



2110

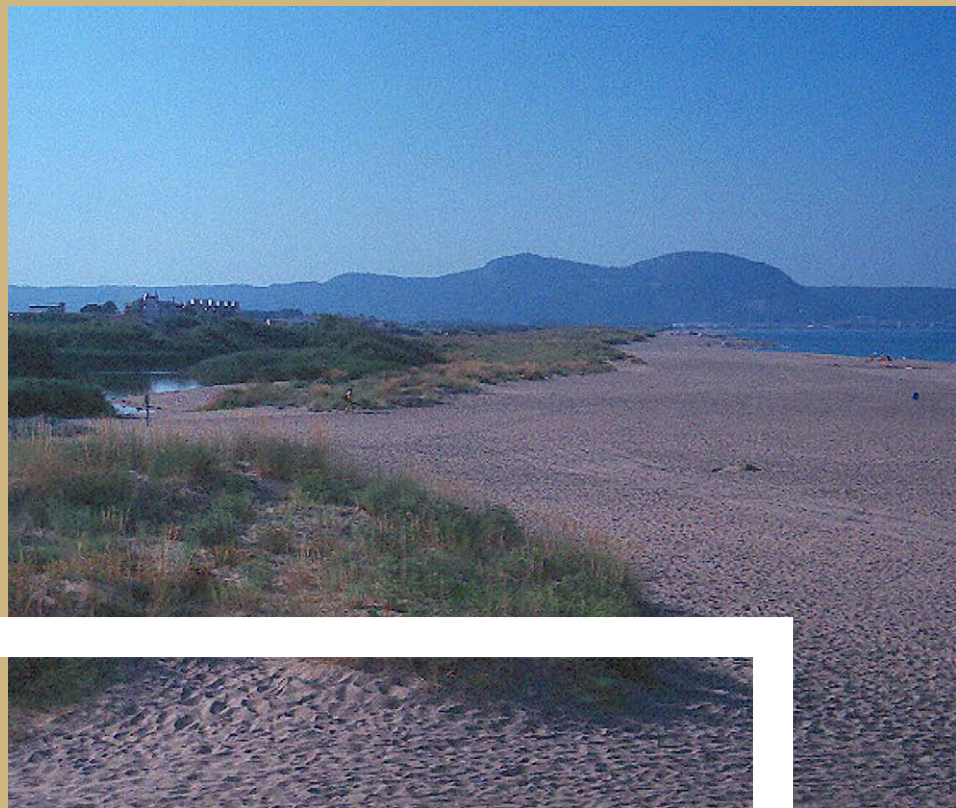
DUNAS MÓVILES EMBRIONARIAS

COORDINADOR

F. Javier Gracia Prieto

AUTORES

F. Javier Gracia Prieto, Luis Hernández Calvento, Antonio I. Hernández Cordero,
Eulalia Sanjaume y Germán Flor Rodríguez



Esta ficha forma parte de la publicación **Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España**, promovida por la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino).

Dirección técnica del proyecto

Rafael Hidalgo.

Realización y producción



Coordinación general

Elena Bermejo Bermejo y Francisco Melado Morillo.

Coordinación técnica

Juan Carlos Simón Zarzoso.

Colaboradores

Presentación general: Roberto Matellanes Ferreras y Ramón Martínez Torres. Edición: Cristina Hidalgo Romero, Juan Párbole Montes, Sara Mora Vicente, Rut Sánchez de Dios, Juan García Montero, Patricia Vera Bravo, Antonio José Gil Martínez y Patricia Navarro Huercio. Asesores: Íñigo Vázquez-Dodero Estevan y Ricardo García Moral.

Diseño y maquetación

Diseño y confección de la maqueta: Marta Munguía.

Maquetación: Do-It, Soluciones Creativas.

Agradecimientos

A todos los participantes en la elaboración de las fichas por su esfuerzo, y especialmente a Antonio Camacho, Javier Gracia, Antonio Martínez Cortizas, Augusto Pérez Alberti y Fernando Valladares, por su especial dedicación y apoyo a la dirección y a la coordinación general y técnica del proyecto.

Las opiniones que se expresan en esta obra son responsabilidad de los autores y no necesariamente de la **Dirección General de Medio Natural y Política Forestal** (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino).

La coordinación general del grupo 2 ha sido encargada a las siguientes instituciones

Sociedad Española de Geomorfología



Universidad de Cádiz



Coordinador: F. Javier Gracia Prieto¹.

Autores: F. Javier Gracia Prieto, Luis Hernández Calvento², Antonio I. Hernández Cordero², Eulalia Sanjaume³ y Germán Flor⁴.

Colaboradores: Juan García de Lomas¹, Carlos García¹, Javier Benavente¹ y Giorgio Anfuso¹.

¹Univ. de Cádiz, ²Univ. de las Palmas de Gran Canaria, ³Univ. de València, ⁴Univ. de Oviedo.

Colaboraciones específicas relacionadas con los grupos de especies:

Invertebrados: Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO, Instituto Universitario de Investigación, Universidad de Alicante). José Ramón Verdú Faraco, M.^a Ángeles Marcos García, Estefanía Micó Balaguer, Catherine Numa Valdez y Eduardo Galante Patiño.

Anfibios y reptiles: Asociación Herpetológica Española (AHE). Jaime Bosch Pérez, Miguel Ángel Carretero Fernández, Ana Cristina Andreu Rubio y Enrique Ayllón López.

Aves: Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife). Juan Carlos del Moral (coordinador-revisor), David Palomino, Blas Molina y Ana Bermejo (colaboradores-autores).

Mamíferos: Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM). Francisco José García, Luis Javier Palomo (coordinadores-revisores), Roque Belenguer, Ernesto Díaz, Javier Morales y Carmen Yuste (colaboradores-autores).

Plantas: Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP). Jaime Güemes Heras, Álvaro Bueno Sánchez (directores), Reyes Álvarez Vergel (coordinadora general), M.^a Inmaculada Romero Buján (coordinadora regional), M.^a Inmaculada Romero Buján, Íñigo Pulgar Sañudo, Sara Mora Vicente, Manuel Valentín Marrero Gómez, Manuel Valentín Marrero Gómez, Eduardo Carqué Álamo y Arnoldo Santos Guerra (colaboradores-autores).

A efectos bibliográficos la obra completa debe citarse como sigue:

VV.AA., 2009. *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

A efectos bibliográficos esta ficha debe citarse como sigue:

GRACIA, F., HERNÁNDEZ L., HERNÁNDEZ, A. I., SANJAUME, E. & FLOR, G., 2009. 2110 Dunas móviles embrionarias. En: VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 54 p.

Primera edición, 2009.

Edita: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica.
Centro de Publicaciones.

NIPO: 770-09-093-X
ISBN: 978-84-491-0911-9
Depósito legal: M-22417-2009

1. PRESENTACIÓN GENERAL	7
1.1. Código y nombre	7
1.2. Definición	7
1.3. Descripción	7
1.4. Problemas de interpretación	8
1.5. Esquema sintaxonómico	8
1.6. Distribución geográfica	9
2. CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	15
2.1. Regiones naturales y demarcaciones hidrográficas	15
2.2. Factores biofísicos de control	15
2.3. Subtipos	19
2.4. Especies de los anexos II, IV y V	21
2.5. Exigencias ecológicas	22
3. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN	31
3.1. Determinación y seguimiento de la superficie ocupada	31
3.2. Identificación y evaluación de las especies típicas	33
3.3. Evaluación de la estructura y función	35
3.3.1. Factores, variables y/o índices	35
3.3.2. Protocolo para determinar el estado de conservación global de la estructura y función	36
3.3.3. Protocolo para establecer un sistema de vigilancia global del estado de conservación de la estructura y función	37
3.4. Evaluación y perspectivas de futuro	37
4. RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN	39
5. BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA	41
6. FOTOGRAFÍAS	47



1. PRESENTACIÓN GENERAL

1.1. CÓDIGO Y NOMBRE

2110 Dunas móviles embrionarias

1.2. DEFINICIÓN

Acumulaciones arenosas incipientes de escasa altura que representan los primeros estadios de construcción dunar, localizadas en la playa alta y en transición al primer cordón dunar, habitualmente colonizadas por plantas pioneras.

1.3. DESCRIPCIÓN

Este tipo de hábitat está representado por la primera banda de vegetación colonizadora de las arenas móviles costeras correspondiente a las típicas dunas, embrionarias o primarias, de escaso porte y con una muy débil cobertera vegetal, localizadas en la parte alta de la playa, en transición al sistema dunar bien desarrollado. Se caracteriza por una sedimentación arenosa generalmente, con una colonización vegetal rala por cuanto representa una banda de transición, con una acumulación sedimentaria más o menos estable, que recibe los primeros aportes arenosos eólicos desde la playa adosada pero que queda sometida también a erosiones destacadas por el oleaje de tormenta. El depósito tiende a conformar un prisma tabular que orla la parte alta de la playa, dentro del cual, se llegan a construir cordones dunares muy laxos, dunas longitudinales inestables entre las que destacan las colas de arena, montículos cónicos, domos vegetados, etc. En ese sentido, este tipo de dunas debería extenderse a cualquier acumulación eólica activa, con o sin vegetación, ya que la colonización depende de la tasa de aportes arenosos (relativamente baja para favorecer su pervivencia).

Desde el punto de vista del gradiente costero, esta banda se sitúa entre las comunidades vegetales que colonizan los sustratos sobre los que se asientan res-

Código y nombre del tipo de hábitat en el anexo 1 de la Directiva 92/43/CEE

2110 Dunas móviles embrionarias

Definición del tipo de hábitat según el *Manual de interpretación de los hábitats de la Unión Europea* (EUR25, abril 2003)

Formaciones costeras que representan los primeros estadios de construcción dunar, formados por ripples (pequeñas ondulaciones arenosas) o por superficies arenosas elevadas en la zona alta de la playa, o por una orla arenosa a barlovento de las primeras dunas altas.

Relaciones con otras clasificaciones de hábitat

EUNIS Habitat Classification 2004 10

B1.3 Shifting coastal dunes

Palaeartic Habitat Classification 1996

16.211 Embryonic dunes

tos orgánicos aportados por tormentas de olas (tipo de hábitat de interés comunitario 1210, de acuerdo con la nomenclatura de la red Natura 2000) (www.mma.es/secciones/biodiversidad/rednatura2000/documentos_rednatura/pdf/2110.pdf) y las dunas blancas o secundarias (tipo de hábitat de interés comunitario 2120). La comunidad vegetal característica contiene plantas colonizadoras como *Elymus farctus* (*Agropyron junceum*), *Cakile maritima*, *Leymus arenarius*, *Honkenya peploides*, *Sporobolus pungens*, *Euphorbia peplis*, *Otanthus maritimus*, *A. tormentosa* o *Chamaesyce peplis*. En Canarias, estas dunas están dominadas por la ciperácea estolonífera *Cyperus capitatus*, con *Euphorbia paralias*, *Polygonum maritimum* o *Polycarpaea nivea*.

La fauna de estas acumulaciones arenosas móviles es escasa y está representada por escarabajos, reptiles y pequeños mamíferos como *Lepus granatensis*. Son lugares utilizados como descansaderos por diversas aves marinas.

A modo de resumen, las características básicas generales del tipo de hábitat 2110 se detallan en la tabla 1.1.

Variable	Características
Altura	Muy baja (< 1 m)
Anchura	Pequeña (pocos metros)
Longitud	Variable, generalmente < 100 m
Movilidad	Muy alta
Desarrollo edáfico	Inexistente
Exposición al oleaje	Máxima
Cobertera vegetal	Muy baja a media
Especie diagnóstica	<i>Elymus farctus</i>
Hábitat dunares compatibles	2120, 2130, 2190, 2250
Hábitat dunares compatibles	2150, 2210, 2230, 2240, 2260, 2270

Tabla 1.1

Tabla diagnóstica del tipo de hábitat de interés comunitario 2110.

1.4. PROBLEMAS DE INTERPRETACIÓN

Otras denominaciones utilizadas para describir este tipo de hábitat son *duna costera incipiente* (Vallejo, 2007), *dune élémentaire* (Paskoff, 2005), *avant-dune* (Favennec, 2002), *dune d'étran* (Vane y Menanteau, 1979) o *duna efímera*. Este tipo de hábitat se recoge como tal en la inmensa ma-

yoría de las clasificaciones dunares. Benavent *et al.* (2004) las denominan *primer cordón dunar*, asignación que no compartimos ya que, por definición, estas primeras acumulaciones no forman todavía un cordón morfológicamente bien constituido. No obstante, respetamos el término *dunas primarias*, para evitar confusiones con las clasificaciones ecológicas tradicionales de este tipo de hábitat.

1.5. ESQUEMA SINTAXONÓMICO

Código del tipo de hábitat de interés comunitario	Hábitat del Atlas y Manual de los Hábitat de España	
	Código	Nombre científico
2110	161010	<i>Honckenyo peploidis-Elytrigion boreoatlanticae</i> Tüxen in Br.-Bl. & Tüxen 1952 nom. mut. & inv. propos.
2110	161011	<i>Cypero mucronati-Agropyretum juncei</i> Kühnholtz ex Br.-Bl. 1933
2110	161012	<i>Euphorbio paraliae-Agropyretum junceiformis</i> Tüxen in Br.-Bl. & Tüxen 1952 corr. Darimont, Duvigneaud & Lambinon 1962
2110	161020	<i>Ononidion tournefortii</i> Géhu, Biondi, Géhu-Franck, Hendoux & Mossa 1996
2110	161014	<i>Ononido tournefortii-Cyperetum capitati</i> Wildpret, Del Arco & Acebes in Del Arco, Acebes & Wildpret 1983
2110	161030	<i>Polycarpaeo niveae-Euphorbion paraliae</i> Rivas-Martínez & Wildpret in Rivas-Martínez, T.E. Díaz, Fernández González, Izco, Loidi, Lousã & Penas 2002
2110	161013	<i>Euphorbio paraliae-Cyperetum kallii</i> Sunding 1972

Tabla 1.2

Clasificación del tipo de hábitat de interés comunitario 2110. Datos del Atlas y Manual de los Hábitat de España (inédito).

1.6. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

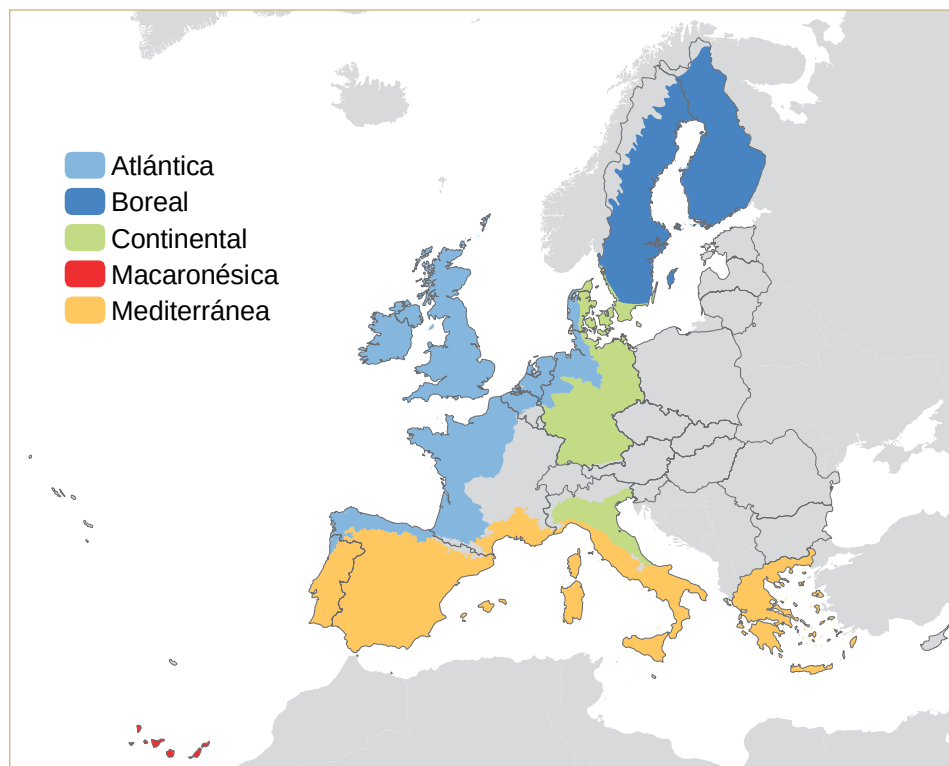


Figura 1.1

Mapa de distribución del tipo de hábitat 2110 por regiones biogeográficas en la Unión Europea.

Datos de las listas de referencia de la Agencia Europea de Medio Ambiente.

La distribución del presente tipo de hábitat de interés comunitario en las costas españolas, según el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, (MARM) se representa en la figura 1.2., donde la presencia del tipo de hábitat 2110 queda reflejada mediante pequeños puntos de color rojo. Dicho mapa ha sido modificado y actualizado, empleando dos tipos de símbolos:

- Puntos gruesos de color naranja: no aparece en los mapas de los tipos de hábitat de interés comunitario del MARM, pero ha sido identificado positivamente en ese lugar.
- Cruces de color verde: aparece reflejado en los mapas de los tipos de hábitat de interés comunitario del MARM, pero su presencia real es discutible, bien por error o bien porque ya no está presente en ese lugar.

Teniendo en cuenta las modificaciones hechas en dicho mapa, el presente tipo de hábitat aparece en los siguientes sistemas dunares (la N entre paréntesis indica que ha sido incorporado por primera vez en este trabajo):

■ **Región natural atlántica.** Zarautz en Guipúzcoa; Laredo, Somo, Liencres y Oyambre en Cantabria; Santa María, Rodiles, Gijón, Xagó, Salinas, Bayas, Los Quebrantos, Barayo, Frejulfe y Navia en Asturias; Foz, Lago, Viveiro y Barquero en Lugo; Ortigueira, Cedeira, Vilarrube-Pantín, Frouxeira, Ponzos-Queiruga-Reija, Santa Comba, San Jorge, Doñiños, Badaio, Lage, Daloris, Traba, Trece, Rostro, Carnota, Castro-Basoñas y Corrubedo en La Coruña; La Lanzada, Donón, Islas Cíes y Samil en Pontevedra; Ayamonte, Isla Cristina, La Antilla, El Rompido, Punta Umbría, El Abalarío, El Asperillo, Doñana-Playa de Castilla (N) y Doñana-Punta del Malandar (N) en Huelva; Punta Candor (N), San Antón-Valdelagrana (N), El Chato-Sancti Petri (N), La Barrosa-Cabo Roche (N), El Palmar (N), Cabo Trafalgar (N), La Hierbabuena (N), Zahara-El Cañuelo (N), Bolonia (N), Punta Paloma-Valdevaqueros (N) y Los Lances (N) en Cádiz.

■ **Región natural mediterránea.** Bahía de Rosas-Aiguamolls de l'Emporda-Sant Pere Pescador (N) y Palls (N) en Gerona; Castelldefels en Barcelona; Torredembarra, El Fangar y La Banya en Tarragona; El Serradal (N), Torre la Sal (N) y Moncófar-Almenara (N) en Castellón; Canet, El Saler-Marenys de Cullera, Oliva-Pego y Jávea (N) en Valencia; El Campello, Santa Pola-Pinet, Guardamar y Pilar de la Horadada (N) en Alicante; La Manga y Calblanque en Murcia; Cabo de Gata y Punta Entinas-Sabinar en Almería; Cabopino y Estepona en Málaga; Torreguadiaro y Palmones (N) en Cádiz; Cala Tirant, Morella, Es Grau, Son Bou y Macarelleta en Menorca; Alcudia, Cala Mesquida y Ses

Salines en Mallorca; Ses Salines en Ibiza; Formentera.

