



2190

DEPRESIONES INTRADUNARES HÚMEDAS

COORDINADOR

F. Javier Gracia Prieto

AUTOR

F. Javier Gracia Prieto

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.

Autor: F. Javier Gracia Prieto.

¹Univ. de Cádiz.

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.

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) y M.^a Inmaculada Romero Buján (colaboradores-autores).

Colaboración específica relacionada con suelos:

Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (SECS). Felipe Macías Vázquez, Roberto Calvelo Pereira y Xosé Luis Otero Pérez.

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 PRIETO, F. J., 2009. 2190 Depresiones intradunares húmedas.
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.
50 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. Esquema sintaxonómico	8
1.5. Distribución geográfica	8
2. CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	13
2.1. Regiones naturales	13
2.2. Factores biofísicos de control	13
2.3. Subtipos	16
2.4. Exigencias ecológicas	17
2.5. Especies características y diagnósticas	17
2.6. Especies de los anexos II, IV y V	19
3. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN	21
3.1. Determinación y seguimiento de la superficie ocupada	21
3.2. Identificación y evaluación de las especies típicas	22
3.3. Evaluación de la estructura y función	23
3.3.1. Factores, variables y/o índices	23
3.3.2. Protocolo para determinar el estado de conservación global de la estructura y función	27
3.3.3. Protocolo para establecer un sistema de vigilancia global del estado de conservación de la estructura y función	28
3.4. Evaluación de las perspectivas de futuro	29
4. RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN	31
5. BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA	33
Anexo 1: Información edafológica complementaria	40



1. PRESENTACIÓN GENERAL

1.1. CÓDIGO Y NOMBRE

2190 Depresiones intradunares húmedas

1.2. DEFINICIÓN

Este tipo de hábitat, tal y como aparece descrito «zonas deprimidas en el interior de los cordones dunares litorales, con influencia constante del agua edáfica o incluso con encharcamiento temporal o permanente» correspondería con las depresiones interdunares, desarrolladas entre cordones dunares o entre edificios dunares individuales, afectados por el ascenso del nivel freático durante los períodos húmedos, en los que se llega a un encharcamiento temporal o permanente.

1.3. DESCRIPCIÓN

La topografía ondulada y cambiante de los sistemas dunares favorece que el ascenso del nivel freático durante los períodos húmedos llegue a aflorar en las zonas más bajas, tanto en las cubetas de deflación entre dunas individuales como, especialmente, en las depresiones que separan los sucesivos cordones dunares. Esas situaciones de suelo húmedo o encharcado contribuyen a generar heterogeneidad en el ecosistema dunar, de por sí complejo, constituyendo verdaderos oasis en estos medios secos e inhóspitos. En el gradiente costero, estas depresiones se suelen presentar desde la franja de dunas blancas hacia el interior. Los sistemas acuáticos costeros extradunares están recogidos en un tipo de hábitat diferente (tipo de hábitat de interés comunitario 1150 Lagunas costeras (*)).

La vegetación de estos medios es variable al tratarse de un tipo de hábitat complejo. En zonas tan sólo húmedas es posible encontrar formaciones leñosas emparentadas con las de cursos fluviales o con las de ramblas mediterráneas, con arbustos apertentes por la humedad como *Rubus ulmifolius*, *Nerium oleander* o especies de *Tamarix*, así como juncuales y pastos húmedos con *Scirpoides holoschoenus*, *Juncus acutus*, *Equisetum ramosissimum*, *Erianthus ravennae*, etc. Cuando la humedad es mayor, aun sea de forma temporal, se presentan comunidades

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

2190 Depresiones intradunares húmedas

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

Depresiones húmedas en sistemas dunares. Son hábitat extremadamente ricos y especializados, muy condicionados por el descenso de los niveles freáticos.

Relaciones con otras clasificaciones de hábitat

EUNIS Habitat Classification 200410

B1.8 Moist and wet dune slacks

EUNIS Habitat Classification 200410

C1.1. Permanent oligotrophic lakes, ponds and pools

Palaeartic Habitat Classification 1996

16.35 Dune-slack reedbeds, sedgebeds and canebeds

Palaeartic Habitat Classification 1996

16.31 Dune-slack pools

anfibia propias del tipo de hábitat 3170 Lagunas y charcas temporales mediterráneas (*), con especies como *Centaureum* spp., *Juncus bufonius*, *Blackstonia perfoliata*, etc. Cuando el medio se hace completamente acuático, el mosaico de comunidades no difiere del explicado en el tipo de hábitat 1150, si el agua es más o menos salada, o del grupo 31 si se trata de aguas dulces.

Dentro de su equivalencia a los tipos de hábitat del grupo 31 (Aguas retenidas interiores), el tipo de hábitat 2190 se correspondería con los lagos reconocidos por la Directiva Marco del Agua como de tipo DMA-19 (Litoral, en complejo dunar), y según la clasificación EUNIS (Davies *et al.*, 2004) como de tipo C1.1 (*Permanent oligotrophic lakes, ponds and pools*).

La fauna es rica, con una diversa comunidad de insectos (odonatos, coleópteros y dípteros acuáticos, etc.) y aves de medios húmedos como la garza real (*Ardea cinerea*). Pueden representar un importante recurso hídrico de agua dulce para la fauna de los ecosistemas adyacentes al sistema dunar (matorrales, bosques y marismas).

En resumen, las características básicas generales del tipo de hábitat 2190 se resumen en la tabla 1.1.

Variable	Características
Altura	Negativa (profundidad media-baja, < 5 m).
Anchura	Media a grande (decenas de metros).
Longitud	Media a grande (decenas a cientos de m).
Humedad	Moderada a muy alta.
Exposición	Baja o nula.
Cobertera vegetal	Media a muy alta.
Fragilidad/vulnerabilidad	Moderada a alta.
Tipos de hábitat de interés comunitario compatibles	2120, 2130*, 2150*, 2210, 2240, 2250, 2260, 2270
Tipos de hábitat de interés comunitario incompatibles	2110

Tabla 1.1

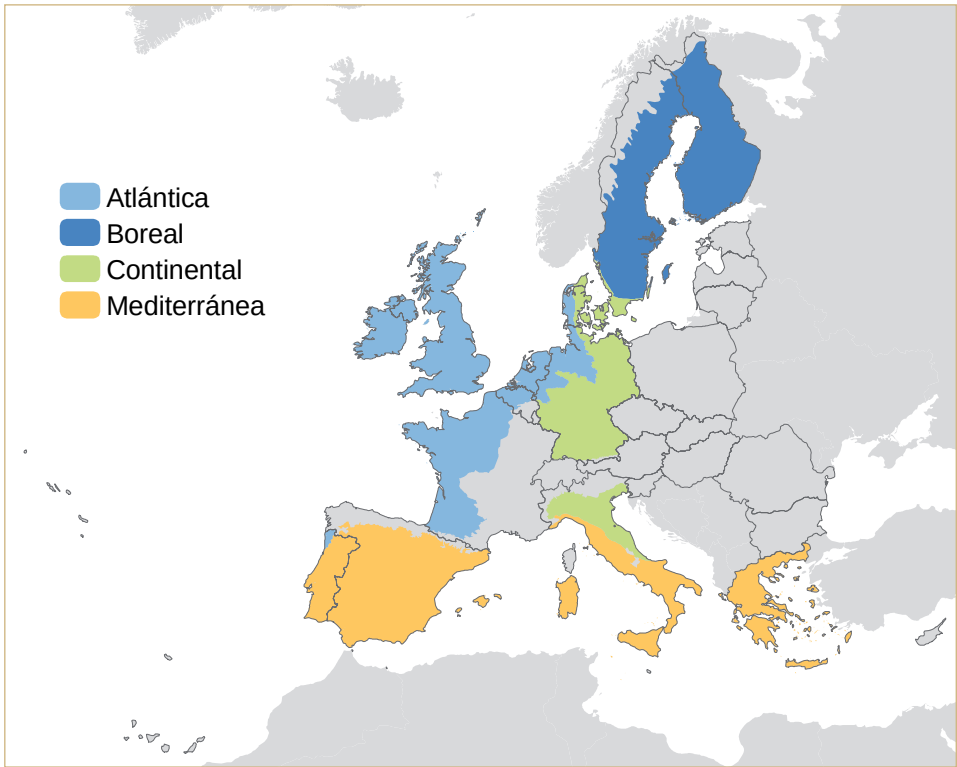
Tabla diagnóstica del tipo de hábitat de interés comunitario 2190.

1.4. ESQUEMA SINTAXONÓMICO

Este tipo de hábitat de interés comunitario no ha sido recogido en el *Atlas de los Hábitat de España* (marzo de 2005). Por lo tanto no se dispone de ningún esquema sintaxonómico.

1.5. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Figura 1.1
Mapa de distribución del tipo de hábitat 2190 por regiones biogeográficas en la Unión Europea. Datos de las listas de referencia de la Agencia Europea de Medio Ambiente.



Aunque no disponemos de ningún mapa en el que se refleje la distribución geográfica de este tipo de hábitat en España, a partir de distintas observaciones y referencias bibliográficas podemos afirmar que el presente hábitat aparece al menos, con mayor o menor desarrollo, en los siguientes sistemas dunares:

■ **Región biogeográfica Atlántica.** Liencres en Cantabria; La Antilla, El Rompido, Punta Umbría, El Abalario, El Asperillo, Doñana-Playa de Castilla y Doñana-Punta del Malandar en Huelva; San Antón-Valdelagrana, El Chato-Sancti Petri, Cabo Trafalgar, La Hierbabuena y Los Lances en Cádiz.

■ **Región biogeográfica Mediterránea.** Bahía de Rosas-Aiguamolls de l'Emporda-Sant Pere Pescador y Palls en Gerona; Castelldefels en Barcelona; Torredembarra, Cambrils y La Banya en Tarragona; El Saler en Valencia; Punta Entinas-Sabinar en Almería; Cala Tirant y Es Grau en Menorca; Alcudia y Ses Salines en Mallorca; Ses Salines en Ibiza; Formentera.

■ **Región biogeográfica Macaronésica:** Maspalomas (Gran Canaria).

La distribución del presente tipo de hábitat en las costas españolas se representa en la figura 1.2, donde la presencia del hábitat queda reflejada mediante pequeños puntos de color rojo. Dicho mapa ha sido modificado y actualizado, para lo que se han empleado dos tipos de símbolos:

- Puntos gruesos de color naranja: no aparece en los mapas de los tipos de hábitat de interés comunitario del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, 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 Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, pero su presencia real es discutible, bien por error o bien porque ha desaparecido y ya no está presente en ese lugar.

