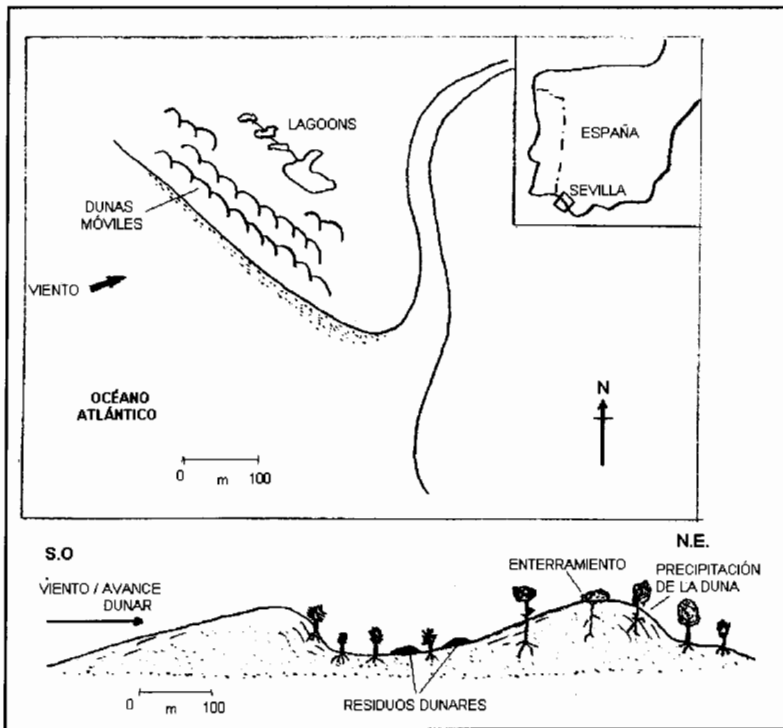


Fig. 4. Movimiento de dunas en el Parque Nacional de Doñana, observando la sucesiva lenta migración sobre el pinar. (Adaptado de Carter, 1995).

Nacional de Doñana (Figura 4), donde varias dunas paralelas, similares orográficamente a éstas y con una tipología y dinámica muy similares (Ramírez Díaz et al., 1977), van separadas por filas de árboles (principalmente *Pinus pinea*) que han sido enterrados y desmantelados por el paso de una duna móvil.

Debido a dicha situación, existen varias controversias entre vecinos, ecologistas y científicos marinos ante las posibles actuaciones a llevar a cabo para la recuperación ambiental de las Dunas de Bolonia y Valdevaqueros.

El objetivo de este artículo es reflexionar sobre las actuaciones realizadas a lo largo de la historia de las dunas e intentar ofrecer la mejor alternativa para mantener el estado de equilibrio en dichos ecosistemas. Este objetivo es posible logrando una gestión integrada por parte de la Demarcación de Costas (Ministerio de Medio Ambiente), la Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía) y la Administración Municipal de Tarifa.

2. Antecedentes y objetivos

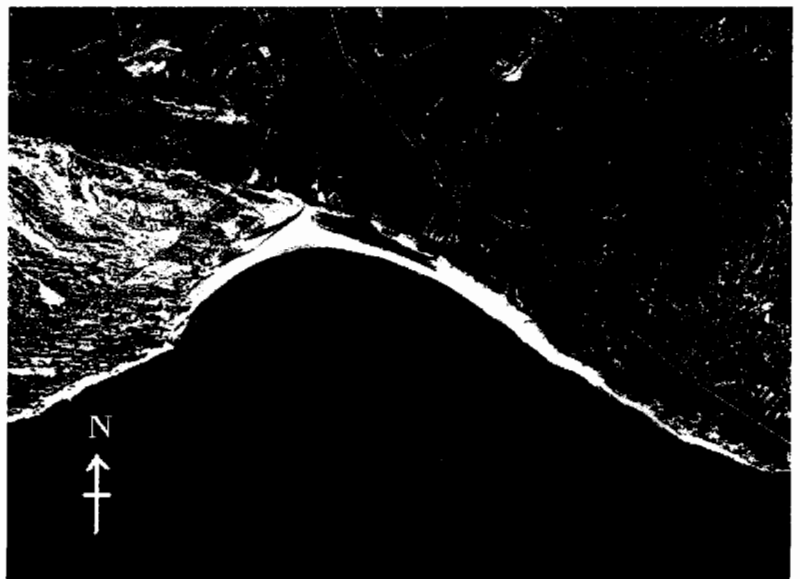
Históricamente, el litoral gaditano se encuentra afectado por importantes procesos tectónicos como fallas transversales que han modificado la morfología, provocando un escalonamiento litoral sucesivo a lo largo de la costa (Figura 3). Esta particularidad origina el desvío de los cauces de ríos y

actúan como trampas interrumpiendo el transporte sedimentario litoral procedente de acumulaciones de arena situadas más al sur (Gutiérrez Mas, 1991). El caso que nos ocupa es la erosión eólica de arena de las playas de Los Lances y de la Isla de Tarifa, y su posterior transporte y sedimentación en dichas trampas tectónicas, generando así un exceso de acumulación que se traduce en la formación de grandes dunas móviles.

En los años 30 existía ya una incipiente acumulación de arena en la parte alta de la Ensenada de Valdevaqueros. Por aquellas fechas, con motivo de la construcción de unas baterías de cañones militares en Punta Paloma, se comenzaron a colocar obstáculos en la duna provocando su crecimiento paulatino (Figura 5). El objetivo era impedir el movimiento de arenas hacia dichas baterías militares, cortando el aporte de arena de origen mayoritariamente bioclástico que, proveniente de la playa, alimentaba el campo de dunas móviles que constituía entonces toda esa ladera de San Bartolomé, desde Paloma Alta hasta el mar y desde la ensenada de Valdevaqueros hasta la de Bolonia, una extensa zona hoy totalmente cubierta de vegetación (Figura 6 y 7).