■ **Región natural macaronésica.** La Graciosa, en las Islas Canarias. No se conservan o su presencia es dudosa en Famara y Montaña Roja en Lanzarote; Tostón, Corralejo y Jandía en Fuerteventura; Maspalomas en Gran Canaria y El Médano en Tenerife. En todos estos casos se han identificado dunas móviles, pero no vinculadas a la playa alta sino más bien, formando extensos campos de dunas muy dinámicas y apenas colonizadas por la vegetación. En la ficha general del Grupo 2 se propone un nuevo tipo de hábitat que recoja estos casos: "Dunas móviles costeras no vegetadas".

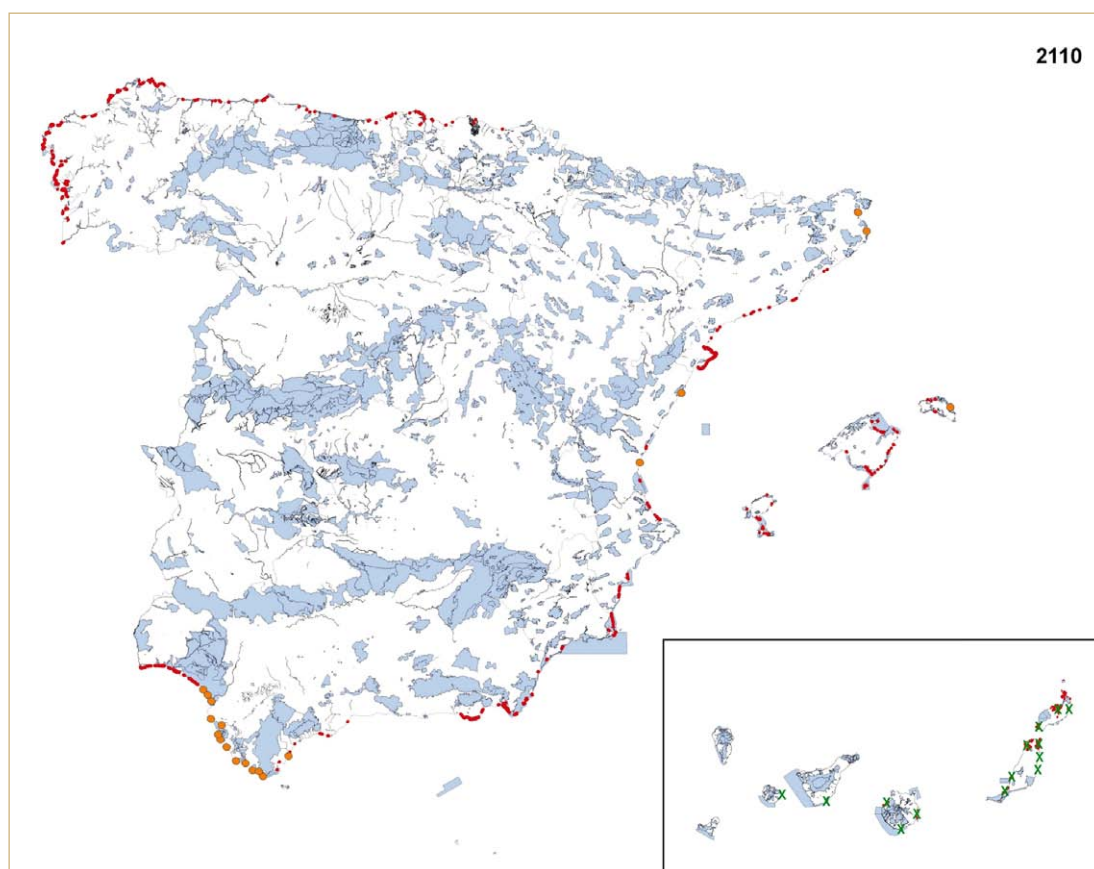


Figura 1.2

Mapa de distribución del tipo de hábitat de interés comunitario 2110 en las costas españolas. Según el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (modificado).

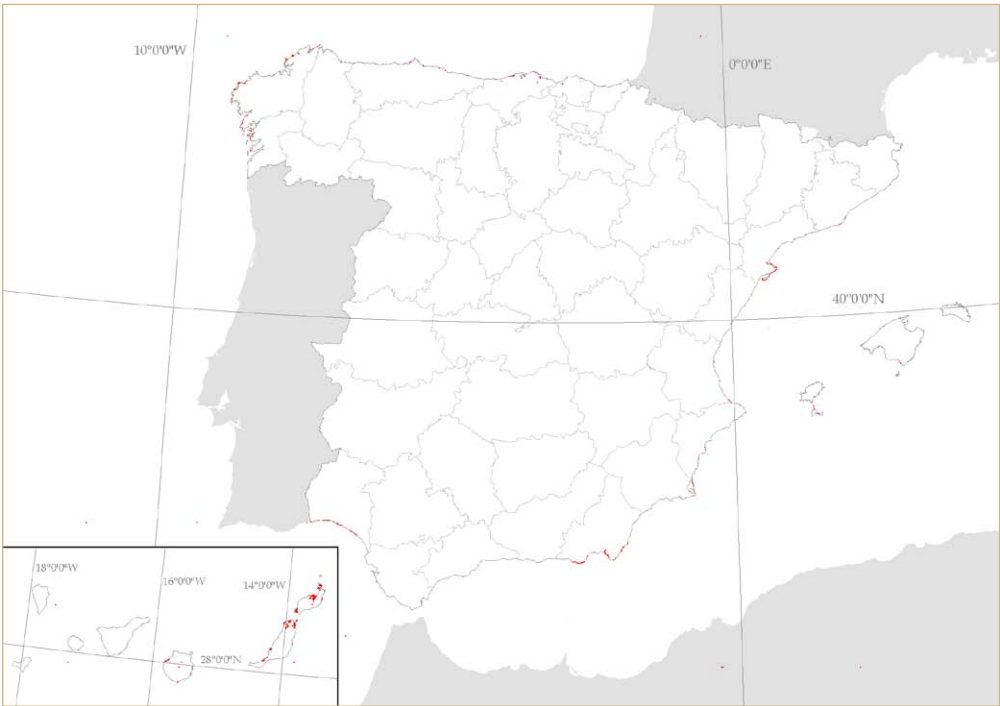
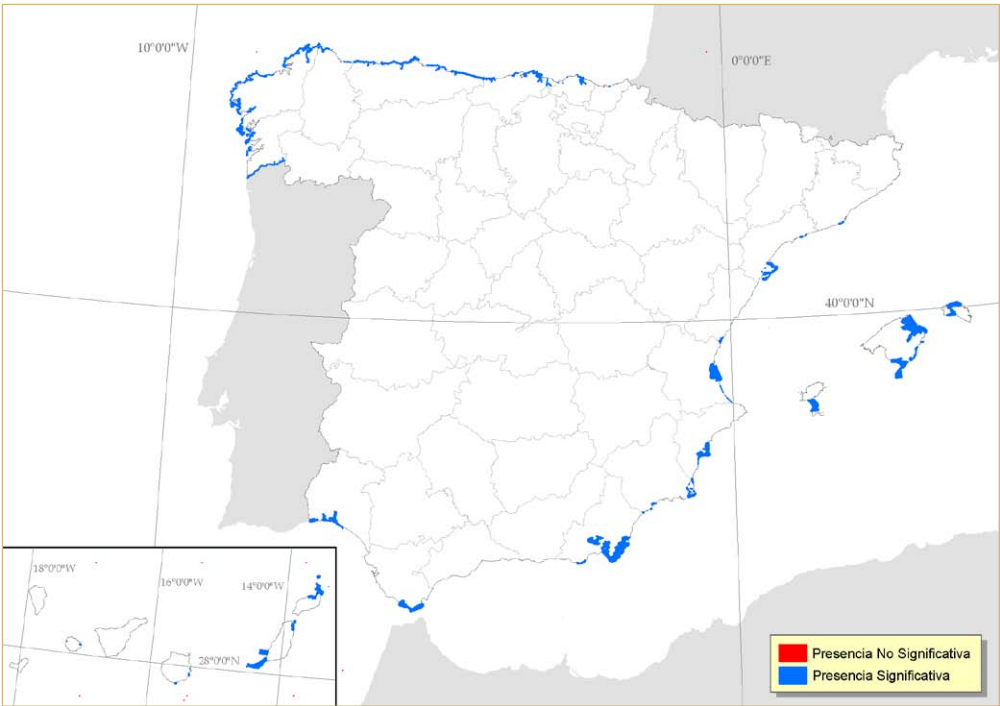


Figura 1.3
Mapa de distribución estimada del tipo de hábitat 2110.
Datos del *Atlas de los Hábitat de España*, marzo de 2005.

Región biogeográfica	Superficie ocupada por el hábitat (ha)	Superficie incluida en LIC	
		ha	%
Alpina	—	—	—
Atlántica	225,02	187,47	83,31
Macaronésica	2.299,29	1.737,42	75,56
Mediterránea	544,99	459,66	84,34
TOTAL	3.069,29	2.384,56	77,69

Tabla 1.3
Superficie ocupada por el tipo de hábitat 2110 por región biogeográfica, dentro de la red Natura 2000 y para todo el territorio nacional.
Datos del *Atlas de los Hábitat de España*, marzo de 2005.

Figura 1.4
Lugares de Interés Comunitario en que está presente el tipo de hábitat 2110.
Datos de los formularios normalizados de datos de la red Natura 2000, enero de 2006.



Región biogeográfica	Evaluación de LIC (número de LIC)				Superficie incluida en LIC (ha)
	A	B	C	In	
Alpina	—	—	—	—	—
Atlántica	7	16	8	1	1.391,42
Macaronésica	4	6	1	—	3.378,41
Mediterránea	17	27	2	—	3.058,76
TOTAL	28	49	11	1	7.828,59

A: excelente; B: bueno; C: significativo; In: no clasificado.
Datos provenientes de los formularios normalizados de datos de la red Natura 2000, enero de 2006.

Tabla 1.4
Número de LIC en los que está presente el tipo de hábitat 2110, y evaluación global de los mismos respecto al tipo de hábitat. La evaluación global tiene en cuenta los criterios de representatividad, superficie relativa y grado de conservación.

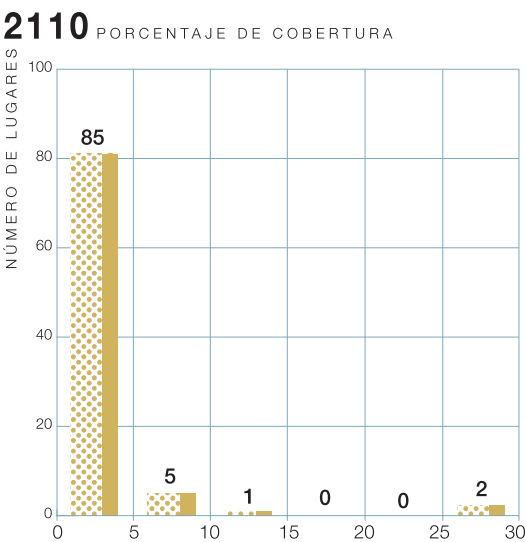


Figura 1.5
Frecuencia de cobertura del tipo de hábitat 2110 en LIC.
La variable denominada *porcentaje de cobertura* expresa la superficie que ocupa un tipo de hábitat con respecto a la superficie total de un determinado LIC.

		ALP	ATL	MED	MAC
Andalucía	Sup.	—	—	38,34%	—
	LIC	—	—	26,08%	—
Asturias	Sup.	—	10,64%	—	—
	LIC	—	19,35%	—	—
Canarias	Sup.	—	—	—	100%
	LIC	—	—	—	100%
Cantabria	Sup.	—	17,30%	—	—
	LIC	—	19,35%	—	—
Cataluña	Sup.	—	—	45,46%	—
	LIC	—	—	6,52%	—
Comunidad Valenciana	Sup.	—	—	9,45%	—
	LIC	—	—	13,04%	—
Galicia	Sup.	—	68,83%	—	—
	LIC	—	45,16%	—	—
Islas Baleares	Sup.	—	—	4,01%	—
	LIC	—	—	41,30%	—
País Vasco	Sup.	—	3,20%	—	—
	LIC	—	16,12%	—	—
Región de Murcia	Sup.	—	—	2,71%	—
	LIC	—	—	13,04%	—

Sup.: Porcentaje de la superficie ocupada por el tipo de hábitat de interés comunitario en cada comunidad autónoma respecto a la superficie total de su área de distribución a nivel nacional, por región biogeográfica.

LIC: Porcentaje del número de LIC con presencia significativa del tipo de hábitat de interés comunitario en cada comunidad autónoma respecto al total de LIC propuestos por la comunidad en la región biogeográfica. Se considera presencia significativa cuando el grado de representatividad del tipo de hábitat natural en relación con el LIC es significativo, bueno o excelente, según los criterios de los formularios normalizados de datos de la red Natura 2000.

NOTA: En esta tabla no se han considerado aquellos LIC que están presentes en dos o más regiones biogeográficas.

Datos del *Atlas de los Hábitat de España*, marzo de 2005, y de los formularios normalizados de datos de la red Natura 2000, enero de 2006.

Tabla 1.5
Distribución del tipo de hábitat 2110 en España por comunidades autónomas en cada región biogeográfica.



2. CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA

2.1. REGIONES NATURALES Y DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS

A continuación se especifica la superficie ocupada en la actualidad por el tipo de hábitat 2110, desglosada por regiones naturales, y según datos del Ministerio de Medio Ambiente actualizados por TRAGSA en 2004-2005 a partir del análisis de ortofotos y mapas, expresada en km²:

■ Nivel 1

2 (zona atlántica): 93,05
3 (Mediterráneo y Golfo de Cádiz): 158,51
Canarias-1 (Tenerife Sur, Gran Canaria Sur, Fuerteventura y Lanzarote): 3885,62
Canarias-2 (Tenerife Norte y La Gomera): 0,004

■ Nivel 2

211 (País Vasco): 30,79
222 (Costa cantábrica): 62,25
311 (Andalucía y Levante): 157,15
321 (Galicia): 0,005
331 (Campo de Gibraltar): 1,35
Canarias-12 (Gran Canaria Suroeste): 20,76
Canarias-13 (Tenerife Sur, Gran Canaria Sur, Fuerteventura y Lanzarote): 3864,86
Canarias-21 (Tenerife Norte y La Gomera): 0,004

■ Nivel 3

2111 (Galicia): 30,79
2221 (Cantabria): 24,97
2223 (Galicia Norte y Asturias): 37,27
3111 (Huelva-Ayamonte): 0,38
3112 (Almería-Granada-Málaga): 4,75
3114 (Valencia-Baleares): 142,74
3115 (Norte prov. Cádiz): 0,02
3116 (Huelva-Doñana): 9,26
3211 (Sur prov. Cádiz): 0,005
3313 (Barcelona-Tarragona): 1,35

■ Nivel 4

21111: 30,79
22211: 22,03
22212: 2,94
22231: 16,60
22232: 20,67
31111: 0,38
31121: 4,75
31141: 77,47
31142: 65,27
31151: 0,02
31161: 9,26
32111: 0,005
33132: 1,35

2.2. FACTORES BIOFÍSICOS DE CONTROL

Las dunas embrionarias o primarias corresponden a la primera franja de dunas inestables, pequeñas y en fase de desarrollo (con desplazamientos, crecimiento en volumen, fijación vegetal, etc.) en su punto de confluencia con el sistema acuático. Esta franja de dunas móviles o semifijadas es un ejemplo claro de ecosistema en el que la frecuencia de las perturbaciones es elevada. Estas primeras franjas son colonizadas por plantas anuales especializadas y algunas perennes que van creciendo paralelamente a la duna embrionaria, formando praderas en la que predomina la gramínea *Elymus farctus* (= *Agropyrum junceiforme*). En el Cantábrico impera una subespecie *E. farctus* subsp. *boreoatlanticus*, denominada grama de mar. Sus tallos son cortos y forman praderas muy ralas, debido a los aportes arenosos discontinuos en el tiempo y en el espacio, sujetas sin embargo por una fina y densa red de estolones, de forma que existe mayor cantidad de biomasa enterrada que la que emerge de la superficie del suelo. Se trata de una herbácea perenne de carácter pionero que tiene un porte bajo (30 a 70 cm), y que ocupa la primera franja de este sistema riguroso y perturbado.

Constituye una comunidad vegetal especializada, bien adaptada a la salinidad, al estrés hídrico y a las

altas temperaturas superficiales, a la que el mar aporta algunos restos orgánicos y arena en constante movimiento. Después de las perturbaciones, por el oleaje que alcanza esta área limitante, en la que se suceden aportes intensivos de arenas deflacionadas o también por el intenso pisoteo humano, suele sucederse una fase de colonización de plantones relativamente rápida. Ello es debido a que esta especie vegetal basa su estrategia reproductora en la aportación de gran número de semillas y una elevada capacidad de dispersión y colonización, a pesar de experimentar una alta mortalidad de juveniles por enterramiento y otros factores adversos. Esto da una imagen muy dinámica del funcionamiento de la fracción viva de estos edificios dunares.

Las comunidades de dunas embrionarias encuentran en la propia inestabilidad del sustrato y la cercanía a la influencia marina uno de los principales problemas ambientales y esto es, a la vez, un determinante para la selección de estas mismas especies tolerantes y por tanto, definitorio del propio hábitat. Esta zona se distingue por el estrés hídrico, la salinidad, la falta de suelo (se trata de materiales recientes y muy móviles en primera línea), aunque también recibe más aportes orgánicos provenientes de la producción marina, lo que causa que algunas plantas de primera línea, especialmente aquellas anuales que incluso crecen delante de la zona de dunas embrionarias, se hayan identificado como nitrófilas (por ejemplo, *Cakile maritima*). Este aporte de nutrientes marinos regenerados por la comunidad detritívora del intermareal arenoso (talitridos y otros), se supone que debe ser relevante como flujo energético en esta primera línea. Son especies colonizadoras, muchas veces propuestas como ejemplo de iniciadoras y facilitadoras de un proceso de sucesión ecológica de progresiva fijación del sustrato que iría resultando en la aparición de otras franjas o unidades (dunas primarias, dunas grises, etc.).

■ Factores que controlan la génesis de los embriones dunares

1. Velocidad y dirección del viento.
2. Turbulencia del aire.
3. Densidad del aire.
4. Disponibilidad de suministro de arena.
5. Tamaño de las partículas.
6. Densidad de los granos.
7. Morfología de los granos de arena (los granos esféricos saltan más; Jensen & Sorensen, 1986).

8. Grado de clasificación y selección de las partículas (Lancaster, 1985).
9. Cohesión entre partículas.
10. Topografía.
11. Rugosidad de la superficie.
12. Humedad atmosférica (Sherman & Hotta, 1990).
13. Radiación solar.
14. Presencia de recristalizaciones o cementaciones (Pye, 1980).
15. Cantidad y tipo de vegetación (Fryberger, 1979; McKee, 1983).
16. Presencia de microorganismos y materiales orgánicos (facilitan los procesos bióticos que determinan la aparición de plantas pioneras (McLachlan, 1990) o la agregación de materiales que aumenta la rugosidad superficial de la playa).

■ Factores que facilitan el desarrollo de embriones dunares

1. Fuerte suministro de material (Clemmensen, 1986).
2. Transporte litoral libre de obstáculos.
3. Fuertes vientos marinos y/o terrales que contribuyen al intercambio de arena entre playa y duna (Psuty, 1988; Augustinus *et al.*, 1990; Carter & Wilson, 1990).
4. Precipitaciones moderadas.
5. Escasa humedad atmosférica.
6. Playas disipativas de poca pendiente (Short & Hesp, 1982).
7. Zonas con amplio rango de marea (Bird, 1990).