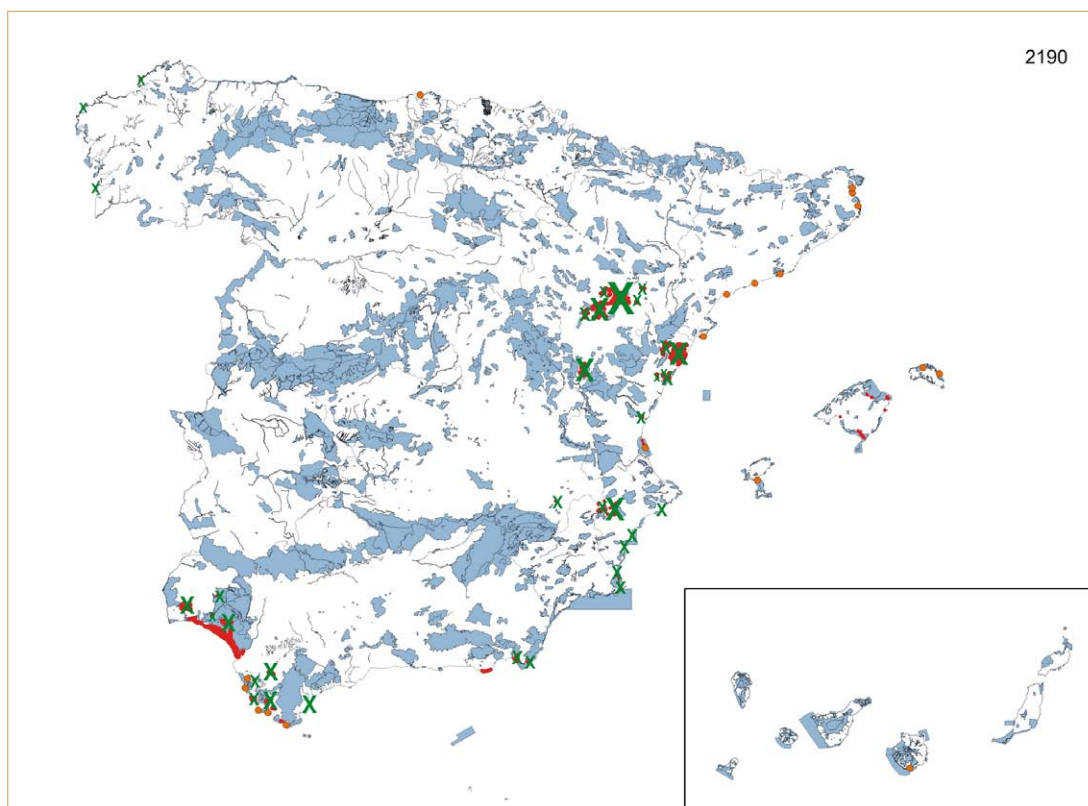
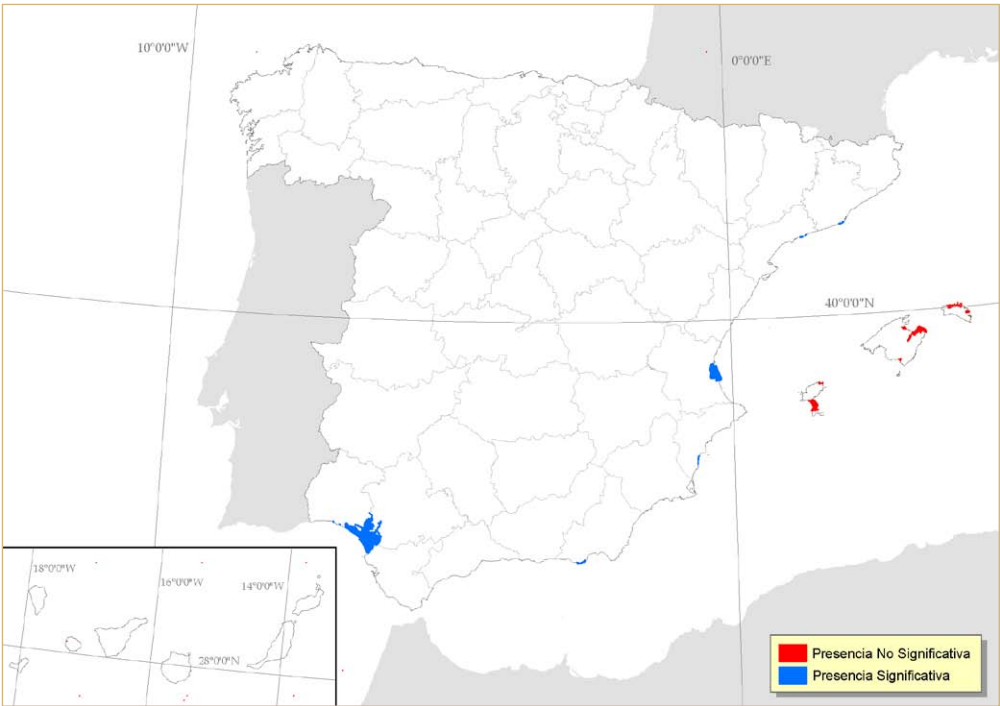


Figura 1.2

Mapa de distribución del tipo de hábitat de interés comunitario 2190 en las costas españolas. Según el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (modificado).

Figura 1.3
Lugares de Interés Comunitario en que está presente el tipo de hábitat 2190.
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	—	—	—	—	—
Macaronésica	—	—	—	—	—
Mediterránea	1	1	6	12	1.443,33
TOTAL	1	1	6	12	1.443,33

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 1.2
Número de LIC en los que está presente el tipo de hábitat 2190, 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.

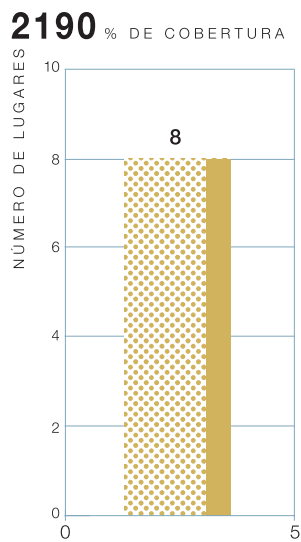


Figura 1.4

Frecuencia de cobertura del tipo de hábitat 2190 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.	—	—	—	—
	LIC	—	—	50,00%	—
Cataluña	Sup.	—	—	—	—
	LIC	—	—	25,00%	—
Comunidad Valenciana	Sup.	—	—	—	—
	LIC	—	—	25,00%	—

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.

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

Tabla 1.3

Distribución del tipo de hábitat 2190 en España por comunidades autónomas en cada región biogeográfica.



2. CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA

2.1. REGIONES NATURALES

Desconocemos la extensión que alcanza el presente tipo de hábitat en las diferentes regiones naturales, aunque se puede confirmar su presencia en las siguientes áreas:

■ Nivel 1

- 2 (zona Atlántica)
- 3 (Mediterráneo y Golfo de Cádiz)
- Canarias-1 (Tenerife Sur, Gran Canaria Sur, Fuerteventura y Lanzarote)

■ Nivel 2

- 222 (Costa cantábrica)
- 311 (Andalucía y Levante)
- 331 (Campo de Gibraltar)
- Canarias-13 (Tenerife Sur, Gran Canaria Sur, Fuerteventura y Lanzarote)

■ Nivel 3

- 2221 (Cantabria)
- 3111 (Huelva - Ayamonte)
- 3112 (Almería - Granada - Málaga)
- 3114 (Valencia - Baleares)
- 3115 (Norte de la provincia de Cádiz)
- 3116 (Huelva - Doñana)
- 3211 (Sur de la provincia de Cádiz)
- 3212 (Estrecho de Gibraltar)
- 3313 (Barcelona - Tarragona)

2.2. FACTORES BIOFÍSICOS DE CONTROL

El origen de las depresiones interdunares puede ser múltiple, ligado a distintos procesos dinámicos costeros. Como resultado, las depresiones generadas son diferentes y sometidas a una dinámica na-

tural también diferente. A continuación, exponemos los mecanismos genéticos más comunes (Hesp, 2002).

Depresiones interdunares en costas progradantes

Por un lado, las depresiones interdunares pueden estar ligadas a la evolución de un complejo de cordones dunares paralelos a la costa. Se trata de costas y dunas que reciben un continuo aporte sedimentario y que se asocian a un nivel del mar estable o en suave descenso. En estos casos, el avance (progradación) de la línea de costa va dejando tierra adentro cordones litorales antiguos formados por alineaciones dunares paralelas a la línea de costa. Cada cordón dunar se genera en un momento de parón momentáneo del avance costero. Ese momento de estabilización, que puede durar de decenas a cientos de años, es el propicio para la formación y desarrollo de un nuevo cordón de dunas primarias. Cuando el avance costero se reanuda, con el tiempo, el cordón recién creado va quedando alejado de la fuente de aporte de arena, a la vez que las condiciones ambientales se van poco a poco continentalizando. Llegará un nuevo momento de detención del avance litoral en el que formará un nuevo cordón delante del ya existente, en la parte alta de la playa, y así sucesivamente. Las depresiones interdunares constituyen por tanto los espacios no cubiertos por dunas, que se extienden entre un cordón y el siguiente.

En este caso las depresiones interdunares suelen ser longitudinales a la línea de costa y están rodeadas hacia mar y hacia tierra por cordones dunares vegetados y por lo tanto prácticamente estables. Eso hace que la geometría de las depresiones interdunares prácticamente no varíe con el tiempo, o bien lo haga lentamente. Por otro lado, el cordón dunar situado a barlovento de la depresión constituye una barrera contra el viento, máxime si se encuentra vegetado. Eso significa que el transporte de arena es muy limitado, y por tanto el enterramiento sedi-

mentario de la depresión interdunar por efectos del viento es muy lento.

Este tipo de depresiones se desarrollan sobre sistemas dunares antiguos y bien desarrollados, en los que se diferencian varios cordones dunares paralelos vegetados. En España destaca, entre otros, el sistema dunar de la Devesa del Saler, en Valencia, donde se identifican al menos cuatro cordones dunares paralelos, que dan lugar a tres alineaciones intermedias de depresiones interdunares.