Las Dunas de Bolonia y Valdevaqueros desde los años 40, han sido objeto de diversas actuaciones para reducir su avance hacia el pinar adyacente, lugar hacia donde existe un transporte natural causado por el viento de levante. Dichas actuaciones llevadas a cabo durante esos años consistieron básicamente en la instalación de varias filas de unas estructuras pentagonales construidas en hormigón armado de 1 m de altura (Gómez Pina, et al., 2002), (Figura 8). Posteriormente, en los años 60, estos sistemas se sustituyeron por la acción de mantener erguidas vallas de caña cortada que frenaban la capacidad de transportar eólicamente la

Fig. 5. Foto aérea de la Duna de Valdevaqueros en 1956.



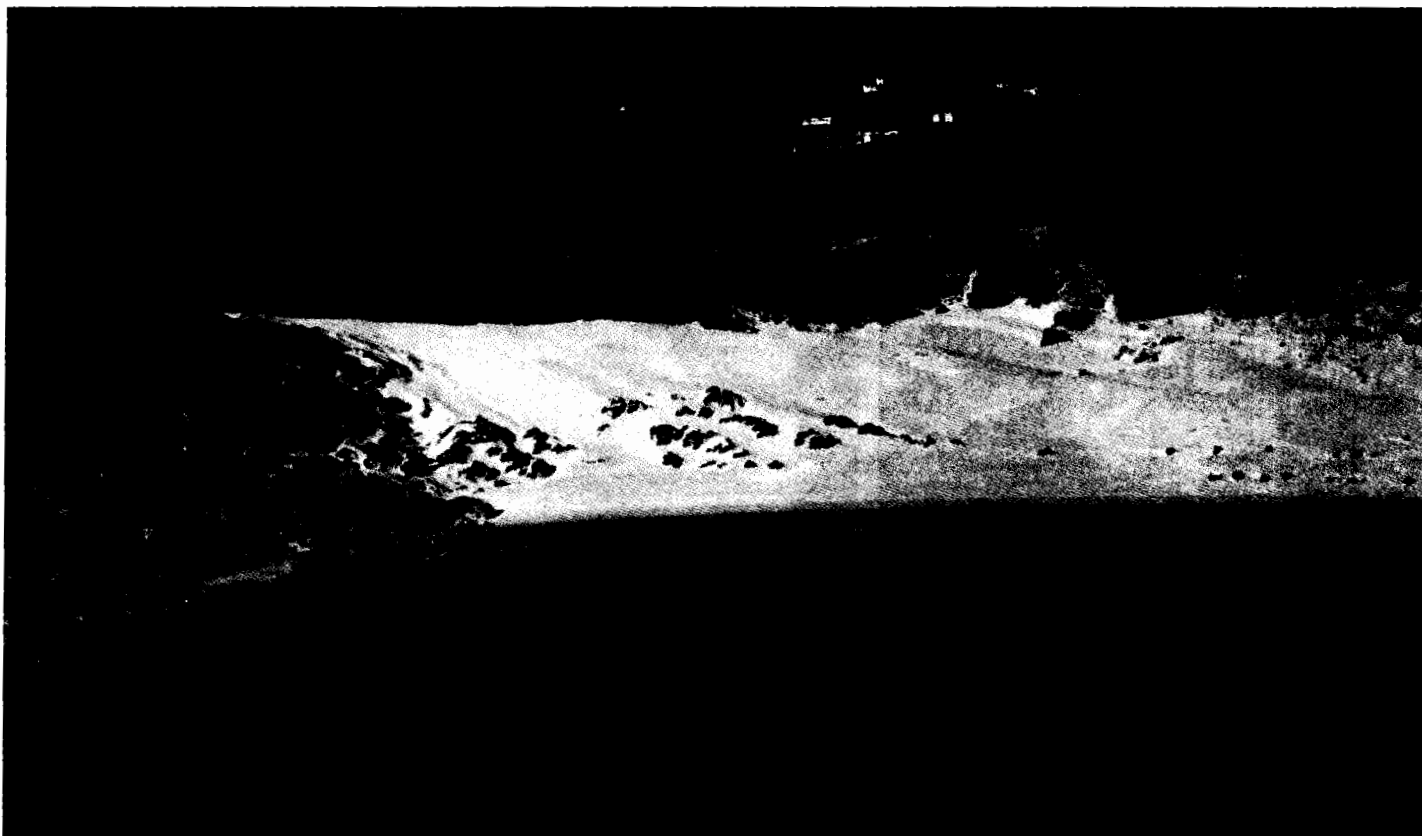


Fig. 6. Situación Duna de Bolonia en 1992.

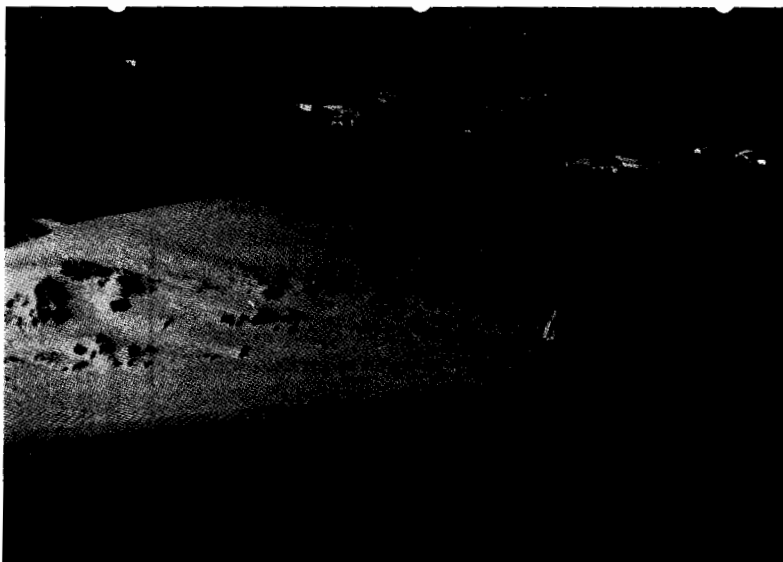
arena, provocando su acumulación, sobre todo, tras las vallas. Después de cada temporal, personal especializado renovaba las vallas, que solían quedar parcial o totalmente tapadas tras el fuerte viento. Posteriormente se comenzó a utilizar también varas de mimbre y tablestacado de eucalipto, menos trabajoso en su manipulación y colocación que la caña, pero a su vez menos efectivo, según algunos, por su menor capacidad de retención de arena.