La **velocidad del viento** depende de los gradientes de presión. Pero además de estos factores climatológicos, existen otra serie de factores locales que pueden acelerar o frenar su velocidad y que pueden predisponer la existencia de mayor o menor cantidad de sedimentos susceptibles de ser transportados por el viento:

1. **Morfología del terreno** (cuanto más abrupto e irregular sea el terreno, mayor rozamiento, por lo que la velocidad del viento se verá frenada; en otros casos, la propia forma del relieve puede encauzar al viento por determinados puntos en los que alcanzará velocidades superiores).
2. Tipo y densidad de la **cobertura vegetal** (a mayor cantidad de vegetación más rozamiento).

3. **Humedad atmosférica** (cuanto mayor sea la humedad, mayor energía necesita el viento para movilizar sedimentos, ya que con la humedad aumenta la cohesión de las partículas).
4. **Textura de los materiales** (a mayor calibre, mayor energía necesaria para iniciar el transporte).
5. **Temperatura del suelo** (las temperaturas elevadas activan la turbulencia del aire con la posibilidad de formación de torbellinos y mayor facilidad para la removilización del material).

En consecuencia, las zonas más apropiadas para la acción eólica son aquellas en las que la cobertura vegetal es escasa o nula, donde existe material suelto de tamaño apropiado (calibre de la arena, especialmente) y donde el suelo está reseco y la temperatura es elevada, aunque este último factor es el menos importante.

En la acción morfogenética del viento hay que tener en cuenta tres parámetros del mismo que son esenciales:

- **Velocidad**, para determinar la cantidad y tamaño de los sedimentos que pueden ser transportados.
- **Dirección**, que determina la dirección hacia la que son transportados los materiales.
- **Turbulencia**, que es determinante para el arranque de partículas del suelo y el inicio del transporte.

Las partículas de arena empiezan a moverse cuando la velocidad del aire supera un determinado umbral (Sherman & Hotta, 1990). La energía de transporte eólico aumenta exponencialmente con la velocidad del viento (Klijn, 1990). El levantamiento de una partícula (Warren, 1979) es una función en la que intervienen 6 distintos tipos de fuerzas:

1. Levantamiento.
2. Cizalla.
3. Impacto balístico.
4. Fuerza de la gravedad.
5. Fricción.
6. Cohesión de las propias partículas.

Las tres primeras fuerzas impulsan las partículas hacia arriba, mientras que las tres restantes contrarrestan a las fuerzas anteriores. En ambientes costeros y en particular en las franjas de dunas embrionarias, el factor humedad juega un papel importante; durante buena parte de la tarde y hasta avanzada la

mañana, el suelo se carga de humedad facilitando la cohesión de las partículas, mientras que a medida que se avanza hacia el mediodía y por la tarde, se produce una pérdida de humedad, momentos en los que la deflación se intensifica.

■ Mecanismos de movilización

1. Arrastre.
2. Elevación aerodinámica.
3. Impactos por rozamiento o rebote.
4. Perturbaciones por acción de animales, hombres y vehículos.

■ Mecanismos de sedimentación

1. **Acreción**, cuando las partículas en movimiento llegan a un lugar protegido en la superficie del suelo.
2. **Sedimentación por caída de granos**, cuando disminuye la velocidad del viento, lo que produce una reducción de su esfuerzo de cizalla y una disminución de su transporte potencial.
3. **Avalancha o sedimentación por flujo de granos**, cuando las partículas quedan en reposo después de rodar por cualquier desnivel (ladera, duna, etc.) por efecto de la gravedad. Este es uno de los mecanismos más importantes en el movimiento de partículas sobre las caras de deslizamiento de las dunas.

La relación entre el viento y la génesis de las dunas es muy compleja. Las formas que crea el viento dependen, por una parte, de la rugosidad, cohesión y tamaño de sedimento y, por otra, de la velocidad y turbulencia del aire, así como también de la humedad atmosférica y de la cantidad y tipo de la cubierta vegetal (Fryberger, 1979). El flujo de arena y aire tiene una estructura bastante complicada como resultado de su turbulencia y de la formación de vórtices horizontales. La velocidad del flujo y, por tanto, de la fuerza de cizalla, aumenta a barlovento y decrece a sotavento. En consecuencia, dado que la tasa de movimiento de arena está directamente relacionada con la fuerza de cizalla (que a su vez depende de la velocidad del flujo), la arena es transportada de la cara de barlovento a la de sotavento (Bagnold, 1941).

En tanto que la duna crece, la arena que llega a la cresta mediante saltación desde la cara de barloven-

to, resbala por la de sotavento, por lo cual la pendiente de la misma va aumentando hasta que consigue su ángulo de reposo. Con el aumento continuado del transporte de arena, la cara de avalancha de la duna se convierte en la cara de sotavento de la duna (Goldsmith, 1985). Los buzamientos de las láminas de barlovento (*topset*) suelen ser inferiores a 10°, mientras que en las láminas de sotavento (*foreset*) los buzamientos suelen oscilar entre 29° y 33°, de manera que cuando se supera esta última cifra se suceden los procesos de avalancha. Los factores que controlan el equilibrio morfológico de las dunas son varios. Los más importantes, según Lancaster (1985), son la posibilidad de suministro arenoso y las características del régimen de vientos, aunque el tamaño de grano, la clasificación del sedimento y la cubierta vegetal pueden ser significativos localmente. De acuerdo con Illenberger & Rust (1988), las tasas de acumulación en los campos dunares costeros son 10 veces más altas que las tasas de las zonas continentales. Esto se debe a la mayor energía de los vientos costeros y al mayor suministro de arena procedente de la playa. Este suministro depende de la forma y anchura de la playa, de la naturaleza del flujo aerodinámico que la cruza y de la vegetación. Las playas más llanas son las que producen menos fluctuaciones en el viento, por lo cual éste experimenta una menor reducción de velocidad y, en consecuencia, se da un mayor transporte potencial de arena (Short & Hesp, 1982).

Formación y desarrollo de los embriones dunares

Las acumulaciones dunares litorales (suponiendo que exista suficiente suministro de material, necesariamente excedentario, y que la intensidad del viento sea la adecuada para ponerlo en movimiento) se producen desde la parte más alta de la playa emergida para ser sedimentadas en la parte externa de la playa alta, donde no es frecuente que alcance la acción erosiva del oleaje durante los temporales.

Un primer requisito para que la playa sea excedentaria o lo haya sido en tiempos relativamente recientes es la proximidad a un área fuente fluvial y la actuación de corrientes de deriva litoral desde esos prismas arenosos hasta los lugares de sedimentación. Esta circunstancia está bien documentada en todos los casos y de una manera más detallada, incluso en costas rocosas como la Cantábrica (Flor,

2004b); en este sector costero, incluido el País Vasco, los mayores campos dunares se han generado justo al E de sistemas fluviales de gran magnitud, disminuyendo sus dimensiones de forma paulatina, igualmente, hacia el E. Es importante también la morfología de las áreas de posplaya, de modo que cuanto más plana sea, mayor amplitud posibilitará en cuanto a las dimensiones del campo dunar. Por el contrario, cuando existen bordes rocosos, el tipo de duna queda limitado a remontante y la superficie de ocupación dunar será reducida.

Un aspecto a largo plazo de gran importancia es el relativo al nivel del mar, que condiciona las dimensiones del campo dunar por cuanto los procesos sedimentarios del sistema playa/duna se incrementan en condiciones progradantes, consecuencia de la retirada del nivel del mar. Los mayores campos dunares de la Península Ibérica tienen su origen, por lo general, desde el mismo momento en que se culmina la transgresión Flandriense hasta nuestros días. El material necesario para su formación generalmente proviene de los sedimentos de playa si soplan vientos marinos de suficiente intensidad. Con menos frecuencia, la fuente de suministro puede encontrarse en el postpaís y, en este caso, obedece a la actuación de vientos terrales. Esto es lo que ha sucedido, por ejemplo, en la zona previamente arrasada de la Punta (Devesa del Saler, Valencia) donde las dunas se han regenerado naturalmente con el material esparcido después del arrasamiento gracias a la eficacia de los vientos de poniente (Sanjaume & Pardo, 1992).

El inicio de la acumulación se produce cuando el flujo de arena y aire encuentra un obstáculo a su paso o algún elemento que aumente la rugosidad de la playa (Pluis & De Winter, 1990). Su ubicación con respecto al obstáculo dependerá de la propia naturaleza del mismo. Si es **impermeable**, se desarrolla una zona de fuerte turbulencia frente al obstáculo contra el que rebotan los granos de arena. Estos se acumulan donde las corrientes de aire se debilitan, a cierta distancia delante del obstáculo. Por el contrario, cuando el obstáculo es **permeable** (como la vegetación), la arena se deposita detrás del mismo, puesto que allí las corrientes de aire que contornean el obstáculo no son lo suficientemente fuertes como para formar remolinos y los sedimentos pueden pasar a través de la vegetación. Se produce, por tanto, una zona de sombra respecto al flujo, que es donde se inicia la acumulación (Goldsmith, 1973).

Las *shadow dunes* (colas de arena vegetadas) se forman como resultado de la disminución de la velocidad del viento cuando éste pasa a través de las plantas pioneras que se instalan detrás de las marcas (conchas, gravas y cantos, fragmentos vegetales, basura) dejadas por las tormentas o las mareas altas. El inicio de los embriones dunares y su posterior desarrollo están influidos por los modelos de germinación y supervivencia de las semillas, su interacción con la geometría de la playa y los procesos de *swash/backwash* (vaivenes de avance y retroceso; Hesp, 1989) del flujo laminar derivado del último rompiente de las olas cerca de la orilla. En zonas con baja densidad de vegetación los flujos de aire se aceleran alrededor de las matas y la deflación consiguiente puede ser mayor que en una zona completamente desprovista de vegetación (Willems, 1989). Cuando la densidad de vegetación aumenta, el grado de penetración del flujo de aire desciende, la resistencia aumenta y se incrementa la tasa de desaceleración a sotavento (Hesp, 1983), con lo que aumenta la altura del embrión y disminuye su longitud. Los cambios en la altura de la vegetación también juegan un importante papel en la acreción de arena, ya que la penetración del flujo de aire es menor en la vegetación alta y mayor en las matas bajas, lo que determina que las tasas de acumulación puedan variar considerablemente en distancias relativamente cortas. La tolerancia de las distintas especies al enterramiento también es importante, ya que aumenta o disminuye la rugosidad. Una vez la acumulación arenosa se ha iniciado, el crecimiento de la vegetación y el desarrollo lateral de las plantas por la colonización que realizan los rizomas determinan la aparición de formaciones de tipo parcheado o *hummocky* (Hesp, 1989).

Las plantas pioneras responsables del inicio de la mayor parte de las dunas embrionarias se caracterizan por su elevada tolerancia a la sal, toleran bien el enterramiento de arena y desarrollan un sistema de raíces muy amplio tanto en sentido horizontal como vertical. A medida que se penetra hacia el interior, disminuyen los elementos de resistencia abióticos y al mismo tiempo, aumentan los bióticos (por ejemplo, la competencia), aunque las cubetas de deflación o *blowouts* pueden conseguir que las tensiones abióticas penetren hacia el interior (Hesp, 1991). Los animales también tienen importancia en el desarrollo o desaparición de los embriones (Rutten, 1992), ya que pueden destruir la vegetación que los sustenta (herbívoros, ganado caprino) o

puede excavarlas directamente (roedores, conejos). En otros casos, la presencia de microorganismos y hongos determina la aparición de agregados de arena que dan lugar al inicio de la acumulación (Foster, 1979).

Las dunas embrionarias se mueven y reconstruyen continuamente, creciendo al mismo ritmo que la vegetación que les sirve de apoyo. El propio desarrollo de la vegetación permite la unión de distintos embriones por coalescencia. Por tanto, junto con la acción del viento, la vegetación desempeña una labor de gran importancia en la génesis, crecimiento y estabilización de las dunas, principalmente en el desarrollo de la duna secundaria, frontal o delantera (*foredune*).

2.3. SUBTIPOS

Es difícil establecer en la práctica una categoría claramente diferenciada para este tipo de hábitat, ya que aparecen en esa zona especies compartidas con las dunas primarias e incluso otras comunidades dunares descritas en los protocolos de clasificación, como los pastizales. Hasta el momento, solamente existe una tipología basada en la metodología fitosociológica. Por otro lado, prácticamente no existen estudios ecológicos que permitan realizar una clasificación en base a las variaciones de la vegetación en función de los factores ambientales que controlan la distribución de la misma. No obstante, en este apartado aplicaremos dos criterios básicos de diferenciación: asociaciones vegetales dominantes y tipos morfológicos.

I. Subtipos según las asociaciones vegetales dominantes

I.1. Dunas atlántico-mediterráneas

Descripción: La especie más abundante y que caracteriza a la comunidad, tanto en las costas atlánticas como en las mediterráneas, es *Elymus farctus*, muy característica de la asociación *Agropyrum junceum* y *Cyperus mucronatus*. Esta gramínea estolonífera cuenta con dos subespecies, *E. farctus* subsp. *farctus*, de las costas mediterráneas, y *E. farctus* subsp. *boreo-atlanticus* (= *Agropyrum junceiforme*), del litoral atlántico, desde Cádiz hasta el País Vasco. Las primeras dunas primarias están colonizadas por

Otanthus maritimus, que define la subasociación *Otanthetosum maritimi*, la cual se considera un estadio transitorio a la formación de comunidades de dunas blancas (con *Ammophila*).

Este tipo de hábitat incluye zonas relativamente estables, con *Lotus creticus* y *Medicago maritima*, así como las pequeñas zonas de deflación en la zona alta de la playa, donde aparece algo de vegetación adaptada a medios arenosos, con *Crucianella maritima*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Polygonum maritimum*, *Corynephorus canescens* y *Festuca arundinacea* ssp. *atlantigena* (García Novo, 1997). Acompaña también la asociación *Euphorbio paraliae* de *Ammophiletea*.

1.2. Dunas macaronésicas

Descripción: Según la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente del Gobierno de las Islas Canarias, la vegetación de las dunas embrionarias en Canarias está constituida por tres comunidades vegetales que se corresponden con las siguientes asociaciones fitosociológicas: *Euphorbio paraliasi-Cyperetum capitati*, *Ononido tournefortii-Cyperetum capitati* y *Polycarpaeo-Lotetum lancerotensis*.

- A) ***Euphorbio paraliasi-Cyperetum capitati*.** Es la comunidad vegetal más extendida, localizándose en las islas de Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria, Tenerife y La Gomera. A nivel general, esta comunidad vegetal se localiza en las dunas móviles embrionarias y otros sustratos arenosos en zonas más o menos llanas, generalmente cercanas al mar, en biotopos condicionados por la inestabilidad de la arena y la alta salinidad (Del Arco & Rodríguez, 2003). Se reconocen tres subasociaciones: *Cyperetosum capitati*, localizada en todas las islas mencionadas anteriormente, *Atriplicetosum glaucae*, restringida a la isla de Lanzarote, y *Zygophylletosum fontanesii*, distribuida en las islas de Lanzarote, Fuerteventura y Tenerife.
- B) ***Ononido tournefortii-Cyperetum capitati*.** Esta asociación solamente se localiza en la isla de Tenerife.
- C) ***Polycarpaeo-Lotetum lancerotensis*.** Se distribuye por las islas de Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria. Coloniza playas, vaguadas interdunares y terrenos más o menos llanos cubiertos de arena por aporte eólico (Rodríguez *et al.*, 2005).

II. Subtipos según las morfologías dominantes

Hesp (2002, en: Vallejo, 2007) distingue tres configuraciones básicas que denomina en rampa (*ramps*), aterrazadas (*terraces*) y en cordón (*ridges*).

II.1. Rampas

Descripción: Las formaciones en rampa constituyen un plano inclinado que se adosa a la vertiente de barlovento de la duna secundaria ya consolidada. Se forman cuando las semillas germinan en la rampa arenosa suave de la playa alta. También se dan cuando las plantas rizomatosas y/o estoloníferas crecen hacia el mar desde una fuente situada más hacia tierra y gradualmente atrapan arena, normalmente sobre la berma o sobre la playa alta con pendiente hacia el mar. Por último, también se forman cuando las plantas germinan o crecen sobre el relleno de un escarpe o en la base de un escarpe labrado sobre la duna secundaria, atrapando gradualmente arena y acrecionando.

II.2. Terrazas

Descripción: Las dunas embrionarias de tipo aterrazado suelen formarse por una rápida y uniforme colonización de la playa alta por la vegetación, lo que causa una acumulación de arena en una extensa zona delante de la duna secundaria. Se forman cuando tiene lugar un rápido crecimiento de las plantas a través de la playa alta, especialmente en playas que experimentan una rápida acreción. El crecimiento hacia mar de las plantas aproximadamente coincide con la tasa de acreción sedimentaria. Las plantas crecen a través de o sobre la playa alta, que experimenta una baja acreción de arena (como en algunas playas de baja energía), bien porque existe una moderada densidad de plantas o bien porque la altura de las plantas dominantes es baja.

II.3. Cordones

Descripción: Las formaciones embrionarias en cordón suponen un proceso de coalescencia alineada de pequeños montículos de arena formados por ejemplares aislados de vegetación pionera. En ese

último caso, entre la duna embrionaria y el cordón de la duna secundaria, suele formarse una pequeña depresión a la que se da el nombre de *swale*. Los cordones se forman cuando las tasas de acreción son relativamente rápidas y la sedimentación de arena tiene lugar fundamentalmente en el borde de barlovento de la zona vegetada. En este caso, la densidad de plantas y su altura son elevadas; las tasas de crecimiento de las plantas hacia barlovento son lentas en relación con las tasas de acreción sedimentaria. La formación de escarpes erosivos en la duna secundaria da lugar a una reubicación de la sedimentación eólica hacia la base del escarpe, con el posterior relleno del escarpe y sedimentación en la cresta. Este proceso también conduce al desarrollo de morfologías en cordón, aunque no constituye un mecanismo fundamental. Los surcos (*swales*) entre los cordones embrionarios y los cordones de dunas secundarias se forman generalmente por la acreción de la duna secundaria hacia barlovento. Se desarrollan como zonas de sedimentación eólica baja o limitada y se hacen cada vez más profundos conforme crecen los cordones embrionarios. Gene-

ralmente, son muy continuos longitudinalmente, especialmente donde los vientos vienen de mar y la cobertera vegetal de las dunas embrionarias es moderada o alta. Sin embargo, cuando la cobertera vegetal es más irregular, o las dunas son más complejas, o cuando existen vientos tanto de mar como de tierra, los surcos son más aislados y muchas veces se confunden con *blowouts*. Los surcos también se pueden formar por deflación eólica, aunque este origen es muy raro.

2.4. ESPECIES DE LOS ANEXOS II, IV Y V

En la tabla 2.1. se citan especies incluidas en los anexos II, IV y V de la Directiva de Hábitats (92/43/CEE) y en el anexo I de la Directiva de Aves (79/409/CEE) que, según la información disponible y las aportaciones de las sociedades científicas de especies (SEBCP, AHE; SEO/BirdLife), se encuentran común o localmente presentes en el tipo de hábitat de interés comunitario 2110.

Tabla 2.1

Taxones incluidos en los anexos II, IV y V de la Directiva de Hábitats (92/43/CEE) y en el anexo I de la Directiva de Aves (79/409/CEE) que se encuentran común o localmente presentes en el tipo de hábitat 2110.

* **Afinidad:** Obligatoria: taxón que se encuentra prácticamente en el 100% de sus localizaciones en el hábitat considerado; Especialista: taxón que se encuentra en más del 75% de sus localizaciones en el hábitat considerado; Preferencial: taxón que se encuentra en más del 50% de sus localizaciones en el hábitat considerado; No preferencial: taxón que se encuentra en menos del 50% de sus localizaciones en el hábitat considerado.