Depresiones de cordones dunares móviles

En algunos casos, los cordones dunares costeros son muy dinámicos y móviles, con tasas de avance horizontal de varios metros al año. Esta situación se da en costas expuestas a vientos de mar fuertes con un importante suministro sedimentario de arena. Una vez que los edificios dunares superan una determinada altura (generalmente más de 10 m), la velocidad del viento en sus cumbres se acelera, debido al efecto Venturi, de modo que la tasa de transporte sedimentario en las zonas de barlovento de las dunas y en sus cimas es muy superior a la capacidad de las plantas fijadoras (tipo *Ammophila*) de sobrevivir al enterramiento. Las dunas dejan así de ser frenadas o fijadas por la vegetación de manera eficiente, y su movilidad aumenta mucho. Estas dunas móviles desarrollan frentes de avance (a sotavento) mucho más abruptas ($> 30^\circ$) que las caras de barlovento ($< 15^\circ$).

Según este mecanismo, los cordones dunares se desplazan hacia tierra, dejando espacio detrás, cerca de la playa, para la formación de nuevos cordones. Así, mientras se genera un nuevo cordón en la parte alta de la playa, los cordones anteriores, ya formados, avanzan tierra adentro. Cuando los nuevos cordones alcanzan la altura suficiente para impedir la fijación por la vegetación y se hacen también móviles, los cordones más antiguos se han alejado lo suficiente hacia tierra como para dejar detrás una depresión más o menos continua que separa a ambos.

En estos casos es común que unos elementos dunares de un mismo cordón avancen más deprisa que otros, por lo que los cordones dejan de tener la característica linealidad continua de los cordones estables. El frente de avance, irregular y con numero-

sos entrantes y salientes, se mueve hacia tierra cubriendo de arena otros hábitats y morfologías preexistentes. Por esta razón, las depresiones interdunares generadas por este mecanismo son muy cambiantes y efímeras: una porción de cordón dunar que sea especialmente móvil cubrirá en su avance a una depresión interdunar que se encuentre por el camino, pero a la vez generará una nueva detrás. Las depresiones cambian así con rapidez, aumentando o disminuyendo su tamaño, y sufriendo rápidos procesos de enterramiento por arena. Se trata, por tanto, del tipo genético más efímero y dinámico, en el que las depresiones continuamente se crean y se destruyen.

En España destaca el complejo dunar de Doñana, constituido por más de diez cordones dunares muy dinámicos. En este sistema, las depresiones interdunares son muy cambiantes entre los primeros cordones, próximos al mar, por su alto dinamismo, mientras que las depresiones localizadas más hacia el interior tienen una tasa de cambio mucho menor, ya que los cordones son progresivamente más estables hacia tierra.

Depresiones interdunares de deflación eólica

Se trata de las depresiones de deflación, excavadas por el viento. Son los llamados *blowouts* en la literatura anglosajona, y que en español han recibido nombres muy diversos: caldera, depresión, cubeta, pasillo, casquete, etc. Tal y como indica Vallejo (2007), se trata de propuestas no demasiado acertadas por un uso generalizado y que no cuentan con un consenso extendido en su utilización, por lo que dicho autor propone seguir usando el término inglés.

Se trata de formas erosivas generadas por el efecto de barrido de la arena por el viento, si bien estas depresiones suelen estar acompañadas de un lóbulo de deposición, localizado viento debajo de la depresión. Se trataría así más bien de un sistema que integra erosión, transporte y sedimentación. Representa un episodio de desestabilización característico de las formaciones dunares con una cierta cobertera vegetal. La génesis de estas depresiones se asocia a una modificación, más o menos puntual, de las pautas de erosión y sedimentación eólicas. Allí donde existía una situación de equilibrio entre entradas y salidas de aportes arenosos, se produce

un incremento de la erosión que lleva a la formación de una superficie de deflación. Esta ruptura del equilibrio, generalmente asociada a un debilitamiento o destrucción de la cobertura vegetal, puede vincularse, entre otros muchos fenómenos, a episodios de erosión costera y erosión hídrica, a la acción de animales o a las actividades humanas (Carter *et al.*, 1990; Vallejo, 2007). La superficie de deflación se desarrolla en extensión y en profundidad, lo que supone que a ambos lados de dicha superficie se vayan definiendo paredes laterales como testigos del progresivo rebajamiento topográfico. Simultáneamente, este proceso de deflación eólica lleva a la aparición de una zona de acumulación (lóbulo de deposición), que marca el extremo distal del *blowout*.

En líneas generales, la superficie de deflación es una zona de arena desnuda, mientras que en el lóbulo de deposición se produce la colonización por plantas psammófilas. En el caso de las paredes laterales, suelen presentar en su parte superior la vegetación original correspondiente a zonas que han soportado la erosión, mientras que las pendientes que las conectan con la superficie de deflación aparecen desnudas o con restos de raíces y otra vegetación residual.

La paralización de los procesos de deflación suele estar vinculada con la aparición de unas condiciones que dificultan la movilización de los granos de arena. Entre otras razones, lo más común es un incremento de la humedad por la proximidad o afloramiento del nivel freático, o la aparición de niveles infrayacentes de paleosuelos o depósitos de material más groseros (conchas, cantos, etc.) que aumentan la rugosidad de la superficie (Hesp, 2002). En estas condiciones puede producirse una paralización general del *blowout*, o bien la deflación se traslada a la zona de lóbulo, provocando, por tanto, un avance de todo el sistema hacia el interior (Carter *et al.*, 1990). En el primer caso, es posible que el lóbulo sea estabilizado por la colonización de diferentes especies vegetales, entre las que destacarán las leñosas. En el segundo caso, la migración del lóbulo pasa a constituir una duna parabólica que posteriormente puede evolucionar a otras formas dunares.

En España, este tipo de depresiones aparecen en los sistemas más dinámicos: Liencres (Cantabria), Devesa del Saler (Valencia) y especialmente, en Doñana (Huelva).

Papel de las aguas subterráneas en la evolución de las depresiones interdunares

En costas arenosas las formaciones costeras suelen constituir buenos acuíferos, generalmente con una alta transmisividad hidráulica. La elevada velocidad del flujo hídrico subterráneo y su proximidad a la zona de desagüe natural de agua (nivel del mar) hace que sean muy sensibles a las fluctuaciones pluviométricas. En consecuencia, el nivel freático en este tipo de acuíferos puede variar mucho a lo largo del año, en ocasiones, hasta decenas de metros. Cuando la pluviometría es suficientemente alta, el freático asciende por progresiva saturación de los poros del sedimento arenoso dunar. En sistemas dunares bien desarrollados (Doñana, Devesa del Saler, etc.) el nivel freático generalmente dibuja un domo, con la mayor altura en las zonas centrales del sistema dunar, y un descenso paulatino de la superficie freática tanto hacia el mar (línea de costa) como hacia tierra (marismas, marjales, llanuras aluviales).

Se establece así un gradiente hídrico subterráneo, desde la zona central hacia la periferia, donde el agua subterránea suele salir al exterior en forma de manantiales difusos. En la zona interna continental, la salida de agua desde el interior del sistema dunar puede dar lugar a ecotonos ricos en zonas encharcadas de agua dulce, muy preciada por la fauna de estos ambientes. En ese sentido, es de destacar el importante papel del ecotono de surgencias de agua dulce de procedencia dunar en el límite entre el sistema dunar de Doñana y las marismas que se desarrollan a su abrigo.

Por el lado marino se produce un contacto entre el agua dulce subterránea, infiltrada durante las lluvias, y el agua marina, que se infiltra en la playa (emergida y sumergida) y que fluye hacia el acuífero. La interfase agua marina/agua dulce profundiza hacia el continente, de modo que sólo está cerca de la superficie en las proximidades de la playa. No obstante, dada la mayor densidad del agua marina, el agua dulce sobrenada sobre ella. El nivel freático cerca de la playa oscila diariamente con las mareas, a menudo llevando una tendencia inversa debido al tiempo de transferencia del agua marina desde la orilla del mar hasta el acuífero (descenso del freático durante la marea alta, y ascenso del mismo durante la bajamar).

En este sistema hidrológico, las depresiones interdunares se excavan en la superficie del sistema dunar y

pueden ser intersectadas por el nivel freático durante la estación húmeda. Si el nivel freático oscila mucho, debido a la irregularidad de las precipitaciones y/o a la inexistencia de otra fuente hidrogeológica que la propia agua de lluvia, es común que todas o la mayoría de las depresiones interdunares queden secas durante el verano y estén húmedas o encharcadas en invierno. Si el nivel freático oscila poco, las depresiones pueden mantener aproximadamente el mismo nivel durante todo el año, si bien la intensificación de la evaporación durante el verano debe ser compensada con una eficiente alimentación hídrica subterránea.

Dependiendo de la dinámica de las depresiones dunares, el encharcamiento puede ser efímero, cíclico, o permanente. Es común encontrar en las depresiones interdunares longitudinales de costas progradantes un cierto número de charcas permanentes, en las que la oscilación del nivel de inundación de la laguna depende del balance precipitación/evaporación, superpuesto a la alimentación hídrica subterránea continua (Bakker, 1990). Las depresiones interdunares excavadas sobre cordones dunares móviles cambian mucho su morfología y su profundidad, por lo que con el tiempo, los niveles de inundación de una charca interdunar pueden fluctuar mucho, incluso a veces de manera independiente hasta cierto punto del régimen de precipitaciones. Por último, las depresiones excavadas por procesos de deflación generalmente son efímeras, o con encharcamientos episódicos, por coincidir un momento de excavación eólica de la superficie con un ascenso del nivel freático.

Por otro lado, conviene tener en cuenta que las plantas que colonizan los humedales como consecuencia del ascenso del nivel freático necesitan que el agua tenga unas mínimas condiciones de pureza. De este modo, algunas depresiones que se generan en la parte alta de la playa, o inmediatamente detrás del primer cordón vegetado, a veces reciben la llegada de agua marina por intrusión subterránea. En ese caso el acuífero se saliniza, al menos en las zonas próximas a la playa, y las plantas que ocupan las depresiones interdunares mueren. Esta situación puede darse por coincidencia de mareas altas con sobre elevación del nivel del mar durante un temporal, por ejemplo. De hecho, una de las consecuencias de las inundaciones marinas catastróficas (debidas a huracanes, tsunamis, etc.) es la contaminación (salinización) del acuífero y la muerte de diversas plantas que ocupaban las zonas más deprimidas.

Esta misma situación puede darse, sin necesidad de fenómenos marinos energéticos, en islas pequeñas y de poca altitud.

Conviene controlar, por tanto, las fluctuaciones del nivel freático, sus oscilaciones verticales y su periodicidad, de cara a deducir un acompasamiento (aunque sea inverso) con la marea (señal de que el contacto agua dulce/agua salada no está lejos de la superficie), o bien una respuesta a las fluctuaciones pluviométricas. Por otro lado, conviene también controlar el quimismo del agua subterránea, de cara a prevenir intrusiones marinas no deseadas, o bien la llegada de contaminantes de origen antrópico.