La formación artificial de la duna tuvo un doble efecto: por una parte se consiguió frenar el aporte de arena proveniente de la playa hacia la ladera de Punta Paloma y por otro se inició un proceso de regresión marina, es decir, un lento avance de la línea de costa hacia el mar, pues al fijar la duna y aumentar artificialmente la altura, aumentó también la pendiente de barlovento, provocando una mayor sedimentación de arena en la base, junto a la playa. Las avenidas del río del Valle, los temporales y las corrientes de mareas se encargaron luego de transportar y volver a sedimentar esta arena en el fondo marino somero, provocando el crecimiento en anchura de la playa y la regresión del mar (Figura 5).

Por otra parte, el estado actual de las Dunas de Valdevaqueros y Bolonia es de relativa degradación desde el punto de vista ecológico, motivado por un conjunto de causas, entre las que se pueden citar las siguientes:

- Con la entrada en vigor de la Ley 22/88 de Costas, del 28 de Julio, se abandonó la práctica de extracción de arena del frente interior dunar, por parte de un particular, hecho que controlaba el avance dunar. La prohibición de dichas extracciones ayudó a que el volumen de la duna experimentara un fuerte y continuo aumento.

Fig. 7. Situación Duna de Valdevaqueros en 1992.





- En las dunas embrionarias estabilizadas se produce un desmantelamiento de la cubierta vegetal, debido a la emigración de la arena bajo la que se sustenta, y se inhibe su capacidad de fijación dunar y retención sedimentaria.
- En la parte Sur de la Duna de Valdevaqueros, junto al río Valle, se produce erosión eólica, quedando la superficie invadida por las aguas estuarinas del propio río, formándose una laguna litoral que ocupa parte de la playa.

Estos factores ligados a la actuación humana y a otros factores de orden geológico, como la subida del nivel del mar que tiene lugar desde la última glaciación, han condicionado la actual degradación de ciertos sistemas dunares. Existe un Índice de Vulnerabilidad Dunar o Dune Vulnerability Index (DVI), cuyo origen, descripción y metodología se describe en *García Mora et al. (2001)*. Mediante el estudio concreto de sus variables se puede cuantificar la vulnerabilidad de las dunas costeras, así como, el enfoque de las principales causas de los cambios acontecidos.

El principal objetivo de la estabilización dunar es el desarrollo sostenible del ecosistema, tanto en el aspecto social y económico como en el medioambiental. Se trata de evitar la progresiva destrucción del pinar y el enterramiento de la carretera mediante actuaciones dirigidas a recolocar la cresta y fijar el frente dunar. Un adecuado programa de estabilización a medio plazo, explicado más adelante en metodología y su correspondiente seguimiento, daría lugar al control

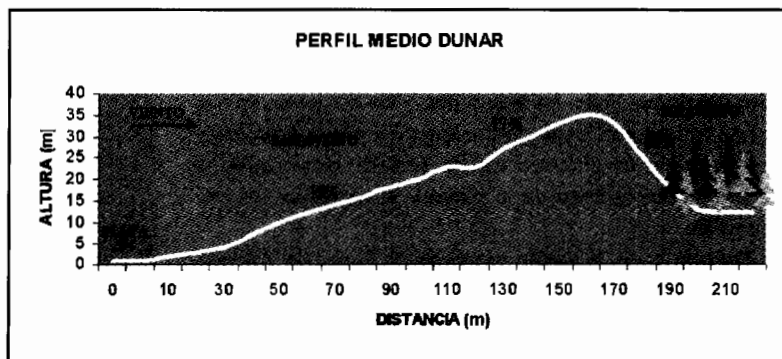
Fig. 8. Colocación losas hormigón como técnica de acumulación de arena y fijación de dunas. A la dcha., fig. 9. Actuación del tablestacado como "técnica blanda" para la acumulación de arena y fijación de dunas.

de estas arenas. Tras un periodo transitorio para que se estabilice y se suavice la pendiente a sotavento y barlovento, podrá procederse a la cobertura vegetal de esta zona mediante plantas autóctonas arenarias, contribuyendo desde atrás a frenar el transporte de arena por el viento mediante técnicas "blandas", como la colocación de tablestacados (Figura 9).

3. Zona de estudio

El área de estudio se localiza al sur de la provincia de Cádiz, a 36°N 5°W e incluye las playas de las ensenadas de Bolonia y Valdevaqueros, en el término municipal de Tarifa. Las zonas a tratar están mínimamente habitadas, sin asentamientos urbanos importantes, pero sí con áreas de