Taxón	Anexos Directiva	Afinidad* hábitat	Afinidad* subtipo	Comentarios
PLANTAS				
<i>Androcymbium psammophilum</i> (Cav). McBride ¹	II, IV Taxón prioritario		Subtipo 1.2	Endemismo de Fuerteventura y Lanzarote. Habita en arenales más o menos estabilizados, preferentemente en zonas interiores en donde la influencia marina no es directa. Se encuentra sometido a posibles transformaciones agrarias de su área potencial, en especial en Lanzarote y desplazado por urbanizaciones en Fuerteventura (Corralejo)
<i>Lotus kunkelii</i> (Esteve) Bramwell & D. H. Davis ²	II, IV Taxón prioritario		Subtipo 1.2	Endemismo de Gran Canaria. Habita en arenales costeros, formando parte de las comunidades halo-psammófilas de <i>Polycarpaeo-Lotetum lancerottensis</i> . Sólo se conoce una única población, en la que el número de efectivos no alcanza la centena, por lo que se encuentra en un alto grado de amenaza

Datos aportados por la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP).

Referencias bibliográficas:

¹ Beltrán *et al.*, 1999; Reyes-Betancort *et al.*, 2004.
² Beltrán *et al.*, 1999; Navarro *et al.*, 2004; Oliva Tejera *et al.*, 2006.

► Continuación Tabla 2.1

Taxón	Anexos Directiva	Afinidad* hábitat	Afinidad* subtipo	Comentarios
ANFIBIOS Y REPTILES				
<i>Gallotia atlantica</i>	IV	No preferencial	No se aplica	

Datos aportados por la Asociación Herpetológica Española (AHE).

AVES				
<i>Larus melanocephalus</i> ¹	Anexo I Directiva Aves	No preferencial	Indeterminado Subtipo 1.1	Cría puntual pero con población en expansión, el contingente invernante utiliza este tipo de hábitat como zona de descanso con afinidad indeterminada. Dunas litorales del delta del Ebro
<i>Larus genei</i> ²	Anexo I Directiva Aves	No preferencial	Indeterminado Subtipo 1.1	Cría puntual en algunas dunas litorales del mediterráneo
<i>Larus audouinii</i> ³	Anexo I Directiva Aves	No preferencial	Indeterminado Subtipo 1.1	Cría puntual en algunas dunas litorales del mediterráneo
<i>Sterna nilotica</i> ⁴	Anexo I Directiva Aves	No preferencial	Indeterminado Subtipo 1.1	Cría puntual en algunas dunas litorales del mediterráneo, especialmente en el Delta del Ebro
<i>Sterna sandvicensis</i> ⁵	Anexo I Directiva Aves	No preferencial	Indeterminado Subtipo 1.1	Cría puntual en algunas dunas litorales del delta del Ebro
<i>Sterna hirundo</i> ⁶	Anexo I Directiva Aves	No preferencial	Indeterminado	Cría puntual en algunas dunas litorales
<i>Sterna albifrons</i> ⁷	Anexo I Directiva Aves	No preferencial	Indeterminado Subtipo 1.1	Cría puntual en algunas dunas litorales como el Delta del Ebro, costa alicantina o litoral onubense
<i>Chlidonias hybrida</i> ⁸	Anexo I Directiva Aves	No preferencial	Indeterminado Subtipo 1.1	Aplicable al Delta del Ebro

Datos aportados por la Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife).

Referencias bibliográficas:

- ¹ Molina, 2003; Arcos, 2004.
- ² Dies & Dies, 2004; Martínez-Vilalta *et al.*, 2004.
- ³ Oro & Martínez-Vilalta, 2004.
- ⁴ Bertolero, 2004.
- ⁵ Dies & Dies, 2003; Martínez-Vilalta, 2004.
- ⁶ Dies *et al.*, 2003; Hernández-Matías & González-Solís, 2004.
- ⁷ Sánchez, 2004; Bertolero & Motis, 2004.
- ⁸ Motis, 2004.

2.5. EXIGENCIAS ECOLÓGICAS

Adaptaciones funcionales de las plantas colonizadoras

Las especies de plantas que forman la vegetación de las dunas costeras están sometidas a un amplio conjunto de condiciones ambientales poco favorables para su establecimiento y desarrollo. El resultado es que la vegetación suele presentar un número limitado de especies y suele estar dominada por unas pocas. Las especies presentes pueden hacer frente a las espe-

ciales condiciones restrictivas gracias al desarrollo de una serie de adaptaciones y de respuestas frente a dichas condiciones (Ley *et al.*, 2007). Por ello, las especies de plantas de las dunas costeras en las zonas templadas del mundo presentan una gran similitud, morfológica y funcional, debido a las características físicas comunes de los ambientes costeros (Akeroid, 1997). En la tabla 2.2 elaborada por Ley *et al.* (2007) a partir de Hesp (1991), se resumen algunos de estos factores ambientales estresantes y las adaptaciones de las plantas, con algunos ejemplos de especies que normalmente habitan las costas españolas:

FACTOR AMBIENTAL	ADAPTACIÓN	EJEMPLOS
Spray salino	Resistencia/tolerancia/preferencia por la sal	<i>Cakile maritima</i> (resistente) <i>Salsola kali</i> (preferencia)
Enterramiento por arena	Estimulación del crecimiento Rizomas Estolones Bulbos	<i>Traganum moquinii</i> ; <i>Ammophila arenaria</i> ; <i>Elymus farctus</i> ; <i>Ammophila arenaria</i> ; <i>Elymus farctus</i> <i>Cyperus capitatus</i> ; <i>Carex arenaria</i> <i>Pancratium maritimum</i>
Inundación por agua del mar	Resistencia a la inundación	<i>Cakile maritima</i> ; <i>Salsola kali</i> ; <i>Elymus farctus</i> (limitada); <i>Traganum moquinii</i> ; <i>Zygophyllum fontanesii</i>
Sequía	Pérdida de hojas Suculencia Adaptaciones de las raíces Eficiencia en el uso del agua	Algunas especies <i>Cakile maritima</i> , <i>Carpobrotus</i> sp. Varias especies La mayoría de las especies
Alta intensidad de luz, altas temperaturas	Curvamiento de las hojas Colores claros y pubescencia Adaptaciones osmóticas	<i>Ammophila arenaria</i> <i>Otanthus maritimus</i> ; <i>Medicago marina</i> Muchas especies
Exposición al viento	Resistencia mecánica Formas aerodinámicas	Muchas especies Muchas especies: <i>Euphorbia peplis</i> (rastrera)
Salinidad del suelo	Resistencia a la sal Acumulación de sal Suculencia Adaptaciones osmóticas	<i>Salsola kali</i> <i>Salsola kali</i> <i>Cakile maritima</i> ; <i>Carpobrotus</i> sp.; <i>Traganum moquinii</i> ; <i>Zygophyllum fontanesii</i> Muchas especies
Pobreza en nutrientes	Fijación de nitrógeno Relaciones micorrízicas Retranslocación de nutrientes	Leguminosas Algunas especies: <i>Ammophila arenaria</i> <i>Carex</i> sp.
Erosión marina	Ciclo de vida anual Dispersión de semillas por agua Dispersión de semillas por el viento Rizomatosas Estoloníferas Bulbos	<i>Cakile maritima</i> ; <i>Salsola kali</i> ; <i>Linaria pedunculata</i> <i>Pancratium maritimum</i> Muchas especies <i>Ammophila arenaria</i> ; <i>Elymus farctus</i> <i>Cyperus capitatus</i> ; <i>Carex arenaria</i> <i>Pancratium maritimum</i>

Tabla 2.2

Factores ambientales y adaptaciones de las plantas al sistema playa-primer cordón dunar (Ley et al., 2007).

I. Dunas atlántico-mediterráneas

Valores fisiográficos

- Altitud: se desarrollan principalmente a nivel del mar, llegando a una altitud máxima de 5-6 metros (Sunding, 1972).
- Orientación: se distribuyen en todo tipo de orientaciones.
- Pendientes: debido a las características propias del tipo de hábitat, las pendientes son suaves.

Valores climáticos

- Temperaturas: en las costas de la España peninsular este tipo de hábitat se localiza en áreas con

temperaturas medias anuales muy variables, entre 12 y 20 °C, dependiendo de la región geográfica (fachada cantábrica, mediterránea o suratlántica). La oscilación térmica anual suele ser elevada, oscilando entre 8 °C (costa gallega) y más de 18 °C (costa mediterránea).

- Precipitaciones: Las precipitaciones medias anuales oscilan entre menos de 200 mm (litoral SE) y más de 2.000 mm (costa cantábrica), con valores entre 200 y 400 mm en los litorales levantino y suratlántico. Los regímenes pluviométricos son, asimismo, muy variables.

Valores litológicos

Se sustentan sobre depósitos sedimentarios, constituidos principalmente por arenas mixtas, en las que

suele dominar la componente organógena, de origen marino.

Valores edafológicos

Según la nomenclatura de la Soil Taxonomy (1998) se incluyen en el orden de los Aridisoles. Sin embargo, la movilidad de estas dunas dificulta la formación de suelos desarrollados (Clemente *et al.*, 1997).

Valores hidrológicos

Este tipo de hábitat se caracteriza por la ausencia de flujos superficiales de agua dulce. Hidrológicamente, tan sólo cabe destacar la inundación esporádica por agua salada de origen marino durante los temporales marítimos o durante mareas vivas muy es-

coradas. Salvo excepciones, el nivel freático oscila según las fluctuaciones mareales, especialmente en la costa atlántica, donde pueden superar los tres metros de rango.

Especies características y diagnósticas

En la tabla 2.3. se ofrece un listado con las especies que según las aportaciones de las Sociedades Científicas de Especies (SEBCP; CBIO; AHE; SEO/BirdLife y SECEM), pueden considerarse como características y/o diagnósticas del tipo de hábitat 2110. En ella, se encuentran caracterizados los diferentes taxones en función de su presencia y abundancia en este tipo de hábitat. Con el objeto de ofrecer la mayor precisión, siempre que ha sido posible la información se ha referido a los subtipos definidos según las asociaciones vegetales dominantes (ver apartado 2.2.2).

Tabla 2.3

Taxones que, según las sociedades científicas de especies (SEBCP, CIBIO, AHE, SEO/BirdLife; SECEM), pueden considerarse como característicos y/o diagnósticos del tipo de hábitat de interés comunitario 2110.

* **Presencia:** Habitual: taxón característico en el sentido de que suele encontrarse habitualmente en el tipo de hábitat; Diagnóstica: entendida como diferencial del tipo/subtipo de hábitat frente a otras; Exclusiva: taxón que sólo vive en ese tipo/subtipo de hábitat.

** **Afinidad** (sólo datos relativos a invertebrados): Obligatoria: taxón que se encuentra prácticamente en el 100% de sus localizaciones en el hábitat considerado; Especialista: taxón que se encuentra en más del 75% de sus localizaciones en el hábitat considerado; Preferencial: taxón que se encuentra en más del 50% de sus localizaciones en el tipo de hábitat considerado; No preferencial: taxón que se encuentra en menos del 50% de sus localizaciones en el tipo de hábitat considerado.

Con el objeto de ofrecer la mayor precisión, siempre que ha sido posible, la información se ha referido a los subtipos definidos en el apartado de subtipos según las morfologías dominantes (ver apartado 2.3).

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia/Afinidad**	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
PLANTAS						
<i>Atriplex glauca</i>	Dunas macaronésicas	—	Habitual	Escasa, Moderada	Perenne	—
<i>Cakile maritima</i> subsp. <i>integrifolia</i>	Dunas atlántico-mediterráneas	—	Habitual, diagnóstica	Dominante	Anual	—
<i>Cakile maritima</i> subsp. <i>maritima</i>	Dunas atlántico-mediterráneas	—	Habitual, diagnóstica	Dominante	Anual	—
<i>Chamaesyce peplis</i>	Dunas atlántico-mediterráneas	—	Habitual, diagnóstica	Rara	Anual	—
<i>Cyperus capitatus</i>	Dunas macaronésicas	—	Habitual	Rara, Escasa	Perenne	—
<i>Elymus farctus</i> subsp. <i>boreali-atlanticus</i>	Dunas atlántico-mediterráneas	—	Habitual, diagnóstica	Dominante	Perenne	—
<i>Elymus farctus</i> subsp. <i>farctus</i>	Dunas atlántico-mediterráneas	—	Habitual, diagnóstica	Dominante	Perenne	—

► Continuación Tabla 2.3

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia/Afinidad**	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
PLANTAS						
<i>Euphorbia paralias</i>	Dunas macaronésicas	—	Diagnóstica	Escasa	Perenne	—
<i>Honckenya peploides</i>	Dunas atlántico-mediterráneas	—	Habitual, diagnóstica	Escasa	Perenne	—
<i>Limonium papillatum</i>	Dunas macaronésicas	—	Habitual	—	Perenne	—
<i>Lotus arinagensis</i>	Dunas macaronésicas	—	Habitual	Rara	Perenne	—
<i>Lotus kunkelii</i>	Dunas macaronésicas	—	Habitual	Rara	Perenne	—
<i>Lotus lancerotensis</i>	Dunas macaronésicas	—	Habitual	Rara, escasa	Perenne	—
<i>Lotus sessilifolius</i>	Dunas macaronésicas	—	Habitual	Escasa-moderada	Perenne	—
<i>Medicago marina</i>	Dunas macaronésicas	—	Diagnóstica	Rara, escasa	Perenne	—
<i>Ononis hesperia</i>	Dunas macaronésicas	—	Habitual	Rara	Anual	—
<i>Ononis tournefortii</i>	Dunas macaronésicas	—	Habitual	Rara, escasa	Anual	—
<i>Polycarpea nivea</i>	Dunas macaronésicas	—	Habitual	Rara-escasa	Perenne	—
<i>Polygonum balansae</i> var. <i>tectifolium</i>	Dunas macaronésicas	—	Habitual	Escasa	Perenne	—
<i>Polygonum maritimum</i>	Dunas macaronésicas	—	Diagnóstica	Escasa	Perenne	—
<i>Sporobolus pungens</i>	Dunas atlántico-mediterráneas	—	Habitual, diagnóstica	Dominante	Perenne	—
<i>Traganum moquinii</i>	Dunas macaronésicas	—	Habitual	—	Perenne	—

Datos aportados por la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP)-

Referencias bibliográficas: Rivas Martínez *et al.*, 2001.**INVERTEBRADOS**

<i>Paratriodonta alicantina</i> (Reitter, 1890)	Dunas atlántico-mediterráneas	Alicante, Murcia	—	Preferencial	Florícola, dunas litorales e interior	—
<i>Pimelia granulicollis</i> (Wollaston, 1864)	Dunas macaronésicas	Gran Canaria	—	Especialista	Detritífaga, medio arenoso	—
<i>Pimelia modesta</i> (Herbst, 1799)	Dunas atlántico-mediterráneas	Sureste peninsular	—	Especialista	Detritífaga, dunas costeras	—
<i>Pseudoseriscius munyozii</i> (Viñolas, 1997)	Dunas atlántico-mediterráneas	Cabo de Gata	—	Especialista	Zonas arenosas litorales	—

Sigue ►

► Continuación Tabla 2.3

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia/Afinidad**	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
INVERTEBRADOS						
<i>Scarabaeus semipunctatus</i> (Fabricius, 1792)	Dunas atlántico-mediterráneas	Litoral Mediterráneo	—	Preferencial	Especie coprófaga	—
<i>Zabrus pinguis</i> (Dejean, 1831)	Dunas atlántico-mediterráneas	Noroeste peninsular	—	Obligatoria	Dunas litorales bien conservadas	—

Datos aportados por el Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CBIO, Instituto Universitario de Investigación, Universidad de Alicante).

Referencias bibliográficas: Verdú & Galante, 2006.

ANFIBIOS Y REPTILES						
<i>Acanthodactylus erythrurus</i>	Dunas atlántico-mediterráneas	—	Habitual	Muy abundante	—	—
<i>Gallotia atlantica</i>	Dunas atlántico-mediterráneas	—	Habitual	Moderada	—	—
<i>Podarcis bocagei</i>	Dunas atlántico-mediterráneas	—	Habitual	Rara	—	—
<i>Podarcis carbonelli</i>	Dunas atlántico-mediterráneas	—	Habitual	Rara	—	—
<i>Psammodromus algeris</i>	Dunas atlántico-mediterráneas	—	Habitual	Rara	—	—

Datos aportados por la Asociación Herpetológica Española (AHE).

AVES						
<i>Arenaria interpres</i> ¹	No se aplica	—	Habitual	Moderada	Principalmente durante la migración prenupcial y postnupcial y como invernante	Dunas embrionarias o primarias
<i>Calidris alba</i> ²	No se aplica	—	Habitual	Moderada	Principalmente durante la migración prenupcial y postnupcial y como invernante	Dunas embrionarias o primarias
<i>Charadrius alexandrinus</i> ³	No se aplica	—	Habitual	Moderada	Reproductora primavera y una pequeña población sedentaria	Muy sensible durante la época reproductora a la destrucción o alteración del hábitat dunar, que provocan la pérdida de las puestas
<i>Chlidonias hybrida</i> ⁴	No se aplica	—	Habitual	Rara	Reproductora primavera e invernante	Aplicable al Delta del Ebro
<i>Haematopus ostralegus</i> ⁵	No se aplica	—	Habitual	Rara	Principalmente como invernante y población reproductora muy reducida	Pequeña población reproductora en el Delta del Ebro, en playas arenosas, dunas de pequeño tamaño y con escasa vegetación. En invierno, utiliza las zonas de dunas embrionarias o primarias más cercanas al mar para descanso y alimentación.

► Continuación Tabla 2.3

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia/Afinidad**	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
AVES						
<i>Larus audouinii</i> ⁶	No se aplica	—	Habitual	Escasa	Reproductora primavera e invernante	—
<i>Larus fuscus</i> ⁷	No se aplica	—	Habitual	Moderada	Migración e invernante	Con frecuencia utiliza estos medios para el descanso y reposo
<i>Larus genei</i> ⁸	No se aplica	—	Habitual	Escasa	Reproductora primavera e invernante	—
<i>Larus melanocephalus</i> ⁹	No se aplica	—	Habitual	Rara	Reproductora primavera e invernante	—
<i>Larus michahellis</i> ¹⁰	No se aplica	—	Habitual	Moderada	Durante todo el año	Con frecuencia utiliza estos medios para el descanso y reposo
<i>Larus ridibundus</i> ¹¹	No se aplica	—	Habitual	Moderada	Reproductora primavera e invernante	Concentrada en colonias puntuales durante la reproducción; más ampliamente distribuidas en invierno y movimientos migratorios.
<i>Sterna albifrons</i> ¹²	No se aplica	—	Habitual	Escasa	Reproductora primavera e invernante	—
<i>Sterna hirundo</i> ¹²	No se aplica	—	Habitual	Escasa	Reproductora primavera e invernante	—
<i>Sterna nilotica</i> ¹³	No se aplica	—	Habitual	Escasa	Reproductora primavera e invernante	—
<i>Sterna sandvicensis</i> ¹⁴	No se aplica	—	Habitual	Escasa	Reproductora primavera e invernante	—
<i>Zabrus pinguis</i> ¹⁵	Dunas atlántico-mediterráneas	Noroeste peninsular	—	Obligatoria	Dunas litorales bien conservadas	—

Datos aportados por la Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife).