2.3. SUBTIPOS

La Directiva de Hábitats diferencia los siguientes subtipos.

I. Subtipo 1

Charcas interdunares, con comunidades típicas de encharcamientos arenosos permanentes, con *Charretum tomentosae*, *Elodeetum canadense*, *Hippuridetum vulgaris*, *Hottonietum palustris*, *Potametum pectinati*, etc.

II. Subtipo 2

Céspedes pioneros de depresiones interdunares, formaciones pioneras de arenas húmedas y bordes de charcas interdunares, en suelos con baja salinidad, con *Juncenion bufonii* p., *Gentiano-Erythraetum littoralis*, *Hydrocotylo-Baldellion*, etc.

III. Subtipo 3

Zona pantanosa interdunar: formaciones pantanosas calcáreas y, ocasionalmente, ácidas, a menudo invadidas por sauces rastreros, ocupando las partes más húmedas de las depresiones.

IV. Subtipo 4

Pastizales interdunares: pastizales húmedos y juncales, también a menudo con sauces rastreros (*Salix rosmarinifolia*, *S. arenaria*).

V. Subtipo 5

Depresiones interdunares con comunidades de juncos, carrizos y cañas.

2.4. EXIGENCIAS ECOLÓGICAS

Valores fisiográficos

- Altitud: se desarrollan muy cerca del nivel del mar, llegando a una altitud que generalmente no supera los 10 m.
- Orientación: se distribuyen en todo tipo de orientaciones.
- Pendientes: debido a las características propias del tipo de hábitat, las pendientes son suaves.

Valores climáticos

Las depresiones interdunares aparecen en prácticamente todo tipo de climas, aunque escasean en ambientes excesivamente húmedos, como las zonas tropicales y no existen en ámbitos glaciares.

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 Cantábrica) y más de 18 °C (Costa Mediterránea).

Precipitaciones: Las precipitaciones medias anuales oscilan entre menos de 200 mm (litoral SE) y más de 1.200 mm (Costa Cantábrica), con valores entre 200 y 400 mm en los litorales levantino y suratlántico. Los regímenes pluviométricos son, asimismo, muy variables. En consecuencia, la humedad ambiental juega un papel destacado, especialmente como condicionante de las fluctuaciones del nivel freático.

Valores litológicos

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

suele dominar la componente organógena, de origen marino, aunque también se dan sobre arenas mayoritariamente siliciclásticas.

Valores edafológicos

Debido a la escasa inalterabilidad del material (arenas fundamentalmente cuarcíticas), los suelos de las dunas pertenecen al orden Entisoles (*Soil Taxonomy*), más concretamente al subgrupo *Typic Xeropsamments*.

Valores hidrológicos

Alimentación hídrica fundamentalmente subterránea. Profundidad del nivel freático variable, desde varios metros de profundidad a pocos centímetros, o incluso, afloramiento más o menos permanente, dependiendo del régimen de precipitaciones, transmisividad del acuífero, conexión con otros acuíferos cercanos, etc.

Generalmente, el flujo subterráneo se dirige hacia el mar, aunque un descenso acusado del nivel freático puede dar lugar a intrusión marina y salinización del acuífero.

Durante los temporales marítimos pueden producirse invasiones episódicas de agua salada superficial.

2.5. ESPECIES CARACTERÍSTICAS Y DIAGNÓSTICAS

En la tabla 2.1 se ofrece un listado con las especies que, según la información disponible y las aportaciones de las sociedades científicas de especies (SE-BCP; CIBIO), pueden considerarse como características y/o diagnósticas del tipo de hábitat de interés comunitario 2190. En ella se encuentran caracterizados los diferentes taxones en función de su presencia y abundancia en este tipo de hábitat (en el caso de los invertebrados, se ofrecen datos de afinidad en lugar de abundancia).

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia/Afinidad**	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
PLANTAS						
<i>Juncus maritimus</i>	Hábitat 2190	—	Habitual, diagnóstica	Muy abundante	Perenne	—
<i>Juncus acutus</i>	Hábitat 2190	—	Habitual, diagnóstica	Muy abundante	Perenne	—
<i>Scirpoides holoschoenus</i>	Hábitat 2190	—	Habitual, diagnóstica	Muy abundante	Perenne	—
<i>Galium palustre</i>	Hábitat 2190	—	Habitual	Moderada	Perenne	—
<i>Lotus pedunculatus</i>	Hábitat 2190	—	Habitual	Moderada	Perenne	—
<i>Schoenus nigricans</i>	Hábitat 2190	—	Habitual	Muy abundante	Perenne	—
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	Hábitat 2190	—	Habitual	Escasa	Perenne	—
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	Hábitat 2190	—	Habitual, diagnóstica, exclusiva	Escasa	Perenne	—
<i>Iris pseudacorus</i>	Hábitat 2190	—	Habitual	Moderada	Perenne	—
<i>Rumex conglomeratus</i>	Hábitat 2190	—	Habitual	Escasa	Perenne	—
<i>Lytrum junceum</i>	Hábitat 2190	—	Habitual	Escasa	Perenne	—
<i>Holcus lanatus</i>	Hábitat 2190	—	Habitual	Escasa	Perenne	—
<i>Salix repens</i>	Hábitat 2190	—	Habitual	Moderada	Perenne	—
<i>Salix atrocinerea</i>	Hábitat 2190	—	Habitual	Moderada	Perenne	—
<i>Cladium mariscus</i>	Hábitat 2190	—	Habitual	Dominante	Perenne	—

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

INVERTEBRADOS						
<i>Eristalinus sepulchralis</i> (Linnaeus, 1758)	Hábitat 2190	Alpina, Atlántica, Continental, Mediterránea, Norte Europa	—	Preferencial	Larvas saprófagas	—
<i>Platycheirus clypeatus</i> (Meigen, 1822)	Hábitat 2190	Alpina, Atlántica, Continental, Mediterránea, Norte Europa	—	Preferencial	Larvas depredadoras	—
<i>Platycheirus occultus</i> (Goeldlin, Maibach, Speight, 1990)	Hábitat 2190	Alpina, Atlántica, Continental, Mediterránea, Norte Europa	—	Preferencial	Larvas depredadoras	—
<i>Syritta flaviventris</i> (Macquart, 1842)	Hábitat 2190	Continental, Macaronésica, Mediterránea	—	Preferencial	Larvas saprófagas	—

Datos aportados por el Centro Iberoamerica de la Biodiversidad (CIBIO, Universidad de Alicante).

* **Presencia:** Habitual: taxón característico, en el sentido de que suele encontrarse habitualmente en el tipo de hábitat; Diagnóstico: entendido como diferencial del tipo/subtipo de hábitat frente a otras; Exclusivo: 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.

Tabla 2.1

Taxones que, según las sociedades científicas de especies (SEBCP y CIBIO), pueden considerarse como característicos y/o diagnósticos del tipo de hábitat de interés comunitario 2190.

2.6. ESPECIES DE LOS ANEXOS II, IV Y V

En la tabla 2.2 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 la Sociedad Española para el Estudio y la Conservación de los Mamíferos (SECEM), se encuentran común o localmente presentes en el tipo de hábitat de interés comunitario 2190.

Taxón	Anexos Directiva	Afinidad* hábitat	Afinidad* subtipo	Comentarios
MAMÍFEROS				
<i>Myotis capaccinii</i>	—	—	No preferencial	—
<i>Myotis nattereri</i>	—	—	No preferencial	—
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	—	—	No preferencial	—
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	—	—	No preferencial	—

Datos aportados por la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM), según informe realizado en el área norte de la Península Ibérica. Este informe comprende exclusivamente las comunidades autónomas de Galicia, Asturias, Cantabria, Castilla y León, País Vasco, La Rioja, Navarra, Aragón y Cataluña.

* **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.

Tabla 2.2

Taxones incluidos en los anexos II, IV y V de la Directiva de Hábitats (92/43/CEE) que se encuentran común o localmente presentes en el tipo de hábitat 2190.



3. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN

3.1. DETERMINACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA SUPERFICIE OCUPADA

Método para calcular la superficie

Considerando las características de este tipo de hábitat, definido por zonas deprimidas con encharcamiento episódico o permanente, 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 (SIG), es relativamente sencilla. En este caso, se haría uso de técnicas de teledetección de alta resolución espacial o, preferentemente, de trabajos de fotointerpretación a escala detallada, para la delimitación de las zonas deprimidas húmedas, y por otro lado se contaría con la información altimétrica (mapas topográficos detallados).

Directrices

Como primer paso, la técnica más adecuada es la fotointerpretación. Aunque se recomienda el uso de ortofotos, la escasa energía 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, ó, como máximo 1:18.000. Dada la variable cobertura vegetal acompañante a las depresiones interdunares, no es obligatorio disponer de fotografías a color o en falso color. La visión estereoscópica generalmente permite identificar sin problemas las depresiones y los encharcamientos interdunares. No obstante, 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 el 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

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 tipo de 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 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 depresiones interdunares 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 de las principales depresiones, 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 depresiones interdunares suelen presentar profundidades generalmente pequeñas, en la mayoría de los casos inferiores a 5 m y diámetros que pueden oscilar entre unos pocos metros (pequeños *blowouts*) hasta decenas de metros. Las depresiones interdunares longitudinales pueden presentar anchuras relativamente pequeñas (de unas decenas de metros a 100 m o más), pero longitudes importantes, incluso de varios kilómetros, y una gran continuidad, como sucede en la Devesa del Saler (lo cual no significa que toda la depresión longitudinal presente encharcamiento, ni siquiera episódico).

Las dimensiones mínimas que debe ocupar el tipo de hábitat 2190 están muy condicionadas por la topografía de los surcos interdunares y por las oscilaciones del nivel freático. En muchos sistemas dunares, esta última variable es muy cambiante, por lo que una misma depresión puede presentar una superficie mojada o encharcada extremadamente cambiante: desde inexistencia de lámina de agua (al final del verano) hasta una máxima inundación (final del invierno). Las dimensiones míni-

mas que puede alcanzar una depresión interdunar encharcada permanentemente puede ser de apenas unas pocas decenas de metros cuadrados, como sucede con los corrales de Doñana, lo que no impide que la importancia ecológica del tipo de hábitat sea de primer orden, por tratarse de los únicos espacios con afloramiento de agua dulce y relativamente protegidos del viento en estos medios tan inhóspitos. Por todas estas razones, conviene realizar un seguimiento periódico que cubra, como mínimo, dos años consecutivos, con determinaciones cartográficas al menos estacionales.