Fig. 10. Perfil topográfico "medio" de la Duna de Valdevaqueros,



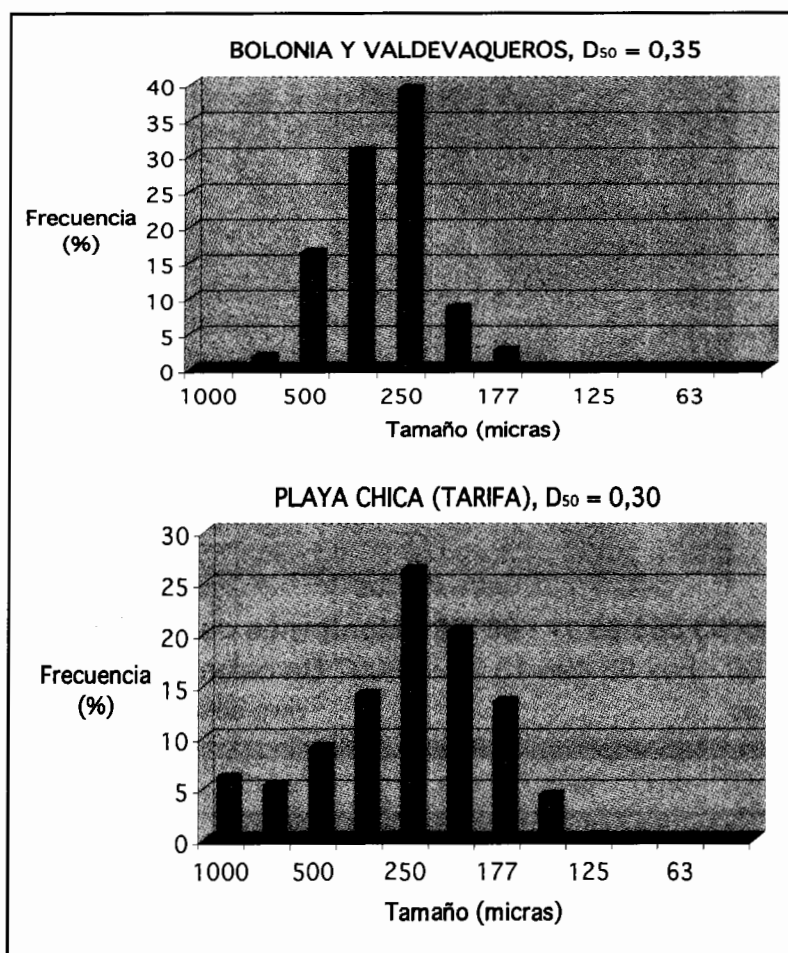


Figura 11: Granulometrías de la arena de las dunas de Bolonia y Valdevaqueros, y la arena de Playa Chica (Tarifa).

gran importancia histórico-cultural. Cabe destacar las ruinas romanas de Baelo-Claudia en Bolonia y nuevos descubrimientos arqueológicos en Valdevaqueros.

La franja litoral estudiada se trata de un ambiente meso-micromareal de carácter semidiurno, con rangos medios de 1,5 y 0,50 m en mareas vivas y muertas respectivamente. Los vientos dominantes según la Rosa de Vientos de dicha región, soplan de levante con una componente sureste predominante (Gómez Pina, et al., 2002), con una velocidad eólica media de 3,42 m/s y ráfagas máximas de más de 27 m/s. También soplan vientos de poniente, menos frecuentes, asociados a frentes fríos atlánticos.

El oleaje predominante se aproxima a costa desde el oeste y el suroeste, generando unas corrientes de deriva litoral hacia el SE, transportando el sedimento en suspensión desde playas situadas más al sur, como la de Los Lances y Tarifa, formando las acumulaciones de arena. El oleaje en el litoral gaditano suele presentar una altura media de ola de aproximadamente 1 metro, con un periodo aproximado de 7 segundos (Benavente et al., 2003), aunque también

se dan importantes procesos temporales que modifican la estructura del litoral entre el invierno y el estío.

4. Metodología.

La evolución dunar de las zonas se ha podido estudiar mediante documentación histórica, topográfica, fotográfica y cartográfica a partir del año 1956 (Figura 5) y a través de perfiles topográficos (Figura 10) y cálculo de volumen de arena (Tabla 1), destacando un importante aumento de la velocidad de crecimiento tridimensional y avance sobre el pinar en los últimos doce años (especialmente en la Duna de Valdevaqueros). Ya desde el año 1993, la Demarcación de Costas de Cádiz, consciente del estado de degradación de las zonas dunares litorales, viene realizando diversas actuaciones y estudios encaminados a la regeneración de estos sistemas dunares, mediante la conservación y plantación en campos dunares.

Un aspecto importante consiste en calcular el transporte sedimentario para estimar la evolución de la duna. Un método empírico y experimental ha sido cuantificar el transporte de granos usando algunas ecuaciones de descarga de sedimentos con velocidades medias del viento y tamaño de granos (Carter, 1995). El tamaño de grano medio, se calcula mediante granulometrías de la zona, calculando a posteriori el parámetro D50 o tamaño medio de grano (Figura 11).

Las actuaciones descritas en el proyecto realizado para tal fin, están basadas en los by-pass de arena, desde el frente interior de avance hacia las zonas más necesitadas de la playa y dunas embrionarias, (como sucede en Valdevaqueros) y los cálculos de cubicación realizados sobre su volumen de arena (Tabla 1). Dichas cubicaciones y cálculos volumétricos se han realizado a partir de los perfiles to-

Número Perfil	Superficie (M ²)	Distancias entre Perfiles (M)	Volumen (M ³)
P-0	0,00	34	935
P-1	55	21	1.299,37
P-2	68,75	35	1.203,12
P-3	0		
P-4	0	39	1.218
P-5	62,5	23	1.408,75
P-6	60	24	1.044
P-7	27	44	594
P-8	0		
Total (M²)			7.701,5

pográficos de las dunas y la distancia comprendida entre ellos. En el caso de Bolonia se procede a la actuación mediante las técnicas antes mencionadas, con objeto de suavizar la pendiente y estabilizar la duna. Tras un periodo transitorio para que este proceso ocurra en la pendiente de sotavento, podrá procederse a la cobertura vegetal de esta zona, mediante la plantación de especies autóctonas propias de estos ecosistemas dunares (*Retama monosperma* y/o *Ammophila arenaria*, más conocida como barrón). Las plantaciones se realizarán con 5 plantas cada metro cuadrado. Existen algunas referencias sobre técnicas de restauración dunar (Ramírez et al., 1998, 1999): Las técnicas llamadas "blandas" (como captadores de arena, revegetación, vallado, pasarelas e información ambiental sobre los ecosistemas dunares y su conservación) son eficientes contra la degradación dunar, pues evitan el movimiento masivo de arena lejos de la playa.