Referencias bibliográficas:

- ¹ Motis, 2004.
- ² De Souza & Domínguez, 1989; Díaz *et al.*, 1996; Figuerola & Amat, 2003; Lorenzo & Barone, 2007; SEO-Málaga, 2007.
- ³ De Souza & Domínguez, 1989; Díaz *et al.*, 1996; Figuerola & Amat, 2003; Lorenzo & Barone, 2007.
- ⁴ Díaz *et al.*, 1996; Dies & Dies, 2003, 2004; Martínez-Vilalta, 2004.
- ⁵ Tellería *et al.*, 1999.
- ⁶ Martínez *et al.*, 2004.
- ⁷ Bermejo & Mouríño, 2003; Díaz *et al.*, 1996.
- ⁸ Díaz *et al.*, 1996.
- ⁹ Hortas & Mouríño, 2004; Bigas, 2004.
- ¹⁰ Molina, 2003; Arcos, 2004.
- ¹¹ Martínez-Vilalta *et al.*, 2004.
- ¹² Bertolero, 2004.
- ¹³ Cantos, 2003; Díaz *et al.*, 1996.
- ¹⁴ Dies *et al.*, 2003.
- ¹⁵ Dejan, 1831.

Sigue ►

► Continuación Tabla 2.3

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia/Afinidad**	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
MAMÍFEROS						
<i>Lepus granatensis</i>	—	—	Habitual	Escasa	Todo el año	En Doñana es una especie común en las dunas móviles litorales casi desprovistas de vegetación situadas en la franja litoral

Datos aportados por la Sociedad Española de Estudio y Conservación de los Mamíferos (SECEM), según informe realizado por la SECEM en el área sur de la Península Ibérica.

Referencias bibliográficas: Blanco, 1998.

Desde el punto de vista de la vegetación, el subtipo correspondiente a las dunas atlántico-mediterráneas normalmente está caracterizada por presentar una vegetación de porte herbáceo, con una escasa cobertura y constituida por un número reducido de taxones. Estructuralmente, constituye una comunidad monoestrata, siendo dominantes los hemicriptófitos, geófitos y caméfitos. En ocasiones, puede aparecer un estrato arbustivo formado principalmente por nanofanerófitos. La especie vegetal diagnóstica es *Elymus farctus*, con dos subespecies, *E. farctus* subsp. *farctus*, en las costas mediterráneas, y *E. farctus* subsp. *boreali atlanticus* (= *Agropyrum junceiforme*), en el litoral atlántico peninsular.

Existe una transición hacia dunas móviles con *Ammophila* a través de asociaciones que pueden estar presentes en ambos tipos de hábitat (2110, Dunas móviles embrionarias y 2120, Dunas móviles de litoral con *Ammophila arenaria* (dunas blancas). La Asociación *Agropyrum junceum* y *Cyperus mucronatus* incluye *Cyperus capitatus*. La Asociación *Euphorbia paralias* de *Ammophiletea* incluye *Euphorbia paralias*, *Euphorbia peplis*, *Eryngium maritimum*, *Calystegia soldanella* y *Polygonum maritimum*. La subasociación *Otanthesum maritimi* se considera un estadio transitorio hacia la formación de comunidades de dunas blancas (con *Ammophila*) y se acompaña de la arenaria de mar (*Honckenya peploides*), la lechetrezna de duna (*Euphorbia paralias*, diagnóstica de este tipo de hábitat), el cardo marino (*Eryngium maritimum*), el nardo marítimo (*Pancratium maritimum*) o *Calystegia soldanella* (campanilla de las dunas, campanilla de arena o enredadera de las dunas), así como *Cymodocea nodosa*, *Cakile maritima* ssp. *maritima*, *Salsola kali* ssp. *kali*, *Otanthes maritimus*, *Ammophila arenaria* ssp. *arundina-*

cea, *Sporobolus arenarius*, *Sporobolus pungens*, *Silene littorea*, *Silene nicaensis*, *Ononis variegata*, *Pseudorlaya pumila* y *Polygonum maritimum*. *Salsola kali* es una planta frecuente en este medio, aunque también aparece en el interior (Castroviejo & Luceño, 2002), por lo que hay autores que la consideran especie típica de este tipo de hábitat.

Otras plantas típicas de superficies más estables en dunas embrionarias y de la zona baja de frentes de primarias son *Pseudorlaya pumila*, *Silene nicaensis*, *Silene littorea*, *Otanthes maritimus* (más abundante en dunas primarias), *Ononis variegata*, *Medicago marina* y *Calystegia soldanella*, así como *Lotus creticus*, *Medicago maritima*, *Crucianella maritima*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Polygonum maritimum*, *Corynephorus canescens* y *Festuca arundinacea* ssp. *atlantigena* (García Novo, 1997).

Entre la fauna característica destacan los invertebrados, fundamentalmente insectos, de los géneros *Cicindela* y *Scarites*, así como *Limaneum abeillei*, *Anemia submetallica*, *Phaleria acuminata*, *Pseudosericius pruinosus*, *Xanthomus pellucidus*, *Dicranocephalus* o *Graphosoma*. Los escasos vertebrados están representados fundamentalmente por *Acanthodactylus erythrurus* (lagartija colirroja), *Tarentola mauritanica* (salamanquesa) o *Malpolon monspessulanus* (culebra bastarda).

Variación estacional

Dado que las plantas características de este tipo de hábitat y que dan funcionalidad al sistema son anuales, no se aprecia una variación estacional significativa en el funcionamiento del mismo.

Dinámica del sistema

Elymus farctus es una especie característica de esta unidad, debido a su crecimiento clonal y potencial fijador combinado con su tolerancia a la salinidad de aerosoles y salpicaduras. De hecho, en muchos tramos costeros, aparece asociada junto con *Eryngium maritimum* a esta primera zona de acumulación de arenas en pequeños montículos.

El barrón (*Ammophila arenaria*) es una especie considerada clave en las dunas primarias de mayor elevación. Aparece en muchas ocasiones en las dunas embrionarias cercanas a la zona de rompientes y con escasa altura de arena. Tal es el caso también de la fabácea *Lotus creticus*, así como de *Pancratium maritimum*. En ocasiones, también la poácea *Sporobolus pungens* o bien la ciperácea *Cyperus capitatus* (aunque esta última es más frecuente tierra adentro, en las dunas primarias) forman montículos de arena con clara persistencia debido a su crecimiento clonal y tienen un papel similar al de la especie ya mencionada, *Elymus farctus*.

Si bien a veces las dunas embrionarias se pueden asociar con montículos de pequeño porte más próximas al mar, su morfología puede ser bastante variable, dependiendo de la especie de planta que se asiente en primer lugar y de su porte. Así, por ejemplo, el Barrón (*Ammophila arenaria*), especie perenne, de crecimiento rápido y mayor porte, actúa más activamente en la fijación de arena y puede dar lugar a dunas embrionarias aisladas de forma más o menos redondeada. Sin embargo, cuando las especies que colonizan esta primera línea de la playa son anuales o de pequeño porte (*Sporobolus pungens*, *Salsola kali*, *Cakile maritima*), puede no reconocerse con claridad la presencia de pequeños montículos, sino sólo algunos pies dispersos en zonas muy batidas por el viento que dan lugar a estructuras de acumulación de escasa entidad, de morfología muy variable y muy cambiantes de un año a otro. Estas especies son pioneras especialistas, por su adaptación a condiciones extremas de viento, salinidad, abrasión, etc. y en general acumulan poca arena, pero pueden facilitar el asentamiento de otras especies que darán lugar a las dunas primarias.

No obstante, no todas las plantas pioneras evolucionan hacia dunas embrionarias estables. Los montículos pueden durar un sólo año si son de especies

anuales, o a lo sumo dos o tres años si el sector costero tiene una dinámica sedimentaria estable o regresiva. En este último caso, existe un número relativamente alto de especies perennes que pueden colonizar la playa seca, como *Polygonum maritimum*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, entre otras. Todas las especies de plantas que colonizan la playa seca en condiciones progradantes contribuyen, en mayor o menor medida, a la formación de dunas embrionarias estables junto con *A. Arenaria* y *E. Farctus*.

Este hábitat incluiría también las pequeñas zonas de deflación en la zona alta de la playa, donde aparece algo de vegetación adaptada a medios arenosos, con *Crucianella maritima*, *Helichrysum picardii*, *Malcolmia littorea*, *Polygonum maritimum*, *Corynephorus canescens* y *Festuca arundinacea* ssp. *atlantigena* (García Novo, 1997).

II. Dunas macaronésicas

Las distintas asociaciones vegetales identificadas en este subtipo presentan unas exigencias ecológicas semejantes en cuanto a los factores fisiográficos, climáticos, litológicos y edafológicos, al desarrollarse en un limitado rango altitudinal, marcado por presentar una gran homogeneidad. No obstante, podrían presentar variaciones significativas conforme lo hiciese la dinámica sedimentaria eólica.

Valores fisiográficos

- Altitud: se desarrollan principalmente a nivel del mar, llegando a una altitud máxima de 5-6 m (Sunding, 1972).
- Orientación: se distribuyen en todo tipo de orientaciones.
- Pendientes: debido a las características propias de este tipo de hábitat, las pendientes son suaves.

Valores climáticos

- Temperaturas: este tipo de hábitat se localiza en áreas con un termotipo inframediterráneo. Las temperaturas medias anuales son de 20-21 °C, existiendo una escasa amplitud térmica anual.
- Precipitaciones: corresponde a un ombrotipo hiperárido o árido. Las precipitaciones medias

anuales son inferiores a los 100 mm, si bien se caracterizan por su irregularidad anual e interanual, y su torrencialidad. Se concentran principalmente entre los meses de octubre y febrero.

Valores litológicos

Se sustentan sobre depósitos sedimentarios, constituidos principalmente por arenas mixtas, en las que suele dominar la componente organógena, de origen marino.

Valores edafológicos

Según la nomenclatura de la Soil Taxonomy (1998) se incluyen en el orden de los Aridisoles.

Valores hidrológicos

Este hábitat se caracteriza por la ausencia de flujos superficiales de agua dulce. Hidrológicamente tan sólo cabe destacar la inundación esporádica por agua salada de origen marino durante los temporales marítimos o durante mareas vivas muy escoradas. Salvo excepciones, el nivel freático oscila según las fluctuaciones mareales, especialmente en la costa atlántica, donde pueden superar los 3 m de rango.

Especies características y diagnósticas (ver tabla 2.3.)

Al igual que en el caso anterior, este subtipo también se caracteriza por presentar una vegetación de porte herbáceo, con una escasa cobertura y constituida por un número reducido de taxones. Estructuralmente, constituye una comunidad monoestrata, siendo dominantes los hemcriptófitos, geófitos y caméfitos. Puede aparecer en ocasiones un estrato arbustivo formado principalmente por nanofanerófitos. Las especies características son: *Cyperus capitatus*, *Euphorbia paralias*, *Polycarpaea nivea*, y diferentes especies de *Lotus* spp. Puede estar acompañada de algunos nanofanerófitos de apetencias psamófilas y/o halófilas, como *Zygophyllum fontanesii*, *Traganum moquinii* o *Launaea arborecens*.

***Euphorbio paraliasi-Cyperetum capitati*:** La comunidad de la lechetrezna de playa y juncia marina se caracteriza principalmente por las especies *Cyperus capitatus* y *Euphorbia paralias*. Otras especies que también intervienen en ella son: *Polygonum balansae* var. *tectifolium* y *Polygonum maritimum*. En esta comunidad vegetal el estrato herbáceo es dominante.

***Polycarpaeo-Lotetum lancerotensis*:** La comunidad del aladillo blanco y corazoncillo se caracteriza por su porte achaparrado, donde el estrato arbustivo es dominante. Esta dominado por los caméfitos *Polycarpaea nivea*, *Heliotropium ramosissimum*, y diferentes especies del género *Lotus*, de la sección *Pedrosia*, dependiendo de la isla: en Lanzarote y Fuerteventura, *Lotus lancerotensis* y *L. sessilifolius*; en Gran Canaria, *Lotus kunkelii* y *Lotus arinagensis*. Pueden aparecer otras especies, como el nanofanerófito *Launaea arborecens* y el caméfito *Ononis hesperia*. Además, en esta comunidad se reconoce la subasociación *ononidetosum hesperiae*, endémica de Fuerteventura y Lanzarote y caracterizada por *Ononis hesperia*, así como facies de *Cyperus capitatus*, de *Zygophyllum fontanesii* y, en Fuerteventura, la variante con *Salsola divaricata*. Finalmente, la comunidad correspondiente a los pastizales de melosa de arenas y juncia marina (*Ononido tournefortii-Cyperetum capitati*), se caracteriza por las especies *Ononis tournefortii* y *Cyperus capitatus* (Arco Aguilar (Director) et al., 2006).

Cabe destacar la presencia en este hábitat de algunas especies muy amenazadas como, por ejemplo, *Lotus arinagensis*, endemismo grancanario que se considera En Peligro Crítico (CR) (Navarro et al., 2004a), o *Lotus kunkelii* que, como en el caso anterior, también es una especie endémica de Gran Canaria En Peligro Crítico (CR) (VV. AA., 2000; Navarro et al., 2004b). También se puede subrayar la presencia en Fuerteventura de *Ammophila arenaria* y *Pancreatium maritimum*, dos especies típicas de este hábitat pero cuya presencia es rara y está amenazada por los usos turísticos de este territorio. Con respecto a las especies *Polygonum balansae* var. *tectifolium* y *P. maritimum* ver también Navarro Déniz et al. (2005) y González Pérez et al. (2007). En relación con el género *Lotus* puede consultarse Oliva Tejera et al. (2005) y Batista et al. (2007).



3. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN

3.1. DETERMINACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA SUPERFICIE OCUPADA

Método para calcular la superficie

Considerando la limitación de este tipo de hábitat, definido por la disponibilidad de sustrato arenoso móvil, y por la topografía (hasta 1 m de altitud, en pendientes suaves), la forma de calcular su área de distribución potencial por medio de la modelización de variables ambientales, como la búsqueda selectiva en un sistema de información geográfica, es relativamente sencilla. En este caso se haría uso de técnicas de teledetección de alta resolución espacial (vuelos LIDAR) o, preferentemente, de trabajos de fotointerpretación a escala detallada, para la delimitación de los arenales y, por otro lado se contaría con la información altimétrica (mapas topográficos detallados).

Sin embargo, teniendo en cuenta las reducidas dimensiones que alcanzan los montículos arenosos, así como los ejemplares de las distintas especies que caracterizan este tipo de hábitat, para la realización del cálculo de su distribución real no parece viable el empleo de técnicas de teledetección, incluso haciendo uso de imágenes de alta resolución espacial, o de trabajos de fotointerpretación, sin el necesario apoyo del trabajo de campo.

Directrices

Como primer paso, la técnica más adecuada es la fotointerpretación. Aunque se recomienda el uso de ortofotos, la escasa altitud del relieve asociado a este tipo de hábitat hace que las medidas realizadas sobre pares estereoscópicos introduzcan errores muy pequeños. Se recomienda el uso de fotogramas aéreos de pequeña escala y máxima resolución, 1:5.000, 1:10.000, o como máximo, 1:18.000. Dada la escasa cobertera vegetal acompañante a las dunas em-

brionarias, no es obligatorio disponer de fotografías a color o en falso color.

La visión estereoscópica permite identificar los primeros relieves arenosos muy bajos localizados en la zona más alta de la playa, próximos a las acumulaciones dunares de mayor porte que forman el primer cordón continuo (dunas secundarias, con *Ammophila*). En la imagen aérea estos relieves arenosos bajos se caracterizan por presentar una textura ligeramente terrosa y un color gris algo más oscuro que el típico de la playa seca, fruto del leve oscurecimiento provocado por la cobertera vegetal.

No obstante, la no identificación de esta unidad en la foto aérea no tiene por qué indicar ausencia de dicho tipo de hábitat, y a veces la extensión delimitada en la imagen no coincide exactamente con el alcance areal real del mismo. Por ello se requiere un trabajo complementario de campo, que permita caracterizar los límites del tipo de hábitat en las zonas más problemáticas o de peor definición en la fotografía aérea. Se recomienda utilizar GPS, de modo que las coordenadas de los límites elegidos como más representativos del tipo de hábitat se puedan representar sobre una cartografía georeferenciada, y su extensión se pueda calcular con ayuda de las funciones de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Superficie favorable de referencia

Consideraciones

Considerando la ausencia de datos acerca de este tipo de hábitat en España, no es posible hacer una estimación de su superficie favorable de referencia, sin abordar antes trabajos de investigación, como los relativos a la dinámica del hábitat. Los criterios que debieran establecerse para seleccionar las localidades de mayor relevancia, que indicarían la superficie mínima que debería tener el tipo de hábitat para ser considerado estable, o en crecimiento son:

Con respecto a la elección de un escenario temporal inicial para evaluar el cambio en el área de distribución, se podría considerar como fecha de inicio mediados o finales de la década de 1990, dado que en esos años se llevaron a cabo en distintas comunidades autónomas españolas vuelos fotogramétricos de alta resolución espacial, de los que generalmente se derivaron productos cartográficos de interés para la caracterización del tipo de hábitat, como mapas topográficos de gran detalle (1:5.000, 1:10.000) y ortofotos, lo que garantizaría la calidad de los resultados, especialmente por lo que a la identificación de espacios arenosos con presencia de dunas embrionarias se refiere. Los recientes mapas topográficos digitalizados a escalas 1:5.000 e inferiores, elaborados por algunas comunidades autónomas, ofrecen una mayor garantía como bases cartográficas de mayor precisión.

No conocemos ningún trabajo previo en el que se defina una posible área mínima favorable, que pudiera servir como superficie de referencia. Creemos que ésta debería deducirse a partir de la búsqueda selectiva de información temática, considerando como parámetros básicos los relativos a la topografía, localización del sustrato arenoso móvil, estado de naturalidad del sistema y su tendencia reciente a la estabilidad o a la expansión, datos que en su mayoría se desconocen para este tipo de hábitat en España. No obstante, en la actualidad la Sociedad Española de Geomorfología patrocina la elaboración de un libro titulado *Las dunas en España*, escrito por un elevado número de autores y coordinado por tres de los autores de la presente ficha (Eulalia Sanjaume, F. Javier Gracia y Germán Flor). El libro, que se espera esté finalizado y publicado para comienzos del año 2009, incluye un repaso por todos los principales sistemas dunares de nuestro país, su caracterización, variabilidad, evolución reciente, etc. Cabe esperar que dicha recopilación ayude a avanzar en el conocimiento sobre la distribución de este tipo de hábitat.

En cualquier caso, las dunas embrionarias suelen presentar alturas menores en la mayoría de los casos a 1 m y anchuras inferiores a los 100 m. Su longitud es mucho más variable, pudiendo ocupar desde apenas 100 m hasta varios kilómetros, como sucede en Doñana. El carácter pionero de las plantas características de este tipo de hábitat hace que pueda estar ya presente simplemente en forma de pequeños parches incipientes, de apenas 20-30 cm de al-

tura por 2-3 m de diámetro.

Dado que este tipo de hábitat constituye el núcleo a partir del cual se desarrollan otros tipos de hábitat dunares más desarrollados, y puesto que el transporte de arena hacia los demás cordones dunares a menudo se realiza a través de estas acumulaciones pioneras, las dimensiones mínimas que debe ocupar el tipo de hábitat 2110 están muy condicionadas por la capacidad de conexión con los demás tipos de hábitat dunares contiguos, especialmente el primer cordón de dunas perteneciente al tipo de hábitat 2120, Dunas móviles de litoral con *Ammophila Arenaria* (dunas blancas). Tanto es así, que la ausencia del tipo de hábitat 2110 pone en serio peligro la existencia del tipo de hábitat 2120. Por tanto, hay que considerar que las dunas embrionarias, si bien están tratadas como un tipo de hábitat independiente, constituyen una parte fundamental del sistema dunar activo, y de aquéllas depende que éste perviva. Tanto unas como otras forman a menudo franjas estrechas, de apenas 10 m de anchura. Existen así sistemas dunares estables formados por estos dos tipos de hábitat que en conjunto no alcanzan los 20 m de envergadura. Por otro lado, la longitud del sistema puede ser muy variable, desde apenas 100 m a varios kilómetros. En resumen, las dimensiones mínimas que puede alcanzar un sistema dunar estable en su expresión más sencilla puede evaluarse en unos 2.000 m² (0,2 has), considerando como tal el formado por un conjunto de dunas incipientes y el primer cordón desarrollado con barrón. Este podría ser el valor mínimo indispensable para poder abordar labores de conservación o, mejor, de recuperación del sistema dunar, con el objeto de aumentar en lo posible su superficie.