Las labores de seguimiento deberían considerar como superficie de referencia la máxima extensión que pudo ocupar históricamente el encharcamiento interdunar, deducido de la inspección de fotografías aéreas históricas. Conviene también controlar la generación de nuevas depresiones y el enterramiento de otras preexistentes: se trata de un proceso natural que no hay que alterar, si bien es importante conocer anualmente la variación de la superficie total encharcada y realizar balances plurianuales para deducir tendencias, si las hay.

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 la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP), pueden considerarse como típicas del tipo de hábitat de interés comunitario 2190. 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 funcional).

Taxón	Nivel* y opciones de referencia**	Directrices Estado Conservación						Comentarios
		Área de distribución	Extensión y calidad del tipo de hábitat	Dinámica de poblaciones	Categoría de Amenaza UICN		CNEA***	
					España	Mundial		
PLANTAS								
<i>Hydrocotyle bonariensis</i> Comm. ex Lam. ¹	Hábitat 2190 (4)	América, desde EEUU hasta Argentina.	Desconocida	Desconocida	—	—	—	Exótica conocida desde 1951 en las depresiones dunares húmedas de Galicia.
<i>Juncus acutus</i> L. ²	Hábitat 2190 (3, 6)	Litoral del W de Europa, Región Mediterránea y Oriente próximo.	Desconocida	Desconocida	—	—	—	—
<i>Juncus maritimus</i> Lam. ²	Hábitat 2190 (3, 6)	C y W de Europa, Región Mediterránea, W de Asia y N de África occidental.	Desconocida	Desconocida	—	—	—	—
<i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.) Soják ³	Hábitat 2190 (3, 6)	Europa central, Región Mediterránea, Asia Occidental y Sudáfrica.	Desconocida	Desconocida	—	—	—	Abundante por toda la Península Ibérica y Baleares.

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

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

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

Bibliografía de referencia:

¹ Buch, 1951; Castroviejo, 1973; González, 1988; Valdés Bermejo & Silva Pando, 2004; Romero, 2007.

² Romero Zarco, (en prensa).

³ Castroviejo, 2008.

Tabla 3.1

Identificación y evaluación de los taxones que, según la información disponible y las aportaciones de la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP), pueden considerarse como típicos del tipo de hábitat de interés comunitario 2190.

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 aquellas que revisten una importancia especialmente relevante para el presente tipo de hábitat. También se añaden dos variables nuevas específicas para este tipo de hábitat dentro del grupo de factores A (Morfoседimentario), y que se describirán con detalle a continuación del listado. El orden de los factores en este grupo se ha cambiado, ya que algunas variables que eran recomendadas para otros tipos de hábitat son obligatorias para éste:

A) Factores morfoседimentarios

1. Superficie del sistema dunar (en ha).
2. Longitud del sistema dunar activo (en km).
3. Anchura del sistema dunar activo (en km).
4. Superficie relativa de las depresiones interdunares húmedas.
5. Grado de fragmentación del sistema dunar.
6. Número de cordones dunares paralelos.
7. Profundidad media del nivel freático.
8. Descensos prolongados del nivel en el acuífero.
9. Conductividad eléctrica del agua del acuífero.
10. Pendiente media de las dunas del sistema dunar activo (en °).
11. Altura modal de las dunas del sistema dunar costero (en m).
12. Volumen de arena del sistema dunar (en millones de m³).
14. Granulometría media del sistema dunar (en unidades phi).

B) Factores de incidencia marina y litoral

1. Tendencia costera, en los últimos diez años (en m/año; avance: > 0; retroceso: < 0).
2. Superficie relativa de los cortes y roturas en el frente dunar debidos al oleaje.
3. Evolución de la anchura media de las roturas del frente dunar, en los últimos diez años.

C) Factores de incidencia eólica

1. Clasificación de Hesp (1988).
2. Porcentaje de superficie dunar ocupado por *blowouts*.
3. Porcentaje de superficie dunar ocupado por mogotes o *hummocks* arenosos.
4. Porcentaje de la duna secundaria ocupado por pasillos de deflación.
5. Profundidad de los pasillos de deflación, en porcentaje de altura de la duna secundaria.
6. Tendencia del frente dunar, en los últimos diez años (en m/año; avance: > 0; retroceso: < 0).
7. Aumento/disminución de la anchura de los *blowouts* (en %, en los últimos diez años).
8. Porcentaje de superficie dunar cubierto por mantos eólicos sin consolidar.
9. Tasa de transporte eólico de arena hacia el interior del sistema dunar.

D) Factores ecológicos y de cobertera vegetal

1. Cambio en la cobertera vegetal, en los últimos diez años (variación de porcentaje de duna cubierta).
2. Continuidad en las sucesiones vegetales.
3. Conectividad a escala de paisaje entre distintos hábitats.
4. Porcentaje de especies de tipos I y II en los 100 m a sotavento de la duna secundaria.
5. Presencia de invertebrados y reptiles en el sistema dunar.
6. Presencia de nidos de aves costeras en el sistema dunar.
7. Porcentaje de especies exóticas en los cordones dunares activos.
8. Porcentaje de eliminación antrópica de cobertera vegetal.

Otras variables específicas de este hábitat

Se incluyen dos variables nuevas, procedentes del método de evaluación mediante el índice ECLETTIC, diseñado para evaluar la estructura y función de los tipos de hábitat de aguas estancadas (grupo 31). Se trata de una variable para estimar el régimen del nivel de las aguas subterráneas y otra para estimar la salinidad de las aguas del acuífero. Ambas variables deben sumarse al grupo de factores A (Morfoседimentarios). A continuación, se describen los métodos de medición y la puntuación que se obtiene según los resultados que se deriven de su aplicación.

A) Régimen del nivel de las aguas subterráneas

Variable/índice: descensos prolongados del nivel en el acuífero o masa de agua subterránea de la que la masa de agua es dependiente

- Tipo (estructural/funcional): funcional.
- Aplicabilidad (obligatorio/recomendado): obligatorio.

■ **Propuesta de métrica:** Variación del nivel de agua en el acuífero asociado a la masa de agua (en su caso). Comparación interanual medida en el mismo período del año.

■ **Procedimiento de medición:** Medición del nivel en los piezómetros. Se realizarán al menos dos medidas al año, una, a mediados de otoño y otra, a mediados de primavera. Ambas son necesarias para determinar la situación del nivel del agua en el acuífero subyacente y su influencia en el humedal. En las lagunas y humedales permanentes, en el caso de ser posible, serían recomendables cuatro medidas al año realizadas a mediados de cada estación para cuantificar también las variaciones en las fluctuaciones con carácter estacional y obtener un modelo conceptual de evolución hidrológica.

Estas medidas se realizarán siempre que exista o que pudiera instalarse una red de piezómetros, tanto para los ecosistemas permanentes como para los temporales. Actualmente, existe una red de puntos

(pozos o piezómetros) pertenecientes a organismos oficiales (Confederaciones hidrográficas, IGME o CEDEX) que permiten realizar medidas de la profundidad del nivel de agua. Si los puntos de observación (pozos y/o piezómetros del entorno del humedal) pertenecen a alguna de las redes de observación de organismos oficiales, es muy probable que dispongan de un registro histórico a partir del cual poder determinar la variación anual del nivel de agua subterránea en dicho punto.

Preferentemente la red de observación deberá establecerse en tres zonas distintas:

- a) A una distancia larga del humedal, dentro de su cuenca vertiente. Aunque depende de la extensión del acuífero, conviene trabajar en un radio no mayor de 1 km desde el humedal.
- b) A una distancia media entre el límite de la cuenca vertiente y el humedal, dentro de su cuenca vertiente. Esto equivaldría, en el ejemplo anterior, a una distancia aproximada de 500 m como máximo, normalmente inferior según sea la situación del primer punto.
- c) A pocos metros del humedal, muy cerca de la zona inundada del mismo.
- d) Pueden seleccionarse tres puntos de agua representativos de estas tres distancias de trabajo.
- e) Para que un punto de agua sea representativo debe reunir las siguientes condiciones:

- Los tres puntos deben situarse en la misma dirección y sentido que una hipotética línea

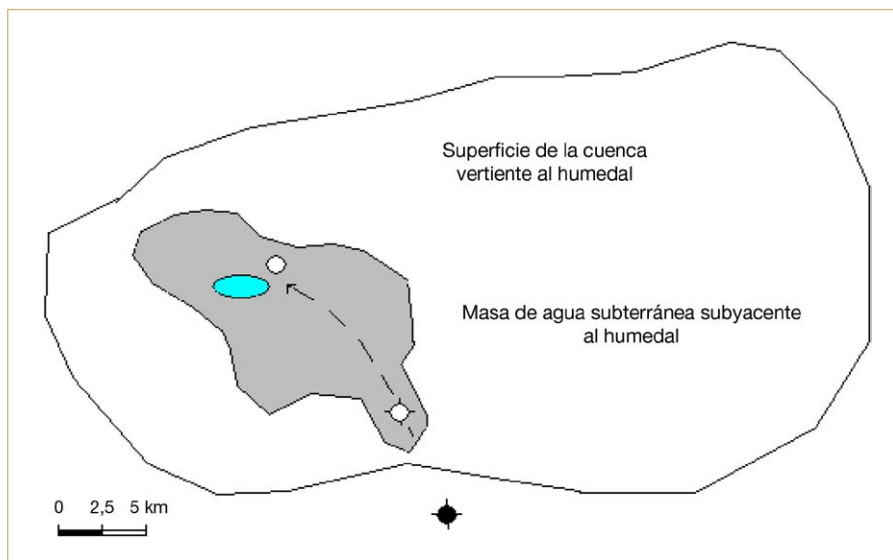


Figura 3.1
Esquema ilustrativo de emplazamiento de los tres puntos de observación en el entorno de un humedal dependiente de aguas subterráneas (masa de agua subyacente al mismo) y cuenta vertiente.

de flujo subterráneo. Ésta puede preestablecerse en función de la información hidrogeológica disponible en los mapas hidrogeológicos publicados por el IGME.

- Facilidad de acceso.
- Buen estado de conservación. Es decir, que no sea un punto de vertido de aguas residuales, ni una fosa séptica.
- Que disponga de una suficiente profundidad relativa, es decir, generalmente entre 10 y 30 m, a efectos de asegurar su penetración en el acuífero subyacente.

En caso de no existir puntos de observación pertenecientes a redes oficiales, es necesario instalar dichos piezómetros. El piezómetro es una perforación que penetra en la masa de agua subterránea y permite obtener información sobre el nivel piezométrico de acuerdo con la posición del nivel de agua que existe en su interior. Normalmente, es de pequeño diámetro (habitualmente, entre 50 y 90 mm) que se reviste con un tubo plástico de PVC (cloruro de polivinilo), ranurado únicamente en su tramo inferior (los últimos metros o la zona más profunda). Ese tramo ranurado conviene enfundarlo en una tela a efectos de evitar la entrada de finos a través de las ranuras al interior del piezómetro, dado que irían colmatándolo impidiendo su correcta función.