También la limitación de la excesiva presión de visitantes en las zonas más frágiles mediante cerramientos y pasarelas, continuado por un constante seguimiento y mantenimiento a medio-largo plazo ayudará a la estabilización del ecosistema.

Mientras, manteniendo el sistema de tablestacas (Figura 9), va incrementándose la pendiente a barlovento hasta conseguir que ésta sea suficiente para impedir la ascensión de la arena. Entonces puede procederse a cubrir de vegetación la cara de barlovento y culminar así el proceso de desactivación dunar, contribuyendo desde la playa a frenar la capacidad de transporte eólico, gracias a las técnicas "blandas". El aporte de arena producido por el viento se depositará en la base, al alcance de las olas, que lo reconducirán al fondo marino iniciando el proceso de regeneración del litoral.

Este método experimentado con éxito aquí, en otros muchos lugares en España y en el mundo desde hace más de 100 años (Carter, 1995), dejará inactivo el transporte de arena en la cara de barlovento, quedando el talud de sotavento sin apenas sedimentación. Estas técnicas experimentadas durante las últimas dos décadas, consisten fundamentalmente en la instalación de tablestacados, captadores de arena formados por varas de mimbre y la plantación de especies vegetales dunares que ayuden a fijar la duna. Con estas actuaciones y su posterior mantenimiento, se conseguiría estabilizar la duna evitando posteriores extracciones dunares, prohibidas desde 1988 por la Ley de Costas.

5. Resultados

En todas las actuaciones realizadas, las dunas respondieron de la misma manera, tendiendo a estabilizarse (Figura 12) mientras duraron las técnicas aplicadas. De ahí la necesidad de resaltar la importancia del mantenimiento

de las instalaciones, como mínimo hasta conseguir la estabilización a nivel ecológico y social del ecosistema dunar.

A partir de los estudios realizados en Valdevaqueros, mediante un levantamiento topográfico (Figura 10), se ha observado un exceso importante de arena respecto al estado de equilibrio natural de la duna hacia el frente interior de la duna. Así, las cubriciones calculadas (Tabla 1) estiman un volumen de más de siete mil metros cúbicos de arena a extraer para volver a la situación inicial, sin el peligro de que se pueda romper de nuevo el equilibrio natural. Los resultados de la granulometría de la arena de la duna en Valdevaqueros (Figura 11), dan un tamaño medio de arena muy similar al obtenido en la granulometría realizada en la playa, por lo que la teoría del by-pass de arena a sotavento de la duna a la playa es viable, realizando esta operación antes de colocar el tablestacado, revegetación y captadores de mimbre, con el fin de mantener la arena en su lugar de origen. Otra alternativa sería el transporte de arena mediante camiones por carretera hasta la Playa de Los Lances, situada más al sur, de donde originalmente proviene la arena, por lo que su tamaño medio de arena es bastante similar. Dicha actividad por el mero hecho del transporte, saldría económicamente más gravosa.

Las impresiones obtenidas en el caso de la Duna de Bolonia son distintas, pues ésta se formó por causas naturales y el equilibrio no se puede considerar como la no existencia de duna. Dicha duna ha crecido varios metros por encima de un promontorio totalmente cubierto por especies pinarales, a las que la duna ha engullido, aunque de momento no amenaza a ninguna infraestructura. Es por ello por lo que, aunque no se precise extracción, si que es necesario estabilización mediante las actuaciones resumidas anteriormente.

6. Discusión

Los resultados obtenidos a corto y a largo plazo son muy dispares. A corto plazo, la obra supone una molestia para los usuarios de la duna, que no podrán disfrutar de sus "ventajas" paisajísticas y naturales. A medio plazo, la duna se convertirá en un campo minado de obstáculos que dificultan el tránsito por ella, independientemente de las pasarelas que se va a colocar a través de las zonas de siembra para facilitar el tránsito. Como ha ocurrido en ecosistemas similares (Carter, 1995), a largo plazo se transformará en un ecosistema estable, aprovechable tanto por el ser humano como por organismos vivos dependientes del sistema dunar, bien sean animales o vegetales.

Existen muchas dificultades para llevar a cabo una actuación de recuperación ambiental de este calibre en estas zonas. La confrontación de intereses origina controversias

normas para la publicación de artículos en la Revista de Obras Públicas

1. Normas generales

1.1. Los artículos que se presenten a la ROP deberán cubrir aspectos de política sectorial, científicos, técnicos o históricos y culturales relacionados directamente con la ingeniería civil presentando, además, la debida actualidad.

1.2. La ROP, siguiendo los criterios técnicos y científicos que corresponden a una publicación del prestigio de ésta, someterá a su COMITÉ DE REDACCIÓN cuantos artículos se reciban en su domicilio editorial. Este Comité trasladará dichos artículos a los expertos que se acuerden quienes serán los que decidan acerca de la idoneidad de su publicación. Los informes serán trasladados a los autores y las decisiones asumidas serán inapelables.

1.3. Los artículos deberán ser totalmente inéditos, y no podrán ser publicados en otra revista en el plazo de un año sin consentimiento del autor y de la dirección de la ROP, siendo en cualquier caso necesario hacer referencia a ésta.

1.4. La dirección de la ROP se compromete, en caso de aprobación del artículo, a publicarlo en su integridad, salvo que, por cualquier causa se acordase lo contrario con el autor.

1.5. Tendrán siempre preferencia aquellos artículos que versen sobre temas de interés para el mayor número posible de los lectores de la ROP, es decir, para el mundo de la ingeniería civil, evitando aquellos que caigan en una acusada especialización.

2. Estructuración del manuscrito

2.1. Los artículos principales serán publicados en uno de los siguientes apartados generales de la ROP:

- ◆ Política de Obras Públicas
- ◆ Ciencia y Técnica de la Ingeniería Civil
- ◆ La Actividad del Ingeniero
- ◆ Historia y Cultura de la Ingeniería Civil

2.2. Como regla general, los originales de estos artículos principales no sobrepasarán las 12 páginas escritas por una sola cara, incluyendo gráficos y bibliografía. El número de dibujos, fotografías o gráficos no será superior a 10.