La altura de las acumulaciones también varía según los tipos morfológicos. Los montículos vegetados aislados (*hummocks*), generalmente indicativos de una situación inestable, pueden tener alturas pequeñas, inferiores a 1 m. Un sistema dunar con posibilidades de desarrollo sería aquél en el que los primeros cordones dunares vegetados con barrón tienen alturas medias no inferiores a los 0,5 m, y preferentemente superiores a 1 m.

En estos casos, las labores de protección deberían centrarse fundamentalmente, en las franjas ocupadas por las dunas embrionarias y por las dunas con barrón; si ambas crecen, con el tiempo, el sistema

dunar puede desarrollarse y dar lugar a la generación de nuevos hábitat. El crecimiento de un sistema dunar local se favorece si se protege la zona de aporte de arena, es decir, la playa de la que se alimenta. En ese sentido, los planes de protección o de recuperación dunar deberían incluir medidas de protección de la calidad de las playas colindantes, evitando en lo posible el trasiego de personas y vehículos que pudieran apelmazar la arena e impedir una continua alimentación natural de la playa a la duna.

En España, este tipo de hábitat presenta un claro carácter regresivo, por lo que se recomienda considerar como superficie favorable de referencia, la superficie ocupada por este tipo de hábitat actualmente en todos los sistemas dunares enumerados en el capítulo 1, con un estado de conservación favorable.

3.2. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ESPECIES TÍPICAS

En la tabla 3.1. se ofrece un listado con las especies que, según la información disponible y las aportaciones de las sociedades científicas de especies (SEBCP y SECEM), pueden considerarse como típicas del tipo de hábitat de interés comunitario 2110. Se consideran especies típicas a aquellos taxones relevantes para mantener el tipo de hábitat en un estado de conservación favorable, ya sea por su dominancia-frecuencia (valor estructural) y/o por la influencia clave de su actividad en el funcionamiento ecológico (valor de función). Con el objeto de ofrecer la mayor precisión, siempre que ha sido posible, la información se ha referido a los subtipos definidos en el apartado referente a los subtipos según las morfologías dominantes.

Tabla 3.1

Identificación y evaluación de los taxones que, según la información disponible y las aportaciones de las sociedades científicas de especies (SEBCP; SECEM), pueden considerarse como típicos del tipo de hábitat de interés comunitario 2110.

* **Nivel de referencia:** indica si la información se refiere al tipo de hábitat en su conjunto, a alguno de sus subtipos y/o a determinados LIC.

** **Opciones de referencia:** 1: taxón en la que se funda la identificación del tipo de hábitat; 2: taxón inseparable del tipo de hábitat; 3: taxón presente regularmente pero no restringido a ese tipo de hábitat; 4: taxón característico de ese tipo de hábitat; 5: taxón que constituye parte integral de la estructura del tipo de hábitat; 6: taxón clave con influencia significativa en la estructura y función del tipo de hábitat.

*** **CNEA** = *Catálogo Nacional de Especies Amenazadas*.

Con el objeto de ofrecer la mayor precisión, siempre que ha sido posible la información se ha referido a los subtipos definidos en el apartado 2.3.

Taxón	Nivel* y opciones de referencia**	Directrices Estado Conservación						Comentarios
		Área de distri- bución	Extensión y calidad del tipo de hábitat	Dinámica de po- blaciones	Categoría de Ame- naza UICN		CNEA***	
					España	Mundial		
PLANTAS								
<i>Cakile maritima</i> Scop. subsp. <i>integrifolia</i> ¹ (Hornem.) Greuter & Burdet	Subtipo 1.1 (1, 2, 4, 5, 6)	Costas atlánticas entre Lisboa y Noruega. Espa- ña: Bi, C, Lu, O, Po, S, SS	Desconocida	Desconocida	—	—	—	—
<i>Cakile maritima</i> ² Scop. subsp. <i>maritima</i>	Subtipo 1.1 (1, 2, 4, 5, 6)	Costas medite- rráneas y atlánti- cas por debajo del Tajo hasta Marruecos. Es- paña: A, Al, B, Ca, Cs, Ge, Gr, H, Ma, Mu, PM, T, V	Desconocida	Desconocida	—	—	—	—
<i>Honckenya peploides</i> ³ (L.) Ehrh.	Subtipo 1.1 (1, 2, 4, 5, 6)	Holártica. P. Ibéri- ca: Eurosiberia- na. España: Bi, C, Lu, O, Po, S, SS	Desconocida	Desconocida	—	—	—	—

► Continuación Tabla 3.1

Taxón	Nivel* y opciones de referencia**	Directrices Estado Conservación						Comentarios
		Área de distri- bución	Extensión y calidad del tipo de hábitat	Dinámica de po- blaciones	Categoría de Ame- naza UICN		CNEA***	
					España	Mundial		
PLANTAS								
<i>Chamaesyce peplis</i> ⁴ (L.) Prokh.	Subtipo 1.1 (1, 2, 4, 5, 6)	Litoral mediterrá- neo y atlántico europeo desde España a Nor- mandía. España: todas las provin- cias litorales	En recesión por alteración del há- bitat	Desconocida	Vulnera- ble (VU)	—	—	—
<i>Elymus farctus</i> (Viv.) Runemark subsp. <i>farctus</i> ⁵	Subtipo 1.1 (1, 2, 3, 4, 5, 6)	Costas medite- rráneas (Talave- ra, 1987)	Desconocida	Desconocida	—	—	—	—
<i>Elymus farctus</i> (Viv.) Runemark subsp. <i>boreali- atlanticus</i> ⁶ (Simonet & Guinochet) Melderis	Subtipo 1.1 (1, 2, 3, 5, 6)	Costas atlánticas del N y W de Eu- ropa, W de Ma- rruecos y Maca- ronesia (Talavera, 1987)	Desconocida	Desconocida	—	—	—	—
<i>Sporobolus pungens</i> ⁷ (Schreber) Kunth.	Subtipo 1.1 (1, 2, 3, 5, 6)	Costas del medi- terráneo occi- dental llegando a Turquía por el N. España Litoral mediterráneo y atlántico del S de la Península: A, Al, B, Ca, Cs, Ge, H, Ma, Mu, T, V.	Desconocida	Desconocida	—	—	—	Costa & Mansanet (1981) dicen que no es una planta especí- fica de las dunas y que responde a am- bientes nitrificados en la costa valenciana
<i>Polygonum balansae</i> var. <i>tectifolium</i> ⁸	Subtipo 1.2 (1, 2, 4, 5, 6)	¿Endemismo Canario? Los da- tos moleculares no parecen con- firmar la inde- pendencia del taxón respecto de <i>Polygonum maritimum</i>	Desconocida	Desconocida	—	—	—	Se trata de una plan- ta característica de la alianza <i>Polycar- paeo niveae-Euphor- bion paraliae</i> . Se pre- senta en la asociación <i>Euphorbio paraliae- Cyperetum capitati</i> (comunidad de le- chetrezna de la mar y junco marino) (Ri- vas-Martínez (2001, 2002). Especie Sensible a la alteración de su hábi- tat (S) (Decreto 151/2001, de 23 de Julio, por el que se crea el Catálogo de Especies Amenaza- das de Canarias)

Datos aportados por la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP).

Sigue ►

Referencias bibliográficas: ¹ Ortiz, 1993; Rivas-Martínez, 2002; Rivas-Martínez *et al.*, 1980, 2001; Izco *et al.*, 1993; Díaz & Prieto, 1994.² Ortiz, 1993; Rivas-Martínez, 2002; Rivas-Martínez *et al.*, 1980, 2001; Izco *et al.*, 1993; Díaz & Prieto, 1994. ³ Paiva & Loriente, 1990; Rivas-Martínez, 2002;Rivas-Martínez *et al.*, 2001; Loriente, 1986. ⁴ Benedí, 1997; Rivas-Martínez, 2002; Rivas-Martínez *et al.*, 1980, 2001. ⁵ Rivas-Martínez, 2002; Rivas-Martínez *et al.*, 1980, 2001.⁶ Rivas-Martínez, 2002; Rivas-Martínez *et al.*, 2001; Izco *et al.*, 1993; Díaz & Prieto, 1994. ⁷ Costa & Mansanet, 1981; Rivas-Martínez, 2002; Rivas-Martínez *et al.*, 2001.⁸ Rivas-Martínez, 2002; Rivas-Martínez *et al.*, 2001.

► Continuación Tabla 3.1

Taxón	Nivel* y opciones de referencia**	Directrices Estado Conservación						Comentarios
		Área de distri- bución	Extensión y calidad del tipo de hábitat	Dinámica de po- blaciones	Categoría de Ame- naza UICN		CNEA***	
					España	Mundial		
MAMÍFEROS								
<i>Lepus granatensis</i>	Hábitat 2110 (3)	Se encuentra sólo en España y Portugal, y ocupa la mayor parte de la Península, excepto una estrecha franja noroccidental. Se encuentra también en Mallorca	Puede ser muy variable. Desde montañas húmedas del oeste peninsular, entre 1.500 y 2.000 metros de altitud, hasta zonas de marismas, pasando por campos de cultivo de cereal y bosques de coníferas, entre otros. En Doñana, es común en las dunas móviles casi desprovistas de vegetación situadas en la franja litoral	La densidad es muy variable dependiendo de factores tan diversos como la calidad del medio, presión cinegética, climatología, etc. Las densidades varían entre 80 individuos/km² en olivares andaluces y 22 individuos/km² en cultivos intensivos de cereal en León. En Doñana la mortalidad adulta oscila entre el 70 y 80% durante las épocas adversas	—	—	—	—

Datos aportados por la Sociedad para el Estudio y la Conservación de los Mamíferos (SECEM), según informe realizado por la SECEM en el área sur de la Península Ibérica.

Referencias bibliográficas: Carro & Soriguer, 2007; Palomo *et al.*, 2007.

3.3. EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

3.3.1. Factores, variables y/o índices

Tal y como se especifica en la ficha general del grupo 2, la evaluación del estado de funcionalidad de los sistemas dunares y de su vulnerabilidad habitualmente se realiza mediante el control de un conjunto de parámetros o variables representativas (Bodéré *et al.*, 1991; Williams *et al.*, 1993a y b, 1994, 2001; García-Mora *et al.*, 2001; Martínez-Vázquez *et al.*, 2006; Martín-Prieto *et al.*, 2007). En la actualidad, no existe un índice o procedimiento unitario de evaluación de la vulnerabilidad y estado de conservación de los tipos de hábitat dunares que sea totalmente aceptado por la comunidad científica.

Por otro lado, el alto grado de interdependencia de los distintos tipos de hábitat que constituyen los sistemas dunares, así como la importancia general de los diferentes factores y variables que influyen en su

conservación, lleva a considerar los sistemas dunares de manera global. Por ese motivo se ha propuesto un índice lo más completo posible que incluya todas las variables importantes que condicionan el estado de conservación de los sistemas dunares en general. El desglose detallado de las variables, el procedimiento de medición y la frecuencia de muestreo se incluyen en la ficha general del grupo 2.

Dicho protocolo general de evaluación de la estructura y función de un sistema dunar debe ser aplicado a todos los sistemas dunares que se evalúen. No obstante, de todas las variables recogidas en el protocolo, destacamos a continuación aquéllas que revisten una importancia especialmente relevante para el presente tipo de hábitat:

A) Factores morfosedimentarios

1. Longitud del sistema dunar activo.
2. Anchura del sistema dunar activo.
3. Grado de fragmentación del sistema dunar.

B) Factores de incidencia marina y litoral

1. Anchura media de la zona intermareal.
2. Anchura media de la playa seca.
3. Tendencia costera en los últimos diez años.
4. Aporte sedimentario a la playa en los últimos 10 años.
5. Afloramientos rocosos en la playa, últimos diez años.
6. Superficie relativa de los cortes y roturas en el frente dunar debidos al oleaje.
7. Evolución de la anchura media de las roturas del frente dunar en los últimos diez años.
8. Granulometría del sedimento de la playa seca.
9. Número de barras arenosas sumergidas o emergidas.
10. Presencia de *Posidonia oceanica*.
11. Porcentaje de frente dunar con escarpes erosivos debidos al oleaje.
12. Estado modal de la playa.

C) Factores de incidencia eólica

1. Clasificación de Hesp (1988).
2. Porcentaje de playa seca ocupado por dunas embrionarias.
3. Porcentaje de superficie dunar ocupado por mogotes o *hummocks* arenosos.
4. Tendencia del frente dunar en los últimos diez años (en m/año).
5. Superficie de la playa seca cubierta por gravas y/o conchas.
6. Porcentaje de ladera de barlovento de la duna secundaria cubierta de vegetación.
7. Porcentaje de superficie dunar cubierto por mantos eólicos sin consolidar.
8. Tasa de transporte eólico de arena hacia el interior del sistema dunar.

D) Factores ecológicos y de cobertera vegetal

1. Continuidad en las sucesiones vegetales.
2. Conectividad a escala de paisaje entre distintos hábitat.
3. Porcentaje de especies de tipo II a barlovento de la duna secundaria.
4. Presencia de conejos.
5. Presencia de invertebrados y reptiles en el sistema dunar.
6. Porcentaje de especies exóticas en los cordones dunares activos.

7. Porcentaje de plantas con raíces expuestas en el frente dunar.
8. Porcentaje de playa seca cubierto por especies de tipo III.
9. Porcentaje de eliminación antrópica de cobertera vegetal.

E) Factores de presión antrópica

1. Presión de visitantes y pisoteo (número de visitantes y frecuencia).
2. Tránsito de vehículos por el sistema dunar.
3. Camping, aparcamiento.
4. Dificultad de acceso, distancia a núcleo turístico.
5. Extracción de áridos en playa y duna.
6. Porcentaje del sistema dunar activo ocupado por infraestructuras permanentes.
7. Densidad de la red de caminos.
8. Porcentaje de sistema dunar ocupado por residuos y basuras.
9. Frecuencia de limpieza de la playa seca.
10. Paseos a caballo sobre el sistema dunar.
11. Porcentaje del sistema dunar activo ocupado por infraestructuras temporales.

F) Factores de gestión y protección

1. Control de paso y estacionamiento de vehículos.
2. Instalación de captadores de arena en el frente dunar.
3. Control de acceso, aislamiento, cerramiento.
4. Número de pasarelas de acceso elevadas (por cada 500 m de longitud de dunas).
5. Revegetación de áreas móviles.
6. Paneles informativos (número por cada 500 m de longitud de sistema dunar).
7. Protección legislativa.
8. Vigilancia.
9. Regeneración artificial de la playa.
10. Control de paso de caballos.
11. Plan de control de la población de conejos.
12. Plan de ordenación de usos que incluye la protección dunar.

3.3.2. Protocolo para determinar el estado de conservación global de la estructura y función

La evaluación global de la estructura y función permite estimar semicuantitativamente el estado de

conservación del tipo de hábitat. El método se desglosa en detalle en la ficha general del grupo 2.

3.3.3. Protocolo para establecer un sistema de vigilancia global del estado de conservación de la estructura y función

Directrices

Algunas variables requieren de un estudio en gabinete, mediante el análisis de fotografías aéreas, imágenes de satélite, mapas u otra documentación. Sin embargo, otras muchas variables deben ser medidas periódicamente sobre el terreno, para lo cual debe planificarse un programa de muestreo que, según la época del año, incluya las variables que deben medirse de forma simultánea. En lo que se refiere a la zona geográfica, conviene visitar todos los sistemas dunares costeros existentes. No obstante, algunos sistemas dunares costeros presentan un gran desarrollo longitudinal, por lo que se recomienda elegir zonas más o menos concretas y representativas. Conviene elegir las zonas con mayores facilidades de acceso, no sólo por la rapidez que esto supone en el muestreo, sino también porque son las zonas susceptibles de registrar mayor afluencia de visitantes, y por tanto más vulnerables de sufrir mayores impactos o deterioro.

El equipamiento necesario para realizar el muestreo es simple: GPS de mano, para la localización de los puntos de muestreo/observación; una cinta métrica de al menos 15 m (es preferible de 25 m) y un metro semirígido de 3 m; algunas bolsas de plástico con cierre hermético para muestreo de sedimentos; una pequeña paleta para muestreo de sedimentos y una cámara fotográfica para documentar los diversos aspectos que se recogen en las fichas.

Estaciones de referencia

Región natural atlántica

- **Localidad 1: Dunas de Liencres (Cantabria)**
Coordenadas geográficas: 43° 26' N, 3° 58' W
Masa de Agua: 11 (Margen Astur-oriental)
Código espacio red Natura 2000: ES1300004
- **Localidad 2: Dunas de Doñana (Huelva)**
Coordenadas geográficas: 36° 50' N, 6° 22' W
Masa de Agua: 7 (Golfo de Cádiz)
Código espacio red Natura 2000: ES0000024

Región natural mediterránea

- **Localidad 1: Dunas de La Banya, Delta del Ebro (Tarragona)**
Coordenadas geográficas: 40° 34' N, 0° 38' E
Masa de Agua: 2 (Delta del Ebro)
Código espacio red Natura 2000: ES5140013
- **Localidad 2: Dunas de El Saler (Valencia)**
Coordenadas geográficas: 39° 21' N, 0° 18' W
Masa de Agua: 2 (Delta del Ebro)
Código espacio red Natura 2000: ES0000023

3.4. EVALUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

Metodología para la evaluación de presiones- impacto-riesgo

La evaluación de las presiones-impacto-riesgo ha sido ya incluida en el procedimiento general de establecimiento del estado de conservación global de la estructura y función (ver ficha general del grupo 2). No obstante, resaltamos aquéllas que revisten una especial relevancia para el presente tipo de hábitat.

Factores de presión antrópica

1. Presión de visitantes y pisoteo (número de visitantes y frecuencia).
2. Tránsito de vehículos por el sistema dunar.
3. Camping, aparcamiento.
4. Dificultad de acceso, distancia a núcleo turístico.
5. Extracción de áridos en playa y duna.
6. Porcentaje del sistema dunar activo ocupado por infraestructuras permanentes.
7. Densidad de la red de caminos.
8. Porcentaje de sistema dunar ocupado por residuos y basuras.
9. Frecuencia de limpieza de la playa seca.
10. Paseos a caballo sobre el sistema dunar.
11. Porcentaje del sistema dunar activo ocupado por infraestructuras temporales.

Factores de gestión y protección

1. Control de paso y estacionamiento de vehículos.

2. Instalación de captadores de arena en el frente dunar.
3. Control de acceso, aislamiento, cerramiento.
4. Número de pasarelas de acceso elevadas (por cada 500 m de longitud de dunas).
5. Revegetación de áreas móviles.
6. Paneles informativos (número por cada 500 m de longitud de sistema dunar).
7. Protección legislativa.
8. Vigilancia.
9. Regeneración artificial de la playa.
10. Control de paso de caballos.
11. Plan de control de la población de conejos.
12. Plan de ordenación de usos que incluye la protección dunar.



4. RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN

La gestión exclusivamente dirigida a potenciar la fijación y estabilización de las dunas puede acarrear como resultado paralelo una reducción de la diversidad al intervenir sobre la dinámica natural, seleccionando sólo especies propias de ambientes menos móviles y pudiendo reducir peligrosamente la extensión ocupada por especialistas propios de la primera línea con arenas mucho más móviles.