Los piezómetros sirven fundamentalmente para observar el nivel piezométrico del agua en un acuífero, dato de trascendental importancia en los estudios de aguas subterráneas. Al proyectar un piezómetro es importante tener presente cuál va a ser su empleo. En nuestro caso, va a ser un piezómetro fijo para controlar la variación del nivel freático. En este caso, son suficientes diámetros de 25 mm. Casi siempre, la entubación debe revestirse con tela metálica o de nylon. En cuanto a la zona filtrante o ranurada, ésta debe ser la zona del tubo que está en contacto con el acuífero, por lo que debe estar abierta para que penetre el agua. La disposición, frecuencia y tamaño de las aberturas deberán estar en relación con la granulometría de los materiales del acuífero.

Es importante finalmente la protección del piezómetro. Si éste debe estar en servicio permanentemente, es importante que esté protegido de forma adecuada. Se recomienda una tapa metálica galvanizada que va empotrada en el terreno o sobre un pedestal de mampostería y cementada.

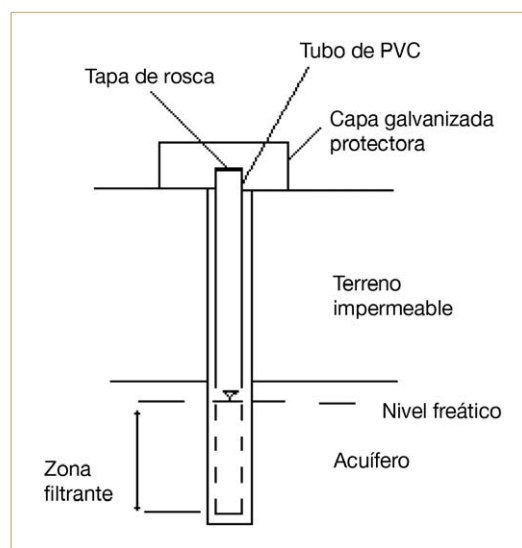


Figura 3.2
Representación esquemática de un piezómetro.

Tipología de Estados de Conservación

El nivel de referencia mínimo será la medida del año más seco en el registro histórico disponible.

- *Estado favorable* (condiciones de referencia): cuando la variación anual de los niveles de agua subterránea observados corresponden a la media de los años de registro histórico precedentes. 4 puntos.
- *Estado desfavorable-inadecuado*: cuando se observan descensos de los niveles inferiores al 5% por debajo de la media de los años observados precedentes. 2 puntos.
- *Estado desfavorable-malo*: Cuando se observan más de dos medidas consecutivas que descenden más del 5% de los niveles de aguas subterráneas observados en dicho punto de medida. 0 puntos.

B) Salinidad de las aguas del acuífero y presencia de contaminantes

El cambio del contenido salino en las aguas del acuífero supone una alteración muy importante que se refleja en las características del agua descargada a los ecosistemas acuáticos a los que está ligado, pudiendo alterar con ello sus características ecológicas fundamentales como es la salinidad.

Variable/índice: conductividad eléctrica del agua del acuífero

- Tipo (estructural/funcional): funcional.
 - Aplicabilidad (obligatorio/recomendado): obligatorio.
- **Propuesta de métrica:** medida de la conductividad de las aguas subterráneas. Medida dos veces al año, al mismo tiempo que se efectúen las medidas de profundidad de nivel de agua.
- **Procedimiento de medición:** conductivímetro. Dos medidas al año en los piezómetros, en otoño y en primavera, realizadas siempre en el mismo mes.

Tipología de “Estados de Conservación”

- *Estado favorable* (condiciones de referencia): cuando los valores de conductividad obtenidos varían menos de un 5 % entre las medidas interanuales y no hay una tendencia clara entre las medidas plurianuales. 4 puntos.
- *Desfavorable-inadecuado:* cuando los valores de conductividad obtenidos varían entre un 5 y un 10% entre las medidas interanuales y no se observa una tendencia clara entre las medidas plurianuales. 2 puntos.
- *Desfavorable-malo:* cuando los valores de conductividad obtenidos varían más de un 10%

entre las medidas interanuales o se observa una tendencia clara entre las medidas plurianuales. 0 puntos.

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 con detalle en la ficha general del grupo 2. No obstante, la inclusión en este tipo de hábitat de dos variables nuevas obliga a modificar ligeramente el procedimiento.

Puesto que las dos variables descritas pasan a engrosar el grupo de factores A (MorfoSEDIMENTARIOS), este grupo pasará a tener catorce variables. Las dos variables descritas serán consideradas como obligatorias para este tipo de hábitat.

La evaluación global de la estructura y función permite estimar semicuantitativamente el estado de conservación del tipo de hábitat. El método consiste simplemente en la suma total de los valores obtenidos en todas las variables medidas o estimadas. La tabla 3.2 muestra la caracterización del estado de conservación global del sistema dunar a partir de los rangos de variación del total de las variables.

	ESTADO DE CONSERVACIÓN		
	FAVORABLE	DESFAVORABLE –INADECUADO–	DESFAVORABLE –MALO–
Evaluación global del estado de conservación	165-248	83-164	0-82

Tabla 3.2
Caracterización del estado de conservación global del sistema dunar a partir de los rangos de variación del total de las variables.

No obstante, es muy importante tener en cuenta el número de variables medidas que llevan a obtener el valor del estado de conservación. Ese número indica el grado de representatividad de los datos obtenidos, así como el conocimiento que se tiene del sistema dunar (y por tanto es indicativo de la

mayor o menor necesidad de abordar estudios que reduzcan la indeterminación existe). Por ello, al resultado obtenido hay que añadir una letra (A, B o C) que indique la calidad de la evaluación en función del número de variables tenidas en cuenta, según la tabla 3.3.

	REPRESENTATIVIDAD DE LOS RESULTADOS		
	A	B	C
Número de variables medidas	74-51	27-50	0-26

Tabla 3.3
Determinación del grado de representatividad de los resultados en función del número de variables medidas.

La ausencia de información (resultados de tipo C) no es necesariamente indicativa de un estado de conservación desfavorable, por lo que no tiene sentido combinar numéricamente el resultado obtenido en el cómputo de las variables con el número de variables medido. Más bien, se trata de dos tipos de informaciones diferentes que caracterizan el resultado: evaluación del estado de conservación, y fiabilidad de la evaluación. Así, si en un caso se obtiene un resultado de 175C, se evidenciará la alta escasez de datos disponibles, de modo que se tiene muy poca información acerca del sistema. No obstante, los pocos datos existentes apuntan hacia un estado de conservación favorable. De igual modo, un sistema dunar con un resultado de 22A indicará un claro estado de conservación desfavorable-malo, determinado a partir de un elevado número de variables medidas.

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

Directrices

En primer lugar, se propone llevar a cabo un inventario lo más exhaustivo posible de todos y cada uno de los campos dunares existentes en cada región natural considerada, incluyendo los de dimensiones testimoniales, así como las fosilizadas antaño. Puede parecer un trabajo de gran alcance, pero con los medios disponibles actuales esta labor no debe plantear demasiados problemas, salvo los que la propia dedicación exige.

Por una parte, se dispone a través de internet de la excelente documentación ofrecida gratuitamente por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, en la página del *Catálogo de playas*. Por otra parte, en algunos casos, como el del Gobierno Vasco, es factible su acceso libre. También se dispone, a través de este mismo medio, de fotogramas

aéreos verticales de diferentes años que posibilitan este trabajo. En el resto de los sectores costeros, tampoco es difícil acceder a los fotogramas representativos. Con esta información se podrán establecer las pautas evolutivas futuras de cada uno de los campos dunares al objeto de proponer medidas correctoras para cada unidad. Asimismo, con esta información de primera mano se podrán establecer políticas de conservación a ultranza al tratarse de tipos de hábitat de especial interés geológico cuando hayan perdido su típica colonización vegetal.

Algunas variables requieren de un estudio en gabinete mediante el análisis de fotografías aéreas, imágenes de satélite, mapas u otra documentación. Sin embargo, existe un número importante de variables que deben ser medidas de manera periódica sobre el terreno, para lo cual debe planificarse un programa de muestreo/inspección que, según la época del año, incluya las variables que deben medirse de forma simultánea. La frecuencia de muestreo de cada variable se especifica en la ficha general del grupo 2.

En lo que se refiere a la zona geográfica en la que hay que realizar el muestreo, conviene visitar todos los sistemas dunares costeros, ya que la mayoría de ellos en España presentan un preocupante estado de deterioro. No obstante, algunos sistemas dunares costeros presentan un gran desarrollo longitudinal, por lo que, de cara a obtener una mayor efectividad, se recomienda elegir zonas más o menos concretas cuya inspección y medición puedan hacerse sin dificultad a lo largo de unas pocas horas. 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 el 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 (preferiblemente de 25 m).
- Algunas bolsas de plástico con cierre hermético para muestreo de sedimentos.
- Una pequeña paleta para muestreo de sedimentos.
- Cámara fotográfica para documentar los diversos aspectos que se recogen en las fichas.

Para el caso de las variables que requieren medir distancias mayores, o bien alturas, conviene utilizar un sistema de mediciones topográficas, bien sea nivel, teodolito, estación total o GPS dinámico. En ausencia de estos equipos, se puede recurrir a un sistema de pértigas graduadas (jalones), ayudadas por un nivel óptico de mano (inclinómetro) y cinta métrica.

Estaciones de referencia

Región biogeográfica atlántica

- **Localidad 1: Dunas de Lienres (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 biogeográfica 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

Región biogeográfica macaronésica

- **Localidad 1: Dunas de Maspalomas (Gran Canaria)**
Coordenadas geográficas: 27° 44' N, 15° 35' W
Masa de Agua: Islas Canarias
Código espacio red Natura 2000: ES7010007

3.4. EVALUACIÓN 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 aquellas que revisten una especial relevancia para el presente 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. Uso ganadero y pastoreo del sistema dunar vegetado.
7. Porcentaje del sistema dunar activo ocupado por infraestructuras permanentes.
8. Densidad de la red de caminos.
9. Porcentaje de sistema dunar ocupado por residuos y basuras.
10. Frecuencia de limpieza de la playa seca.
11. Paseos a caballo sobre el sistema dunar.
12. 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

Tal y como indican Ley *et al.* (2007), una de las causas más importantes de la degradación y desaparición de la cubierta vegetal en dunas es el pisoteo de los usuarios de la playa sobre la vegetación. La afluencia masiva, especialmente durante los meses de verano, a las costas origina la pérdida de vegetación, sobre todo en las zonas próximas a los aparcamientos, chiringuitos, etc. Resulta indispensable, por tanto, eliminar la afluencia de público al área de dunas con vegetación, especialmente si se encuentra en deterioro. Se recomienda proteger para ello el cordón dunar mediante cerramientos, adecuación de accesos, construcción de pasarelas y carteles informativos.