2.3. Tanto los gráficos como las fotografías deberán ser de la mayor calidad, no aceptándose las fotocopias, tanto en color como en blanco y negro. Se recomienda el uso de soportes magnéticos de alta resolución, admitiéndose asimismo el uso de diapositivas y de papel (en blanco y negro o color), tamaño mínimo de 13x18 mm.

2.4. Los comentarios a artículos publicados o las opiniones sobre temas de actualidad, serán publicados en una sección especial denominada "Debate y Opinión".

2.5. Los originales de estos comentarios tendrán una extensión máxima de 4 páginas, incluyendo gráficos y bibliografía. El número de dibujos, fotografías o gráficos no será superior a 5.

2.6. La ROP publicará, periódicamente, las reseñas de las Tesis Doctorales presentadas en las distintas Escuelas de Ingenieros de Caminos, con su resultado. De aquellas que, además, se consideren de interés adicional, se podrá publicar un resumen con un máximo de tres páginas de la Revista.

2.7. Se incluirá un breve resumen del artículo, de no más de ocho líneas, que será publicado al frente del mismo. Si es posible, se acompañará una traducción de dicho resumen al inglés, haciéndose cargo de la misma la ROP en caso de que no se acompañe.

2.8. Los artículos deberán presentarse en soporte magnético, especificando el tratamiento de textos empleado que será uno de los habituales en el mercado.

2.9. Se harán constar los siguientes datos:

Título del artículo, que deberá ser corto y enunciativo.

Nombre del autor o autores, sus títulos profesionales y académicos y señas completas.

Cinco palabras clave que permitan la localización del artículo

2.10. En la redacción del artículo se empleará una forma de expresión clara, evitando frases intrincadas, repeticiones y, especialmente, el uso de la primera persona y (salvo excepción en los artículos que así lo requieran) las anécdotas personales.

2.11. El texto se ordenará claramente, con titulares intermedios. A fin de hacer atractivo el esquema del artículo, se procurará que haya un titular intermedio, al menos, cada dos páginas del original, autorizándose a la Dirección de la ROP a intercalarlos, previo acuerdo con el autor, en los casos en que se considere necesario.

2.12. Se autorizará el uso de la letra cursiva.

2.13. Se procurará incluir toda serie de mapas, planos, dibujos y gráficos que se adjuntarán a los originales debiendo ser todos ellos de la mayor calidad posible para su correcta reproducción. De manero excepcional, la ROP se reserva el derecho de repetir, a su costa, aquellos originales que lo justifiquen, mejorando así, si es preciso, la calidad de los remitidos.

2.14. Todas las ilustraciones deberán ir numeradas correlativamente y con pie de foto.

2.15. Será imprescindible incluir referencias bibliográficas cuando sea posible, las cuales se ordenarán al final del artículo e irán numeradas correlativamente.

2.16. Se evitarán, en lo posible, las notas a pie de página.

3. Artículos en lengua inglesa

La ROP podrá publicar los artículos bilingües (español e inglés) que se refieran a asuntos que presenten interés para sus lectores de lengua inglesa. En este caso, la longitud no sobrepasará los siete folios, además de cuantas fotografías e ilustraciones se consideren precisas.

4. Cartas del lector y contestación a artículos

La ROP aceptará, siempre, las cartas de los lectores y las contestaciones y réplicas a los artículos publicados.

A fin de mantener la actualidad debida, el plazo para remitir estos comentarios es de tres meses a partir de la fecha de publicación del artículo.

5. Plazo de publicación de los artículos

La Redacción de la ROP acordará con cada uno de los autores el plazo de presentación de los artículos remitidos, teniendo en cuenta no sólo el orden de entrada, sino la actualidad de los mismos, publicaciones de otras revistas, volumen limitado de la revista, orden temático, etc.

En el caso de no poder llegar a un acuerdo sobre su plazo de publicación, la ROP devolverá el original a su autor.

6. Ejemplares para los autores

La ROP entregará gratuitamente al autor del artículo dos ejemplares del número de la Revista en que aparezca su colaboración, así como tres separatas del mismo.

Si el autor deseara mayor número de separatas, deberá ponerlo en conocimiento de la ROP antes de proceder a la tirada de la revista, pasándosele el cargo correspondiente.