Estos hechos han llevado a algunos autores como Ritchie (1991) o Doody (2000) a reflexionar sobre la conveniencia de mantener la dinámica natural de perturbaciones en tramos de costa con menor densidad de infraestructuras, que puedan destinarse a un uso más dirigido a la conservación de la biodiversidad. Una acertada política de conservación debería así mantener un cierto nivel de perturbación en primera línea, para ir frenando y fijando sólo las arenas más interiores en las que la colonización vegetal pasará entonces a ser de mayor porte, diversidad y recubrimiento, respetando así toda la gama de situaciones que aportan riqueza al sistema completo.

La medida anterior puede complementarse con la adhesión de zonas cuya restauración y/o conservación interesa, a las figuras de Espacio Natural Protegido (ENP) ya existentes.

Limpieza mecanizada

Mientras que, en ocasiones, una acumulación excesiva de basuras puede suponer un impacto sobre el sistema, la retirada de éstas puede producir también impacto. En el caso de dunas embrionarias cercanas a núcleos urbanos o turísticos, los servicios de limpieza deben tener especial cuidado con este tipo de hábitat. La limpieza mecanizada de las playas impide el desarrollo de las dunas embrionarias al retirar los nuevos plantones. Conviene recordar que el papel de estas dunas es fundamental para el crecimiento de nuevas dunas, la estabilización natural de la arena y el mantenimiento de la biodiversidad en la zona más dinámica. Las plantas pioneras de las dunas embrionarias anclan la arena gracias a sus ex-

tenso sistemas de raíces, de modo que una vez establecidas, otras especies de plantas pueden colonizar la duna y, por tanto, estabilizarla.

Por otro lado, al mismo tiempo que se retiran basuras, también se retiran restos de algas y otros materiales orgánicos de arribazón (detritus y otros restos marinos) que constituyen el sustento para toda la comunidad propia de la zona intermareal compuesta por invertebrados detritívoros, que a lo largo de la evolución se han adaptado a nutrirse de esta producción marina depositada por el oleaje y las mareas. Estos restos orgánicos también son de vital importancia para las comunidades vegetales dunares (Ranwell, 1972; Holton, 1980), al constituir el abono natural que proporciona los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas dunares.

Recomendaciones: Conviene utilizar métodos de limpieza más selectivos, como por ejemplo, proceder a la limpieza manual, que ya se practica en algunos enclaves. Conviene optimizar desde un punto de vista ambiental la limpieza de las playas, evitando retirar elementos orgánicos o inorgánicos de forma mecanizada, que sean propiamente naturales de las playas, y que constituyen la base de una cadena trófica detrítica de la que forman parte numerosas especies (crustáceos, coleópteros, aves, etc.). Esta medida se plantea igualmente de cara a la necesidad de labores de limpieza en algunos enclaves del litoral, debido a la acumulación de desperdicios ya existentes. Deben seleccionarse tramos de menor uso recreativo o de uso medio en los que la dinámica natural de uso de detritus se respete y tutele para permitir la conservación de las comunidades del intermareal arenoso, la zona más castigada por el uso recreativo.

Recuperación de dunas móviles embrionarias

Aquellos casos que hayan sufrido erosión y/o pérdida de cobertera vegetal deben recuperarse siguiendo el siguiente orden:

Una práctica sencilla ya materializada en algunos campos dunares como el de Rodiles (Estuario de

Villaviciosa) consiste en la colocación de tablestacas unidas por una maroma de algodón (evitar las más resistentes de fibras plásticas), fácilmente biodegradable, aislando recintos que prevengan y ejerzan un papel disuasorio del paso y la estancia de los usuarios y así eviten el pisoteo. De esa manera, se producen colonizaciones vegetales espontáneas que ocupan rápidamente la superficie delimitada. En segundo lugar, retener arena en la zona erosionada, mediante la colocación de captadores como tablestacados o mimbreras (más blandos y que se pudren con el tiempo) y, en segundo lugar, una vez dispuesto el medio con arena, proceder a la revegetación, teniendo en cuenta diversas consideraciones:

- Utilizar semillas o plantones locales. Las semillas o esquejes deberán ser tomados del mayor número de padres posible (Montalvo, 1996).
- Seleccionar las especies de plantas a partir del estudio de su distribución en los sistemas dunares de la región, para evitar la alteración de la comunidad al introducir especies no representadas inicialmente en el medio.
- Para la colocación de los plantones en las dunas, debe tenerse en cuenta la distribución que tienen en una zona natural próxima al enclave que se va a revegetar y realizarse de forma irregular o aleatoria para evitar que la revegetación tenga un aspecto artificial.

Se puede recurrir a la extensión sobre el sustrato arenoso de mantas de material geotextil que fijen la

arena impidiendo la erosión por el oleaje, en cuyo caso deberá completarse la operación con la cubrición de una tabla de arena del mismo entorno para potenciar la colonización vegetal.

Para poner en práctica una adecuada producción de plantones de especies vegetales dunares, aplicando las consideraciones genéticas descritas, es obviamente necesaria una mínima infraestructura. Ésta consistiría en la creación de pequeños viveros repartidos a lo largo de la costa, cuya tarea sería la de producir plantones a partir de plantas dunares locales, para restaurar algunos enclaves determinados. Dado que se trata de tareas destinadas a pequeños enclaves muy definidos, el tamaño del vivero no necesitaría de una gran superficie. La ubicación de los mismos quedaría adyacente a las zonas que se fueran a restaurar, ahorrando costes de traslado. De este modo se facilitarían mucho las tareas de recogida de semillas (o esquejes) de las plantas dunares que se utilizarán para la revegetación. Los beneficios de la existencia de un pequeño vivero próximo a la zona de revegetación están avalados por la experiencia de restauración de las dunas de El Saler (Valencia), llevada a cabo en los viveros municipales de esta localidad, situados en la Dehesa de El Saler, próximos a las dunas de esta misma zona (Benavent *et al.*, 2004). Estos viveros aprovechan las máquinas (carretillas todo terreno) que utilizan para el traslado de los plantones sembrados en el vivero para llevar a cabo tareas adicionales de retirada de la invasora *Carpobrotus edulis*.



5. BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA

- ALCÁNTARA, J., 2003. *Dinámica sedimentaria eólica en el istmo de Jandía (Fuerteventura). Modelización y cuantificación del transporte*. Cabildo de Gran Canaria. Colección Ciencia. 288 p.
- ALCARAZ ARIZA, F., GARRE BELMONTE, M. & SÁNCHEZ GÓMEZ, P., 1985. Catálogo de la flora comofítica de los sistemas de dunas litorales comprendidos entre Santa Pola y Calblanque (SE de España). *Anales de Biología*. Universidad de Murcia, Facultad de Biología, 6: 79-87.
- ALDEGUER, M., MARTÍN, A. & SEVA-ROMÁN, E., 1997. Background and Perspectives in the Management of the Coastal Dunes of Alicante province. In: García Novo, F., Crawford, R.M.M. & Díaz Barradas, M.C. (eds.). *The Ecology and Conservation of European Dunes*. Universidad de Sevilla. pp 335-342.
- ALDEGUER, M. & SEVA, E., 1989. Agresiones al medio dunar. Propuestas de ordenación. En: Escarré, A., Martín, J. & Seva, E. (eds.). *Estudios sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros de la provincia de Alicante*. Diputación provincial de Alicante, Instituto de Cultura Juan Gil-Albert. pp 111-116.
- ARAÚJO, M.A., 2002. Relative Sea Level, Diastrophism and Coastal Erosion: The Case of Espinho (Portuguese NW coast). En: *Littoral'2002*. Porto: EUROCOAST/EUCC. pp 125-132.
- ARCOS, J.M., 2004. Gavina capnegra, *Larus melanocephalus*. En: Estrada, J., Pedrocchi, V., Brotons, L. & Herrando, S. (eds.). *Atles dels Ocells Nidificants de Catalunya 1999-2002*. Barcelona: ICO-Lynx Edicions. pp 230-231.
- ARTEAGA, C. & GONZÁLEZ MARTÍN, J.A., 2002. Impactos antrópicos y evolución geomorfológica reciente (siglos XIX-XX) en el Parque Natural de las Dunas de Liencres (estuario del Río Pas-Canabria). En: Serrano, E., García de Celis, A., Guerra, J.C., Morales, C.G. & Ortega, M.T. (eds.). *Estudios recientes (2000-2002) en Geomorfología*. En: VII Reunión Nacional de Geomorfología, SEG, Universidad de Valladolid. pp 67-78.
- BAKKER, T.W.M., 1990. The Geohydrology of Coastal Dunes. In: Baker, Th.W., Jungerius, P.D. & Klijn, J.A. (eds.), *Dunes of the European Coasts, Catena Supplement* 189: 109-119.
- BARTOLOMÉ, C., ALVAREZ, J., VAQUERO, J., COSTA, M., CASERMEIRO, M.A., GIRALDO, J. & ZAMORA, J., 2005. *Los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General para la Biodiversidad. 283 p.
- BATISTA, F.J., GONZÁLEZ PÉREZ, M.A., POLIFRONE, M., RIVERO, E. & SOSA, P.A., 2007. Conservación genética de unidades evolutivamente significativas de tres especies de *Lotus* endémicas de Canarias. En: *Libro de resúmenes del III Congreso de Biología de la Conservación de Plantas*. La Laguna, Tenerife.
- BELTRÁN TEJERA, E., WILPRET DE LA TORRE, W., LEÓN ARENCIBIA, M^aC., GARCÍA GALLO, A. & REYES HERNÁNDEZ, J. (eds.), 1999. *Libro Rojo de la Flora Canaria contenida en la Directiva-Hábitats Europea*. La Laguna, Tenerife: Dirección General de Conservación de la Naturaleza.
- BEN SALEM, M.B. (dir), 1988. *Manuel de fixation des dunes*. Cahier FAO Conservation n° 18. 57 p.
- BENAVENT, J.M., COLLADO, F., MARTÍ, R.M., MUÑOZ, A., QUINTANA, A., SÁNCHEZ, A. & VIZCAÍNO, A., 2004. *La restauración de las dunas litorales de la Devesa de l'Albufera de Valencia*. Ajuntament de Valencia. 67 p.
- BENEDÍ, C., 1997. *Chamaesyce* Gray. En: Castroviejo, S. et al. (eds.). *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares VIII*. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC.
- BERTOLERO, A., 2004. Curroc, *Sterna nilotica*. En: Estrada, J., Pedrocchi, V., Brotons, L. & Herrando, S. (eds.). *Atles dels Ocells Nidificants de Catalunya 1999-2002*. Barcelona: ICO-Lynx Edicions. pp 242-243.
- BERTOLERO, A. & MOTIS, A., 2004. Xatrach menut, *Sterna albifrons*. En: Estrada, J., Pedrocchi, V., Brotons, L. & Herrando, S. (eds.). *Atles dels*

- Ocells Nidificants de Catalunya 1999-2002*. Barcelona: ICO-Lynx Edicions. pp 252-253.
- BIGAS, D., 2004. Garsa de mar, *Haematopus ostralegus*. En: Estrada, J., Pedrocchi, V., Brotons, L. & Herrando, S. (eds.). *Atles dels Ocells Nidificants de Catalunya 1999-2002*. Barcelona: ICO, Lynx Edicions. pp 252-253.
- BIRD, E.C.F., 1990. Classification of European dune coasts. En: Bakker, Th.W., Jungerius, P.D., & Klijn, J.A. (eds.). *Dunes of the European Coasts*. *Catena supplement* 18: 15-24.
- BLANCO, G. & VIÑUELA, J., 2003. Milano negro, *Milvus migrans*. En: Martí, R. & Del Moral, J.C. (eds.). *Atlas de las Aves Reproductoras de España*, Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza, SEO/BirdLife. pp 160-161.
- BLANCO, G. & VIÑUELA, J., 2004. Milano negro, *Milvus migrans*. En: Madroño, A., González, G. & Atienza, J. C. (eds.). *Libro Rojo de las Aves de España*. Madrid: Dirección General para la Biodiversidad, SEO/BirdLife. pp 116-120.
- BLANCO, J.C., 1998. *Guía de Campo de los Mamíferos de España*. Tomo II. Geoplaneta.
- CANTOS, F., 2003. Gaviota reidora, *Larus ridibundus*. En: Martí, R. & Del Moral, J.C. (eds.). *Atlas de las Aves Reproductoras de España*, Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza, SEO/BirdLife. pp 264-265.
- CARDIEL, I., 2006. *El milano real en España. II censo nacional (2004)*. Monografías Seguimiento de Aves nº 5. Madrid: SEO/BirdLife.
- CARRASCAL, L.M. & LOBO, J., 2003. Apéndice I. En: Martí, R. & Del Moral, J.C. (eds.). *Atlas de las Aves Reproductoras de España*, Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza, SEO/BirdLife. pp 718-721.
- CARRO, F. & SORIGUER, R., 2007. *Lepus granatensis*. Ficha Libro Rojo. pp 476-478. En: Palomo, L. J., Gisbert, J. & Blanco, J.C. (eds.). *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Madrid: Dirección general para la Conservación de la Biodiversidad, SECEM-SECEMU.
- CARTER, R.W.G. & CHANCE, S., 1997. Integrated Management of Coastal Dunes in Ireland: Assessment and Example. En: García Novo, F., Crawford, R.M.M. & Díaz Barradas, M.C. (eds.). *The Ecology and Conservation of European Dunes*. Universidad de Sevilla. pp 301-312.
- CARTER, R.W.G., HESP, P.A. & NORDSTROM, K.F., 1990. Erosional Landforms in Coastal Dunes. In: Nordstrom, K.F., Psuty, N. & Carter, R.W. C. (eds.). *Coastal Dunes, Form and Processes*. John Wiley & Sons, Inc. pp 217-250.
- CASTROVIEJO, S. & LUCEÑO, M., 2002. *Salsola L.* En: Castroviejo, S. et al. (eds.). *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares, II*. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC.
- CLEMMENSEN, L.B., 1986. Storm-Generated Aeolian Sand Shadow Dunes and Their Sedimentary Structures. *Journal of Sedimentary Petrology* 56: 520-527. Vejers Strands, Denmark.
- COSTA, M. & MANSANET, J., 1981. Los ecosistemas dunares levantinos: La Dehesa de la Albufera de Valencia. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 37 (2): 277-299.
- DE SOUZA, J.A. & DOMÍNGUEZ, J., 1989. Efectivos y distribución del chorlitejo patinegro, *Charadrius alexandrinus* en Galicia. *Ecología* 3: 305-311.
- DGCN (DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA), 1999. *Estrategia española para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente. 160 p.
- DÍAZ, M., ASENSIO, B. & TELLERÍA, J.L., 1996. *Aves ibéricas. I. No passeriformes*. Madrid: J.M. Reyero Editor.
- DÍAZ, M.C. & GARCÍA NOVO, F., 1997. The Architecture of Pioneer Dune Scrub. En: García Novo, F., Crawford R.M.M., & Díaz Barradas, M.C. (eds.). *The Ecology and Conservation of European Dunes*. University of Sevilla. pp 123-134.
- DÍAZ, T.E. & FERNÁNDEZ-PRIETO, J.A., 1994. La vegetación de Asturias. *Itinera Geobotanica* 8: 243-528.
- DÍAZ, T.E. & NAVARRO-ANDRÉS, F., 1978. Las comunidades de *Thero-Airion* R. Tx. 1951 en las playas asturianas: su posición fitotopográfica. *Anales del Instituto Botánico Cavanilles* 34(2): 571-596.
- DIES J.I. & DIES, B., 2003. Charran Patinegro, *Sterna sandvicensis*. En: Martí, R. & Del Moral, J.C. (eds.). *Atlas de las Aves Reproductoras de España*, Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza, SEO/BirdLife. pp 278-279.
- DIES, J.I. & DIES, B., 2004. Gaviota Pico fina, *Larus genei*. En: Madroño, A., González, G. & Atien-

- za, J.C. (eds.). *Libro Rojo de las Aves de España*. Madrid: Dirección General para la Biodiversidad, SEO/BirdLife. pp 250-252.
- DIES, J.I., GUTIÉRREZ, R. & DIES, B., 2003. Charrán común, *Sterna hirundo*. En: Martí, R. & Del Moral, J.C. (eds.). *Atlas de las Aves Reproductoras de España*, Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza, SEO/BirdLife. pp 280-281.
- DIES, J.I. & DIES, B., 2003. Charrán patinegro, *Thalasseus sandwicensis*. En: Martí, R. & Del Moral, J.C. (eds.). *Atlas de las Aves Reproductoras de España*, Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza, SEO/BirdLife. pp 278-279.
- DÍEZ, B., HERNÁNDEZ, A.M. & ASENSI, A., 1975. Estructura de algunas comunidades vegetales de dunas en el litoral de Marbella (Málaga). *Acta Botanica Malacitana* 1: 69-80.
- DÍEZ-GARRETAS, B., 1984. Datos sobre la vegetación psammófila de las costas portuguesas. *Documents Phytosociologiques* 8: 71-77.
- DÍEZ-GARRETAS, B., ASENSI, A. & ESTEVE, F., 1977. Pastizales terofíticos de playas y dunas en el sur de la Península Ibérica. *Colloques Phytosociologiques* 6: 73-80.
- ESCARRÉ, A., MARTÍN, J. & SEVA, E. (eds.). 1989. *Estudios sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros de la provincia de Alicante*. Diputación Provincial de Alicante. Instituto de Cultura Juan Gil-Albert. 132 p.
- FAVENEC, J., 2002. The Foredune/Backshore System as Indicator of Coastal Dynamics. The Example of the Aquitaine Coast Observatory. In: *Littoral'2002: The Changing Coast*: 345-353. Oporto: EUROCOAST/EUCC.
- FERNANDES, J.J. & NEVES, M.R., 1997. The Impact of Tourism on the Sand Dune System of the Ria Formosa Natural Park. The Case of Ançao Peninsula. In: García Novo, F., Crawford, R.M. M. & Díaz Barradas, M.C. (eds.). *The Ecology and Conservation of European Dunes*. Universidad de Sevilla. pp 321-333.
- FERNÁNDEZ, E. & GARROTE, J., 2002. Geomorfología y restauración dunar. En: Serrano, E., García de Celis, A., Guerra, J. C., Morales, C. G. & Ortega, M. T. (eds.). *Estudios recientes (2000-2002) en Geomorfología*. VII Reunión Nacional de Geomorfología, SEG y Universidad de Valladolid. pp 53-65.
- FIGUEROLA, J. & AMAT, J. A., 2003. Chorlitojeo Patinegro, *Charadrius alexandrinus*. En: Martí, R. & Del Moral, J.C. (eds.). *Atlas de las Aves Reproductoras de España*, Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza, SEO/BirdLife. pp 252-253.
- FLOR, G., 1997. Campos dunares eólicos costeros. En: Pendón, G. (ed.). *Geología costera: Algunos aspectos metodológicos y ejemplos locales*. Universidad de Huelva. pp 151-172.
- FLOR, G., 2004. *Geología Marina*. Oviedo: Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, Servitec. 576 p.
- FOSTER, S. M., 1979. Microbial Aggregation of Sand in an Embryo Dune System. *Soil Biochemistry* 11: 537-543.
- FRYBERGER, S. G., 1979. Dune Forms and Wind Regimes. In: McKee, E.D. (ed.). *Study of Global Sand Seas*, pp 141-167. US Geol. Survey Prof. Paper. 1.052 p.
- GALAN REGALADO, P., 1999. *Conservación de la Herpetofauna Gallega*. Monografía nº 72. Universidad de A Coruña. 285 p.
- GARCÍA MORA, M.R., GALLEGO, J.B. & GARCÍA NOVO, F., 1997. Valoración del estado actual de los sistemas dunares activos en el litoral suratlántico ibérico. En: Rodríguez Vidal, J. (ed.). *Cuaternalario Ibérico*. Huelva: AEQUA. p. 159.
- GALLEGO FERNÁNDEZ, J.B., GARCÍA MORA, M.R. & LEY VEGA DE SEOANE, C., 2003. Restauración de ecosistemas dunares costeros. En: Rey Benayas, J.M., Espigares Pinilla, T. & Nicolau Ibarra, J.M. (eds.). *Restauración de ecosistemas en ambiente mediterráneo*. Universidad de Alcalá de Henares, pp 157-172.
- GARCÍA MORA, M.R., GALLEGO FERNÁNDEZ, J.B., WILLIAMS, A.T. & GARCÍA NOVO, F., 2001. A Coastal Dune Vulnerability Classification: SW Iberian Peninsula case study. *Journal of Coastal Research* 17: 802-811.
- GARCÍA MORA, M.R., GALLEGO FERNÁNDEZ, J.B. & GARCÍA NOVO, F., 2000. Plant Diversity as a Suitable Tool for Coastal Dune Monitoring. *Journal of Coastal Research* 16: 990-995.
- GARCÍA MORA, M.R., GALLEGO FERNÁNDEZ, J.B. & GARCÍA NOVO, F., 1999. Plant Functional Types in Relation to Foredune Dynamics and the Main Coastal Stresses. *Journal Vegetation Science* 10: 27-34.