Los cerramientos más efectivos son los que limitan el acceso al menos al 90% de los usuarios que originalmente entraban antes de cerrar el paso. Pueden ser de madera y malla metálica, o bien de madera y cuerdas. En zonas muy visitadas, conviene evitar el cierre de áreas demasiado extensas, para lo que resulta útil dejar pasillos de acceso mediante pasarelas. Por otro lado, puesto que las depresiones interdunares son especialmente vulnerables, puede ser adecuado diseñar cerramientos específicos para las depresiones encharcadas más importantes o con mayor peligro de deterioro. No obstante, en algunos casos las depresiones interdunares están rodeadas por dunas más o menos móviles, por lo que puede suceder que con el tiempo los cerramientos queden enterrados o bien descalzados por el desplazamiento de las dunas. Debe tenerse en cuenta esta posibilidad y hacerse un seguimiento periódico de la eficacia del cerramiento.

Dado que la formación de las depresiones interdunares y su mantenimiento dependen de la alimentación hídrica subterránea y de su calidad, debe hacerse un seguimiento continuo de las oscilaciones del nivel freático y de la calidad del agua subterránea en los alrededores del sistema dunar. Conviene vigilar las extracciones de aguas subterráneas en el entorno (para fines agrícolas, de abastecimiento local, ganadería, etc.), para evitar un descenso regional del ni-

vel freático que pueda afectar a la supervivencia de este tipo de hábitat. Este ha sido un problema de difícil solución en el caso del Parque Nacional de Doñana, donde el mantenimiento de charcas y lagunas interdunares ha estado en claro peligro debido a las extracciones de agua subterránea llevadas a cabo en el acuífero Almonte-Marismas (Merino & Merino, 1988). La explotación de los acuíferos conectados con los sistemas dunares costeros debe tener en cuenta esta circunstancia, para lo cual conviene elaborar modelos de explotación que en todo caso aseguren el mantenimiento del flujo a estos tipos de hábitat, así como la calidad de las aguas que los abastecen. En ese sentido, resulta fundamental realizar un muestreo y análisis químico periódico de las aguas subterráneas del acuífero, según la metodología expuesta en la presente ficha.

Por otro lado, hay que evitar a toda costa que el acceso a la playa se haga de manera indiscriminada, o que se haga a través de pasillos concretos por los que se pisotee la duna, ya que en estos caminos la vegetación muere y el viento excava mucho más fácilmente pasillos de deflación que fragmentan el sistema dunar y lo hacen mucho más vulnerable. Una duna fragmentada sufre una erosión mayor que si constituyera un único cordón continuo. Por ello, el método más empleado para canalizar el acceso de usuarios a la playa sin que se deteriore el cordón de dunas secundarias es la instalación de pasarelas elevadas. La anchura de las pasarelas debe permitir el cruce de dos personas con coche de niños, es decir, entre 1,5 y 2,5 m. La altura debe ser de entre 1 y 2 m, de manera que permita que bajo ella continúe la dinámica dunar, pero a la vez no exista un impacto visual acusado, ni que se facilite el trasiego de personas por debajo de las pasarelas. Dichas pasarelas deben conectar los aparcamientos, fuera del ámbito dunar, con la playa, pasando por encima de todo el sistema dunar en su totalidad. No deben ubicarse sobre depresiones o pasillos de deflación preexistentes, ya que se acentuaría la erosión del sistema dunar. Las pasarelas deben instalarse en una zona de altura normal.



5. BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA

- ALDEGUER, M. & SEVA, E., 1989. Agresiones al medio dunar. Propuestas de ordenación. En: Escarrré, 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.
- ALLIER, C., GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. & RAMÍREZ, I., 1974. *Mapa ecológico de la Reserva Biológica de Doñana, escala 1:10.000*. Sevilla: CSIC.
- ANDREWS, B.D. GARES, P.A. & COLBY, J.D., 2002. Techniques for GIS Modeling of Coastal Dunes. *Geomorphology* 48: 289-308.
- 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-Cantabria). 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.
- ARTEAGA, C. & SANJOSÉ, J. J., 2004. Características sedimentológicas y evolución de una duna lingüiforme en el sistema dunar de Liencres (Cantabria). En: Blanco, R., López, J. & Pérez Alberdi, A. (eds.). *Procesos geomorfológicos y evolución costera*. II Reunión de Geomorfología Litoral. Cursos e Congresos da Universidade de Santiago de Compostela. 145. pp 37-50.
- 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.
- BEN SALEM, M.B. (dir), 1988. *Manuel de fixation des dunes*. Cahier FAO Conservation nº 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.
- BODÉRE, J.C., CRIBB, R., CURR, R.C.F., DAVIES, P., HALLÉGOUET, B., MEUR, C., PIROU, N., WILLIAMS, A.T. & YONI, C., 1991. La gestion des milieux dunaires littoraux. Evaluation de leur vulnérabilité a partir d'une liste de controle. Etudes cas dans le sud de Pays de Galles et en Bretagne Occidentale. *Noröis* 38 (151): 279-298.
- BUCH, H., 1951. Über die Flora und Vegetation Nordwest-Spaniens. *Societas Scientiarum Fennica, Commentationes Biologicae* 10 (7): 1-98.
- CALDAS, F. B. & HONRADO, J.J., 2001. Flora & Vegetation of the Atlantic Dunes of the Northwest Coast of Portugal. In: Houston, J.A., Edmondson, S.E. & Rooney, P.J. (eds.). *Coastal dune management*. Shared Experience of European Conservation Practice. Liverpool University Press. pp 336-342.
- CARTER, R.W.G., 1988. *Coastal environments*. Academic Press. 617 p.
- CARTER, R.W.G., HESP, P.A. & NORDSTROM, K.F., 1990a. 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.
- CARTER, R.W.G., NORDSTROM, K.F. & PSUTY, N. P., 1990b. The study of coastal dunes. En: Nordstrom, K.F., Psuty, N.P. & Carter, B. *Coastal Dunes. Form and Processes*, Chichester: Wiley & Sons. pp 1-16.
- CARTER, R.W.G. & CHANCE, S., 1997. Integrated Management of Coastal Dunes in Ireland: Assessment and Example. In: 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.

- CASTROVIEJO, S., 1973. Sobre la Flora Gallega, II. *Trabajos del Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal* 6: 15-22.
- CASTROVIEJO, S., 2008. *Scirpoides* Ség. En: Castroviejo, S. et al. (eds.). *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares XVIII*: 60-62. Real Jardín Botánico, CSIC,
- CHUVIECO, E., 2000. *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid: Rialp. 568 p.
- CLEMENTE, L., SILJESTRÖM, P. & RODRÍGUEZ, A., 1997. Relación suelo/geomorfología en el Parque Nacional de Doñana. *Cuaternario y Geomorfología* 11 (1-2): 33-41.
- CMA (CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE), 1998. *Reconocimiento biofísico de espacios naturales. Doñana: una aproximación ecosistémica*. Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente. 526 p + 1 mapa ecológico.
- CORTÉS MACÍAS, R., 1996. La formación de suelos sobre dunas costeras. En: Grandal, A. & Pagés, L. (eds.). *IV Reunión Nacional de Geomorfología*. Cuad. Lab. Xeol. Laxe nº 21. pp 597-603.
- COSTA, M., 1986. *La vegetació al País Valencià*. Valencia: Universitat de València.
- COSTA, M., 1987. La vegetación. En: *El Medio Ambiente en la Comunidad Valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana. pp 56-63. 417 p.
- COSTA, M. & MANSANET, J., 1981. Los ecosistemas dunares levantinos: La Devesa de l'Albufera de Valencia. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 37 (2): 277-299.
- COSTA, M., PERIS, J.B. & FIGUEROLA, R., 1983. *La vegetación de la Devesa de la Albufera*. Monografies nº 1. Valencia: Ayuntamiento de Valencia.
- COSTA, M., PERIS, J.B. & STUBING, G., 1986. *Ecosistemas vegetales del litoral mediterráneo español*. Madrid: MOPU.
- CRAWFORD, R.M., 1989. *Studies in Plant Survival*. Oxford: Blackwell. 296 p.
- DE FELIPE, G. & VIZCAINO, A., 1987. Espacios naturales: el caso de la Devesa de l'Albufera. En: *El Medio Ambiente en la Comunidad Valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana. pp 144-149. 417 p.
- 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 GONZÁLEZ, T.E. & FERNÁNDEZ PRIETO, J.A., 2002. *Paisaje vegetal del noroeste ibérico. El litoral y orquídeas silvestres del territorio*. Gijón: Ediciones Trea SL.
- 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.
- FLOR, G., 1990. Tipología de dunas eólicas. Procesos de erosión-sedimentación costera y evolución litoral de la provincia de Huelva (Golfo de Cádiz occidental, Sur de España). *Estudios Geológicos* 46: 99-109.
- FLOR, G., 1992. Tipología, catalogación y tendencias de los procesos de erosión/sedimentación en los campos dunares de la costa de Galicia (NW de España). *Thalassas* 10: 9-39.
- FLOR, G., 1998. Classification and Characterization of Eolian Dunes in Temperate Rocky Coasts. The Spanish Peninsular Eolian Fields. In: Soares de Carvalho, G., Veloso, F. & Taveira, F. (eds.). *Dunas da Zona Costeira de Portugal*. Eurocoast - Portugal, Fundação para a Ciência e a Tecnologia. pp 29-42.
- FONTÁN, A., DE SANTIAGO, I., CUEVAS, N., VEGA, P. & ALCÁNTARA-CARRIÓ, J., 2007. Balance sedimentario anual en las playas de Maspalomas y El Inglés (Islas Canarias). En: Gómez-Pujol, L. & Fornós, J. J. (eds.). *Investigaciones recientes (2005-2007) en Geomorfología Litoral*. UIB, IMEDEA, SHNB y SEG. pp 31-35.
- FRAGA, P. & ROIG, F. X., 2007. Sistemas dunares y diversidad florística en Menorca. En: Gómez-Pujol, L. & Fornós, J. J. (eds.). *Investigaciones recientes (2005-2007) en Geomorfología Litoral*. Universidad de la Islas Baleares. pp 141-145.
- 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.). *Cuaternario Ibérico*. Huelva: AEQUA. p. 159.
- GARCÍA NOVO, F., 1997. The Ecosystems of Doñana National Park. In: García Novo, F., Crawford, R.M.M. & Díaz Barradas, M.C. (eds.). *The Ecology and Conservation of European Dunes*. Universidad de Sevilla. pp 97-116.
- GÉHU, J.M., 1985. *European Dune and Shoreline Vegetation*. Estrasburgo, Bruselas. Consejo de Europa.