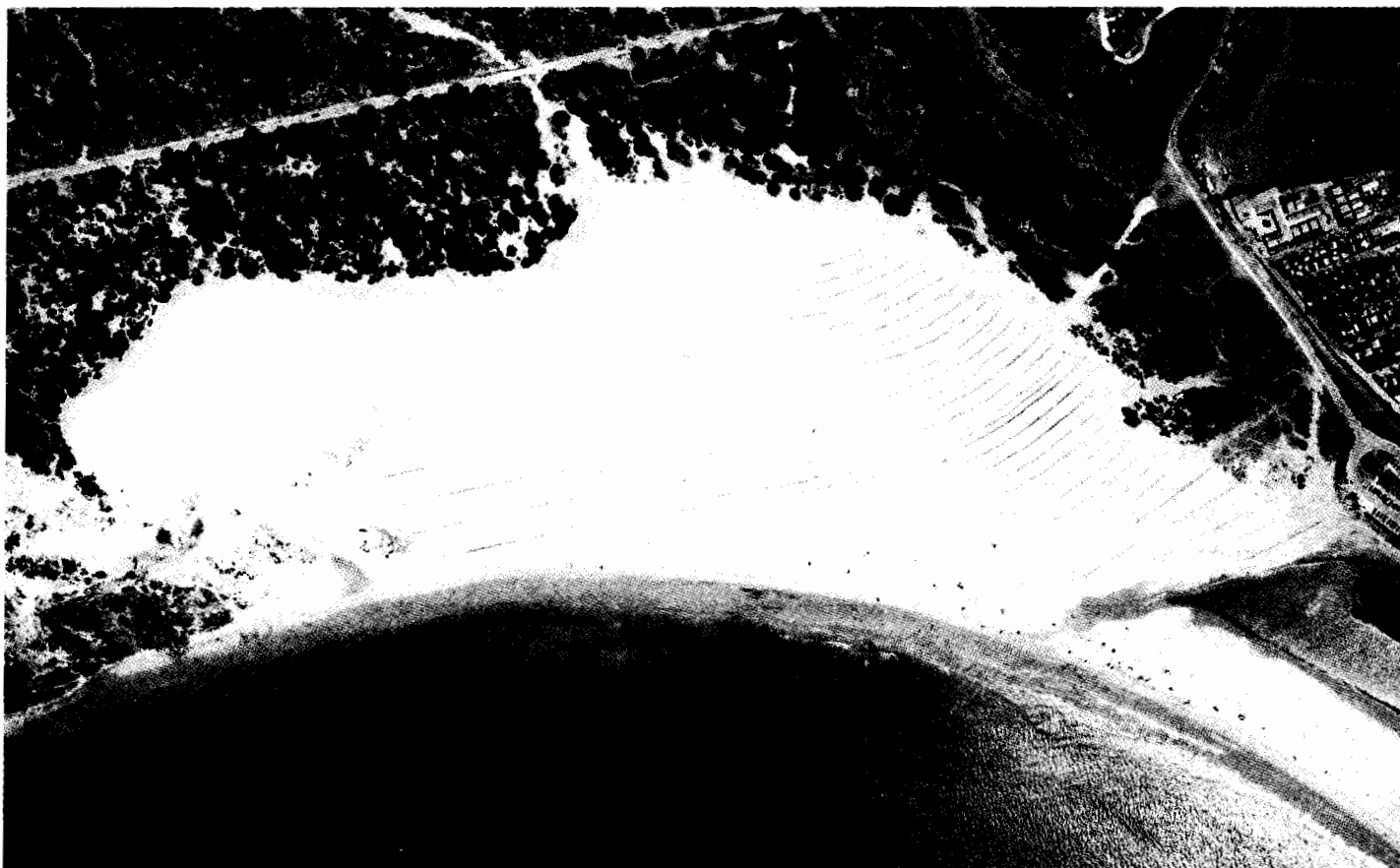


Fig. 12. Foto aérea de la Duna de Valdevaqueros en el año 2001, con la aplicación de técnicas "blandas" (tablestacados).

entre vecinos residentes, turistas, militares de Punta Paloma, ecologistas y técnicos medioambientales. Ciertamente es que las dunas se originan de forma natural, pero también es verdad que existen algunas actuaciones humanas que facilitan dicha formación. Cuando una duna se forma naturalmente, en función del medio que la rodea, tiende a estabilizarse por sí misma (Carter, 1995), fijándose por vegetación autóctona, o tiende a desplazarse hasta alcanzar un equilibrio físico-dinámico (salvo en dunas desérticas).

Gracias a los perfiles topográficos obtenidos (Figura 10), se ha podido realizar la cubicación de la Duna de Valdevaqueros (Tabla 1). La extracción de arena de Valdevaqueros será transportada, por maquinaria pesada, a barlovento de la duna, en la parte alta de la playa.

Según las granulometrías realizadas (Figura 11), dicha arena tiene similar tamaño medio (0.35 mm en Bolonia y Valdevaqueros) que las playas de Tarifa situadas más al sur (0.30 mm), concretamente Los Lances y Playa Chica. Este resultado hace considerar la opción de transportar esa arena extraída a estas playas que fueron su origen, antes del transporte natural sedimentario, (a pesar del encarecimiento del proceso).

Estas actuaciones se verían optimizadas por la adecuación del ecosistema resultante a un espacio natural aprove-

chable para el uso y disfrute de los visitantes y habitantes del lugar. Ese objetivo se conseguiría con la instalación de miradores, pasarelas, vallado en zonas a proteger, áreas de camping, aparcamientos, etc. Este hecho no significaría un incentivo para aumentar la tasa de visitantes al lugar, sino un control y reducción de los impactos de dichos visitantes.

7. Conclusiones

En función de los resultados expuestos y la delicada situación a la que se ven sometidas determinadas infraestructuras en Punta Paloma, se hace necesaria la intervención inmediata en la Duna de Valdevaqueros. Por lo que concierne a la Duna de Bolonia no está en la misma situación y no requiere el mismo trato ni inmediatez en sus actuaciones. Sólo es necesaria la reposición de captadores de arena en la parte media-baja y revegetación en la parte más baja, al pie de la duna a barlovento.

Está demostrado por múltiples experimentos de actividades en dunas, que la estabilización de los ecosistemas dunares es perfectamente factible, siempre y cuando se siga un estricto plan y control de estas actividades. De suma

importancia es la creación de una conciencia medioambiental en la sociedad, que entienda los ecosistemas y los respete. Sin embargo, la mayor amenaza a estas zonas son las descontroladas actividades recreativas, que resultan prácticamente inevitables en épocas estivales, especialmente si la economía local depende de ello. La aplicación de nuevas alternativas como accesos fáciles (pasarelas, etc.) aparcamientos en zonas correctas, zonas de picnic, todo perfectamente señalizado, y un control e información adecuada, favorecen un programa integrado del correcto uso del sistema dunar por parte de todos. El plan y el diseño de los sistemas dunares facilitan el control del uso de estas áreas, procurando satisfacer las más sencillas necesidades y evitando una atracción masiva de visitantes. No se trata de crear un complejo recreativo, sino un ecosistema estable que merece ser evaluado más detenidamente, no sólo desde el punto de vista social, sino también desde un marco ecológico y medioambiental. Estas actuaciones están perfectamente indicadas para ambos parajes, en especial en la Ensenada de Bolonia, declarada Monumento Natural por la Junta de Andalucía.