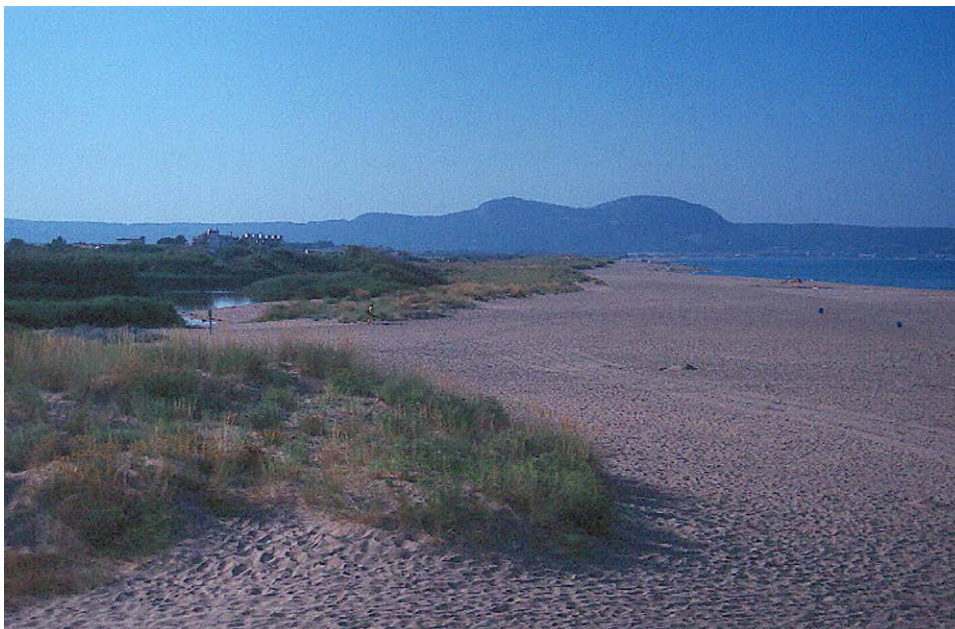
- GÉHU, J.M., 1985. *European dune and shoreline vegetation*. Estrasburgo: Consejo de Europa. Bruselas.
- GIMINGHAM, C.H., RITCHIE, W., WILLETS, B.B. & WILLIS, A. J., 1989. Coastal Sand Dunes. *Royal Society of Edimburg Proceeding*, Section B (Biological Sciences). 313 p.
- GONZÁLEZ PÉREZ, M., BATISTA, F., RIVERO, E., POLIFRONE, M. & SOSA, P.A., 2007. Determinación de las unidades evolutivamente significativas en *Polygonum balansae* var. *tectifolium* y *P. maritimum* (Polygonaceae). En: *Libro de resúmenes del III Congreso de Biología de la Conservación de Plantas*. La Laguna, Tenerife.
- GUIJIÁN, P. & GUIJIÁN, J., 1986. Base florística para la protección de las dunas y marismas de Corrubedo (A Coruña, España). *Trabajos Compostelanos de Biología* 13: 139-182.
- HERNÁNDEZ-MATÍAS, A. & GONZÁLEZ-SOLÍS, J., 2004. Xatrac comú, *Sterna hirundo*. En: Estrada, J., Pedrocchi, V., Brotons, L. & Herrando, S. (eds.). *Atles dels Ocells Nidificants de Catalunya 1999-2002*. Barcelona: ICO, Lynx Edicions. pp 250-251.
- HESP, P., 1981. The Formation of Shadow Dunes. *Journal of Sedimentary Petrology* 51: 101-112.
- HESP, P., 1983. Morphodynamics of Incipient Foredunes in New South Wales, Australia. In: Brookfield, M. & Ahlbrant, T. (eds.). *Aeolian processes and sediments*. Amsterdam: Elsevier. pp 325-342.
- HESP, P., 1989. A Review of Biological and Geomorphological Processes Involved in the Initiation and Development of Incipient Foredunes. *Proceedings Royal Society of Edinburgh B* 96: 181-201.
- HESP, P., 2002. Foredunes and Blowouts: Initiation, Geomorphology and Dynamics. *Geomorphology* 48: 245-268.
- HORTAS, F. & MOURIÑO, J., 2004. Ostrero euroasiático, *Haematopus ostralegus*. En: Madroño, A., González, G. & Atienza, J.C. (eds.). *Libro Rojo de las Aves de España*. Madrid: Dirección General para la Biodiversidad, SEO/BirdLife. pp 214-216.
- HOUSTON, J.A., EDMONDSON, S.E. & ROONEY, P.J. (eds.), 2001. *Coastal Dune Management. Shared Experience of European Conservation Practice*. Liverpool University Press. 458 p.
- IZCO, J., 1992. Diversidad y originalidad ecológica y florística del litoral cántabro-atlántico español. *Anales de la Real Academia de Farmacia* 58: 483-508.
- IZCO, J., GUIJIÁN, P. & SÁNCHEZ, J.M., 1993. Análisis y clasificación de las comunidades vegetales vivaces de las dunas vivas gallegas. *Revista de la Academia Galega de Ciencias* 12: 79-104.
- JENSEN, A.L. & SORESENSEN, M., 1986. Estimation of Some Aeolian Saltation Transport Parameters: A Reanalysis of William's Data. *Sedimentology* 33: 547-558.
- LEY, C., GALLEGOS, J.B. & VIDAL, C., 2007. *Manual de restauración de dunas costeras*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Costas. 243 p.
- LORENZO, J.A. & BARONE, R., 2007. Chorlitejo patinegro, *Charadrius alexandrinus*. En: Lorenzo, J. A. (ed.). *Atlas de las Aves Nidificantes en el Archipiélago Canario (1997-2003)*. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza, SEO/BirdLife, pp 238-241.
- LORIENTE, E., 1986. Después de levantar ciento treinta y nueve inventarios en las playas de Cantabria. *Anales del Instituto de Estudios Agropecuarios* 7: 119-132.
- MARTÍNEZ-VILALTA, A., 2004. Xatrac bec-llarg, *Sterna sandvicensis*. En: Estrada, J., Pedrocchi, V., Brotons, L. & Herrando, S. (eds.). *Atles dels Ocells Nidificants de Catalunya 1999-2002*. Barcelona: ICO, Lynx Edicions. pp 174-175.
- MARTÍNEZ-VILALTA, A., 2004. Xatrac bec-llarg, *Sterna sandvicensis*. En: Estrada, J., Pedrocchi, V., Brotons, L. & Herrando, S. (eds.). *Atles dels Ocells Nidificants de Catalunya 1999-2002*. Barcelona: ICO, Lynx Edicions. pp 246-247.
- MARTÍNEZ-VILALTA, A., MÁÑEZ, M., ORO, D. & GARCÍA, L., 2004. Gaviota picofina, *Larus genei*. En: Madroño, A., González, G. & Atienza, J.C. (eds.). *Libro Rojo de las Aves de España*. Madrid: Dirección General para la Biodiversidad, SEO/BirdLife. pp 240-242.
- MATEO, J.A., AFONSO, O. & GENIEZ, P., 2007. Los reptiles de Canarias, una nueva sinopsis puesta al día. *Boletín de la Asociación Herpetologica Española* 18: 2-10.
- MCLACHLAN, A., 1990. The Exchange of Materials Between Dune and Beach Systems. En: Nordstrom, K.F., Psuty, N. & Carter, B. (eds.). *Coastal Dunes: Form and Processes*. Chichester: Wiley and Sons. pp 201-215.

- MOLINA, B., 2003. Gaviota cabecinegra, *Larus melanocephalus*. En: Martí, R. & Del Moral, J.C. (eds.). *Atlas de las Aves Reproductoras de España*, Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza, SEO/BirdLife. p 616.
- NAVARRO DÉNIZ, J., CAUJAPÉ CASTELLS, J., OLIVA TEJERA, F., REYES BETANCORT, A., BACCARANI ROSAS, M. & CABRERA GARCÍA, N., 2005. Clarificación taxonómica de los taxones *Polygonum balansae* var. *tectifolium*-*Polygonum maritimum* mediante análisis de la variabilidad genética aloenzimática. En: *Libro de resúmenes del II Congreso de Biología de la Conservación de Plantas*. Gijón.
- NAVARRO, J., NAVARRO, J. & NAVARRO, B., 2004. *Lotus kunkelii* (Esteve) Bramwell & Davis. En: Bañares, Á., Blanca, G., Güemes, J., Moreno, J. C. & Ortiz, S. (eds.). *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España*. pp 396-397. Madrid: Dirección General para la Biodiversidad. OAPN. 1.069 p.
- NORDSTROM, K.F., PSUTY, N. & CARTER, B. (eds.), 1990. *Coastal Dunes, Form and Processes*. John Wiley & Sons, Inc. 392 p.
- OLIVA TEJERA, F., CAUJAPÉ CASTELLS, J., NAVARRO DÉNIZ, J., REYES BETANCORT, A., SCHOLZ, S., BACCARANI ROSAS, M. & CABRERA GARCÍA, N., 2006. Patterns of Genetic Divergence of Three Canarian Endemic *Lotus* (Fabaceae): Implications for the Conservation of the Endangered *L. kunkelii*. *American Journal of Botany* 93 (8): 1116-1124.
- OLSON, Y. S. & VAN DER MAAREL, E., 1989. Coastal Dunes in Europe: A Global View. In: Van der Meulen, F., Jungerius, P.D. & Visser, J. (eds.). *Perspectives in Coastal Dune Management*. La Haya: SPB Acad. Publ. pp 3-32.
- ORO, D. & MARTÍNEZ-VILALTA, A., 2004. Gaviota corsa, *Larus audouinii*. En: Estrada, J., Pedrocchi, V., Brotons, L. & Herrando, S. (eds.). *Atles dels Ocells Nidificants de Catalunya 1999-2002*. Barcelona: ICO-Lynx Edicions. pp 174-175.
- ORTIZ, S., 1993. *Cakile* Mill. En: Castroviejo, S. et al. (eds.). *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares IV*. Real Jardín Botánico, CSIC.
- PAIVA, J. & LORIENTE, E., 1990. *Honckenya* Ehrh. En: Castroviejo, S. et al. (eds.). *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares II*. Real Jardín Botánico, CSIC.
- PALOMO, L.J., GISBERT, J. & BLANCO, J.C. (eds.), 2007. *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Madrid: Dirección general para la Conservación de la Biodiversidad, SECEM-SECEMU.
- PASKOFF, R., 2005. Caractérisation et gestion d'un type de dune littorale: les avant-dunes. *Sécheresse* 16 (4): 247-253.
- PLEGUEZUELOS, J.M., MARQUEZ, R. & LIZANA, M., 2002. *Atlas y Libro Rojo de los anfibios y reptiles de España*. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza, AHE.
- PSUTY, N.P., 1986. Principles of Dune-Beach Interaction Related to Coastal Management. *Thalassas* 4: 11-15.
- PSUTY, N., 1988. Sediment budget and Dune-Beach Interaction. *Journal of Coastal Research*, Spec. Iss. 3: 1-4.
- PYE, K., 1983. Coastal dunes. *Progress in Physical Geography* 7: 531-557.
- RANWELL, D. & BOAR, J., 1986. *Coastal Dune Management Guide*. Institute for Terrestrial Ecology, NERC.
- REYES BETANCORT, J.A., GONZÁLEZ GONZÁLEZ, R., LEÓN ARENCIBIA, M.C. & PÉREZ DE PAZ, P.L., 2004. *Androcymbium psammophilum* Svent. En: Bañares, Á., Blanca, G., Güemes, J., Moreno, J. C. & Ortiz, S. (eds.). *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España*, p. 877. Madrid: Dirección General para la Biodiversidad. OAPN. 1.069 p.
- RITCHIE, W., 1993. Coastal Sand Dunes: Natural Stability and Artificial Stabilisation. In: Dawson, A.H., Jones, H.R., Small, J. & Soulsby, J.A. (eds.). *Scottish Geographical Studies*. University of Dundee and St. Andrews. pp 73-87.
- RITCHIE, W., 2001. Coastal Dunes: Resultant Dynamic Position as a Conservational Managerial Objective. In: Houston, J.A., Edmondson, S.E. & Rooney, P.J. (eds.). *Coastal Dune Management. Shared Experience of European Conservation Practice*. Liverpool University Press. pp 1-14.
- RIVAS GODAY, S. & RIGUAL, A., 1958. Algunas asociaciones de la provincia de Alicante. *Anales del Instituto Botanico Cavanilles* 16: 533-548.
- RIVAS GODAY, S. & RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1958. Acerca de la *Ammophiletea* del Este y Sur de España. *Anales del Jardín Botánico Cavanilles* 16 (1): 549-564.

- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 2002. High Syntaxa of Spain and Portugal and Their Characteristic Species. In: Rivas-Martínez, S. *et al.* (eds.). Vascular plant Communities of Spain and Portugal. Addenda to the Syntaxonomical Checklist. Part II. *Itinera Geobotanica* 15 (2): 434-559.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., COSTA, M., CASTROVIEJO, S. & VALDÉS, E., 1980. Vegetación de Doñana (Huelva, España). *Lazaroa* 2: 5-189.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F., LOIDI, J., LOUSA, M. & PENAS, A., 2001. Syntaxonomical Dhecklist of Vascular Plant Communities of Spain and Portugal to Association Level. *Itinera Geobotanica* 14: 15-341.
- SÁNCHEZ, J.M., 2004. Charrancito común, *Sterna albifrons*. En: Madroño, A., González, G. & Atienza, J.C. (eds.). *Libro Rojo de las Aves de España*. Madrid: Dirección General para la Biodiversidad, SEO/BirdLife. pp 255-257.
- SANTOS, X. CARRETERO, M. A., LLORENTE, G. & MONTORI, A. (ASOCIACIÓN HERPETOLÓGICA ESPAÑOLA), 1998. *Inventario de las áreas importantes para los anfibios y reptiles de España*. Ministerio de Medio Ambiente. Colección Técnica. 237 p.
- SARRE, R., 1989. The Morphological Significance of Vegetation and Relief on Coastal Foredune Processes. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Suppl.-Bd. 73: 17-31.
- SEO-MÁLAGA, 2007. *Censo y seguimiento de la población reproductora de Chorlitejo patinegro en el litoral malagueño*. www.seomalaga.org
- SERRA, J., RIERA, G., ARGULLOS, J. & PARENTE, L., 1997. El transporte eólico en el Delta del Ebro: evaluación y contribución al modelado litoral. *Boletín Geológico y Minero IGME* 108-4 y 5: 477-485.
- SHERMAN, D.J., 1995. Problems of Scale in the Modeling and Interpretation of Coastal Dunes. *Marine Geology* 124: 339-349.
- SHERMAN, D.J. & HOTTA, S., 1990. Aeolian Sediment Transport: Theory and Measurement. In: Nordstrom, K.F., Psuty, N. & Carter, B. (eds.). *Coastal Dunes: Form and Processes*. Chichester: Wiley & Sons. pp 17-37.
- SHORT, A. & HESP, P. A., 1982. Wave, Beach and Dune Inter-Actions in Southeastern Australia. *Marine Geology* 48: 259-284.
- SVASEK, J.N. & TERWINDT, J.H.J., 1974. Measurements of Sand Transport by Wind on a Natural Beach. *Sedimentology* 21: 311-322.
- TALAVERA, S., 1987. *Elymus*. En: Valdés, Talavera & Galiano (eds.). *Flora Vascular de Andalucía Occidental III*: 373-375.
- TELLERÍA, J.L., ASENSIO, B. & DÍAZ, M., 1999. *Aves ibéricas. II. Paseriformes*. Madrid: J.M. Reyero Editor.
- TOMEI, P.E., MACCHIA, V. & NARDUCCI, R., 2005. Flora e vegetazione delle dune costiere. En: Macchia, V., Pranzini, E. & Tomei, P.E. (eds.). *Le dune costiere in Italia. La natura e il paesaggio*. Pisa: Felici Editore. pp 115-180.
- VALLEJO, I., 2007. *Caracterización geomorfológica y análisis de la evolución reciente del sistema de dunas activas del Parque Nacional de Doñana (1956-2001)*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla. 468 p.
- VAN DER MEULEN, F., 1990. European Dunes: Consequences of Climate Change and Sea Level rise. In: Bakker, Th.W., Jungerius, P.D. & Klijn, J.A. (eds.). *Dunes of the European Coasts. Cate-na supplement* 18: 209-223.
- VANNEY, J.R. & MENANTEAU, L., 1979. Types de reliefs littoraux et dunaires en Basse-Andalousie (de la ría de Huelva à l'embochure du Guadalquivir). *Melanges de la Casa de Velázquez* 15: 5-52.
- VV.AA., 2000. Lista Roja de Flora Vascular Española (valoración según categorías de la UICN). *Conservación Vegetal* 6 (extra): 11-38.
- WILLIAMS, A., DAVIES, P., ALVEIRINHO, J., PEREIRA, A., GARCÍA MORA, M.R. & TEJADA, A., 1994. Re-evaluation of Dune Vulnerability Checklist Parameters. *Gaia, Revista de Geociencias* 8: 179-182.



6. FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1

Dunas embrionarias densamente vegetadas en la playa de Palls (Gerona).



Fotografía 2

Montículos aislados de dunas embrionarias en crecimiento. Playa de Los Lances (Tarifa, Cádiz).



Fotografía 3

Núcleo de duna embrionaria con *Ammophila arenaria*.



Fotografía 4

Eryngium maritimum o cardo de mar, típica especie nucleadora de dunas embrionarias.



Fotografía 5

Ejemplo 1 de ocupación de la zona alta de la playa por vehículos, en un área preferente de nucleación del tipo de hábitat 2110.



Fotografía 6

Ejemplo 2 de ocupación de la zona alta de la playa por vehículos, en un área preferente de nucleación del tipo de hábitat 2110.



Fotografía 7

Ejemplo 3 de ocupación de la zona alta de la playa por vehículos, en un área preferente de nucleación del tipo de hábitat 2110.



Fotografía 8

Dunas embrionarias fragmentarias y en degradación, con evidentes signos de pisoteo por visitantes.



Fotografía 9

Extracción de áridos en la zona alta de la playa.



Fotografía 10

Zona de formación de dunas embrionarias degradada por la proliferación de residuos.



Fotografía 11

Destrucción de dunas embrionarias por las labores de limpieza de la playa colindante.



Fotografía 12

Dunas embrionarias fragmentarias y en degradación, con evidentes signos de pisoteo por visitantes.



Fotografía 13

Captadores de arena para la regeneración de dunas móviles.



Fotografía 14

Regeneración mecánica de arena en una playa mediante traíllas al comienzo de la época estival.