Las intervenciones físicas denominadas técnicas "blandas", tienen la misión de recuperar el perfil dunar estable y original a medio plazo y, facilitar la posterior planifica-

ción litoral mediante amplia información y concienciación sobre los ecosistemas dunares. Asimismo, dichas técnicas han de soportar los daños ocasionados por temporales (Gracia et al., 2002). Según los resultados obtenidos en ambientes similares de países del Norte de Europa, estas actuaciones parecen ser las más efectivas para evitar la degradación y facilitar un uso común acorde con el medio que representa.

Se han abierto discusiones y controversias entre los sectores de vecinos residentes, turistas, militares de Punta Paloma, ecologistas y técnicos medioambientales, por todas las actuaciones técnicas sobre las dunas. Todo ello no sería óbice, si no fuera en beneficio de todos los usuarios y, permitiera una gestión integrada para el uso y desarrollo sostenible del litoral que nos atañe.

8. Agradecimientos

Agradecemos a, G. Anfuso Melfi, S. García León, J. Quevedo Gómez, J.M. Álvarez Martín, y a todo el personal de la Demarcación de Costas Andalucía-Atlántico en Cádiz, por la posibilidad de trabajar con ellos y por su ayuda en la realización del presente artículo. ♦

Referencias:

- Adriani, M.J. y Terwindt, J.H.J., 1974. *Sand stabilisation and dune building*. Rijkwaterstaat Communications, nº 19. The Hague.
 - Anfuso, G., Benavente, J. y Gracia, F.J., 2001. *Morphodynamic response of nourished beaches in SW Spain*. Jour. Coastal Conservation 7:71-80.
 - Anfuso, G., 2004. *Caracterización de celdas litorales en un tramo costero aparentemente homogéneo del litoral de Cádiz (SO de España)*. Cuaternario y Geomorfología. Vol. 8 (1-2).
 - Benavente J., del Río L., Gracia F.J., Anfuso G., 2003. *Cuantificación de procesos de erosión costera en el litoral sur atlántico español*. Primeros resultados. Geogaceta. Vol 33, 3-6.
 - Brooks, A., 1979. *Coastlands. British trust conserve*. Volunteers, London.
 - Carter, R.W.G., 1995. *Coastal environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. 5th edn. London: Academic Press Ltd, 617 pp.
 - Cooper, J.A.G. y McLaughlin, S., 1998. *Contemporary multidisciplinary approaches to coastal classification and environmental risk analysis*. Journal of Coastal Research, 14 (2), 512-524.
 - García Mora M. R., Gallego Fernández J.B., Williams A.T., García Novo F., 2001. *A coastal dune vulnerability classification. A case study of SW Iberian Peninsula*. Journal of Coastal Research. Vol. 17 (4), 802-811 pp.

la. Journal of Coastal Research. Vol. 17 (4), 802-811 pp.
 -García Novo, F., y Merino, J., 1997. *Pattern and process in the dune system of the Doñana National Park*. Ecosystems of the world: Dry coastal ecosystems. Elsevier, 2c, 453-468.
 -Gómez Pina, G., Muñoz Pérez J.J., Ramírez J.L., Ley C., 2002. *Sand dune management problems and techniques, Spain*. Journal of Coastal Research, SI 36, 325-332.
 -Gracia, F.J., Reyes, J.L., Benavente, J., Del Río, L. y Anfuso G., 2002. *Utility of morphodynamic characterization in the prediction of beach damage by storms*. Journal of Coastal Research. SI 36, 56-64.
 -Gutiérrez Mas, J.M., Martín A., Domínguez S. y Moral J.P., 1991. *Introducción a la geología de la provincia de Cádiz*. Serv. Publ. Univ. Cádiz, 315 pp.
 -Jagschitz, J.A. y Wakefield, R.C., 1971. *How to build and save beaches and dunes*. Bull. 408, Rhode Island Agri. Expt. Stat. Kingston, R.I.
 -Knutson, P.L., 1978. *Planning guidelines for dune creation and stabilization*. CERC, US Army, Corps of Eng., Fort Belvoir, Va.
 -Muñoz Pérez, J.J., 2002. *Morphodynamic responses of nourished beached in SW Spain: A reply to Anfuso et al.* Journal of Coastal Conservation, vol 8: 189-190.
 -Muñoz Pérez J.J., López de San Roman Blanco B., Gutiérrez Mas, J.M., Moreno L., Cuenca G.J., 2001. *Cost*

of beach maintenance in the Gulf of Cadiz (SW Spain). Coastal Engineering, vol 42, 143-153.
 -Muñoz, J.J. y Gutiérrez, J.M., 1999. *Tipología y eficacia de los espigones de escollera construidos para la mejora de las playas del litoral atlántico de la provincia de Cádiz*. Boletín Geológico y minero, vol. 110 (1), 1-13 pp.
 -Quinn, A.C.M., 1977. *Sand dunes: Formation, erosion and management*. (An Foras Forbartha), Dublin.
 -Ramírez, J.L. y Ley, C., 1998. *Restauración de ecosistemas dunares*. Ponencia presentada en la cuarta Conferencia Internacional Litoral'98. Barcelona, España.
 -Ramírez, J.L. y Ley, C., 1999. *Ecosistemas dunares. Funcionamiento y experiencias en su restauración*. Ponencia presentada en el curso Regeneración de Espacios Litorales. Facultad de Ciencias del Mar, Vigo, España.
 -Ramírez Díaz, L. y Torres Martínez, A., 1977. *Tipología y dinámica de los complejos ambientales del sistema de dunas móviles de la reserva biológica de Doñana*. Boletín de la Estación Central de Ecología. Vol. 6, 3-11.
 -Short, A.D. and Hesp, P., 1982. *Wave, beach and dune interaction in south-eastern Australia*. Marine Geology. Vol.48, 259-284.
 -Woodhouse, W.W., 1982. *Creation and restoration of coastal plant communities*. R.R. Lewis, ed., pp. 1-44. CRC Press, Boca Raton, Fla.