- 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.
- GÓMEZ-ZOTANO, J., 2007. Cartografía diacrónica y evolución geomorfológica reciente del paisaje dunar del litoral de Estepona (Málaga). En: Gómez-Pujol, L. & Fornós, J.J. (eds.). *Investigaciones recientes (2005-2007) en Geomorfología Litoral*. Universidad de la Islas Baleares. p. 121.
- GONZÁLEZ, E., 1988. *Flora alóctona gallega* I. Universidade de Santiago de Compostela.
- GÓNZALEZ MÓSTOLES, V. (coord.), 1981. *Estudios previos para la Ordenación del Monte de la Dehesa del Saler*. Valencia: Ayuntamiento de Valencia. 93 p.
- GRACIA, F.J., DEL RÍO, L., ALONSO, C., BENAVENTE, J. & ANFUSO, G., 2006. Historical Evolution and Present State of the Coastal Dune Systems in the Atlantic Coast of Cádiz (SW Spain): Palaeoclimatic and Environmental Implications. *Journal of Coastal Research. Special Issue* 48: 55-63.
- GUITIÁN, P., 1989. *Ecosistemas litorales del noroeste de la Península Ibérica: complejos de vegetación psammófila e hidrófila*. Tesis Doctoral. Universidade de Santiago de Compostela. Facultade de Bioloxía.
- HERNÁNDEZ CALVENTO, L., 2005. Costa Sur: Maspalomas. En: Hernández, L., Alonso, I., Mangas, J. & Yanes, A. (eds.). *Tendencias actuales en Geomorfología Litoral*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. pp 271-289.
- HERNÁNDEZ CALVENTO, L. & MANGAS, J., 2004. Caracterización de los materiales sedimentarios aflorantes en el sistema de dunas de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias). En: Blanco, R., López, J. & Pérez Alberti, A. (eds.). *Procesos geomorfológicos y evolución costera*. Universidad de Santiago de Compostela. pp 67-81.
- HERNÁNDEZ CALVENTO, L., RUIZ, P., PÉREZ-CHACÓN, E., ALONSO, I., ALCÁNTARA, J. & SUÁREZ, C., 2005. Transformaciones ambientales en ecosistemas dunares inducidas por el desarrollo turístico: El ejemplo de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias). En: Sanjaume, E. & Mateu, J.F. (eds.). *Geomorfología Litoral i Quaternari. Homenatge a V. M. Rosselló*. València: Universitat de València. pp 203-214.
- HERNÁNDEZ CALVENTO, L., OJEDA, J., SÁNCHEZ, N. & MÁYER, P., 2007. Aproximación al análisis del desplazamiento de las dunas de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias). En: Gómez-Pujol, L. & Fornós, J.J. (eds.). *Investigaciones recientes (2005-2007) en Geomorfología Litoral*. UIB, IMEDEA, SHNB y SEG. pp 107-111.
- HERNÁNDEZ, A. I., PÉREZ-CHACÓN, E. & HERNÁNDEZ, L., 2006. Vegetation Colonisation Processes Related to a Reduction in Sediment Supply to the Coastal Dune Field of Maspalomas (Gran Canaria, Canary Islands, Spain). *Journal of Coastal Research. Special Issue* 48: 69-76.
- HERRERA, M., 1995. Estudio de la vegetación y flora vascular de la cuenca del río Asón (Cantabria). *Guineana* 1: 9-435.
- HESP, P.A., 2002. Foredunes and Blowouts: Initiation, Geomorphology and Dynamics. *Geomorphology* 48: 245-268.
- HESP, P.A., ILLENBERGER, W., RUST, I., McLA-CHLAN, A. & HYDE, R., 1989. Some Aspects of Transgressive Dunefield and Transverse Dune Geomorphology and Dynamics, South Coast, South Africa. *Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl-Bd.* 73: 111-123.
- HOTTA, S., KRAUS, N.C. & HORIKAWA, K., 1987. Function of Sand Fences in Controlling Wind-Blown Sand. *Coastal Sediments* 87: 772-787. New York: American Society of Civil Engineers.
- 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.
- HUNTER, R.E. & RICHMOND, B.M., 1988. Daily Cycles in Coastal Dunes. *Sedimentary Geology* 55: 43-67.
- JIMÉNEZ, J.A. & SÁNCHEZ-ARCILLA, A., 1993. Medium-Term Coastal Response at the Ebro Delta, Spain. *Marine Geology* 114: 105-118.
- JIMÉNEZ, J. & SÁNCHEZ-ARCILLA, A., 1997b. El problema erosivo en el Delta del Ebro. *Revista de Obras Públicas* 3368: 23-32.
- JIMÉNEZ, J.A., SÁNCHEZ ARCILLA, A., BOU, J. & ORTIZ, M.A., 1997. Analysing Short-Term Shoreline Changes Along the Ebro Delta (Spain) Using Aerial Photographs. *Journal of Coastal Research* 13 (4): 1256-1266.
- KLIJN, J.A., 1990. Dune Forming Factors in a Geographical Context. In: Bakker, Th.W., Jungerius,

- P.D. & Klijn, J. A. (eds.). *Dunes of the European Coasts. Catena, supplement* 18: 1-13.
- LEY, C., GALLEGO, J.B. & VIDAL, C., 2007. *Manual de restauración de dunas costeras*. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Costas. 248 p.
- MARTÍ, R.M. & QUINTANA, A., 2007. Las dunas litorales de la Devesa de L'Albufera de Valencia. En: Gómez-Pujol, L. & Fornós, J.J. (eds.). *Investigaciones recientes (2005-2007) en Geomorfología Litoral*. UIB, IMEDEA, SHNB y SEG. pp 133-135.
- MARTÍNEZ, J., 1986. *Las dunas de Maspalomas*. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria. Universidad Politécnica de Las Palmas.
- MARTÍNEZ-VÁZQUEZ, M. L., GALLEGO, J.B., GARCÍA, J., MOCTEZUMA, C. & JIMÉNEZ, C.D., 2006. Assessment of Coastal Dune Vulnerability to Natural and Anthropogenic Disturbances Along the Gulf of Mexico. *Environmental Conservation* 33: 109-117.
- MELIÁN, B., HERNÁNDEZ, A., MENÉNDEZ, I., MANGAS, J., MARTÍN, M. & SÁNCHEZ, I., 2005. Evolución freática de los espacios interdunares de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias): Resultados preliminares. En: Hernández, L., Alonso, I., Mangas, J. & Yanes, A. (eds.). *Tendencias actuales en Geomorfología Litoral. III Jornadas de Geomorfología Litoral*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. pp 143-147.
- MERINO, O. & MERINO, Y., 1988. El impacto potencial de la explotación del acuífero Almonte-Marismas en los ecosistemas del área de Doñana. En: *International Symposium on Hydrology of Wetlands in Arid and Semi-arid Zones*. Sevilla: Agencia del Medio Ambiente. pp 123-128.
- NORDSTROM, K. F., 2000. *Beaches and Dunes of Developed Coasts*. Cambridge: Cambridge University Press. 338 p.
- NORDSTROM, K.F., LAMPE, R. & VANDEMARK, L.M., 2000. Re-Establishing Naturally-Functioning Dunes on Developed Coasts. *Environmental Management* 25: 37-51.
- NORDSTROM, K.F., PSUTY, N. & CARTER, B. (eds.), 1990. *Coastal Dunes, Form and Processes*. John Wiley & Sons Inc. 392 p.
- OJEDA, J. & VALLEJO, I., 2004. El empleo de los Modelos Digitales del Terreno (MDT) para la caracterización geomorfológica del sistema de dunas móviles del Parque Nacional de Doñana (Huelva). En: Blanco, R., López, J. & Pérez Alberti, A. (eds.). *Procesos geomorfológicos y evolución costera*. Universidad de Santiago de Compostela. pp 119-132.
- OJEDA, J., VALLEJO, I. & MALVAREZ, G. C., 2005. Morphometric Evolution of the Active Dunes System of the Doñana National Park, Southern Spain (1977-1999). In: Alcántara, J. & Tena, J. (eds.). *Coastal Erosion. Journal of Coastal Research, Special Issue* 49: 40-45.
- OJEDA, J., VALLEJO, I. & HERNÁNDEZ, L., 2007. Utilidades de la tecnología LIDAR en la caracterización morfométrica de sistemas dunares: El caso de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias). En: Gómez-Pujol, L. & Fornós, J. J. (eds.). *Investigaciones recientes (2005-2007) en Geomorfología Litoral*. UIB, IMEDEA, SHNB y SEG. pp 113-117.
- OLSON, Y.S. & VAN DER MAAREL, E., 1989. Coastal Dunes in Europe: A global View. En: Van der Meulen, F., Jungerius, P.D. & Visser, J. (eds.). *Perspectives in Coastal Dune Management*. La Haya: SPB Acad. Publ. pp 3-32.
- PALANQUES, A. & GUILLÉN, J., 1998. Coastal Changes in the Ebro Delta: Natural and Human Factors. *Journal of Coastal Conservation* 4: 17-26.
- PARDO, J.E., GARCÍA, L., GARRIGUES, P., PALOMAR, J. & PORRES, M J., 2007. Caracterización tridimensional de la dinámica intranual e interanual de la playa del Saler. En: Gómez-Pujol, L. & Fornós, J.J. (eds.). *Investigaciones recientes (2005-2007) en Geomorfología Litoral*. UIB, IMEDEA, SHNB y SEG. pp 41-42.
- PARDO, J.E., SANJAUME, E., GIRONÉS, M.J. & LÓPEZ GALERA, M.N., 2005. Análisis del proceso de regeneración natural de las dunas de la Punta del Perellonet entre 1973 y 2001. En: Sanjaume, E. & Mateu, J.F. (eds.). *Geomorfología Litoral i Quaternari. Homenatge a V. M. Rosselló*. València: Universitat de València. pp 307-324.
- PASKOFF, R., 1989. Las dunas del litoral. *Mundo Científico* 95: 958-965.
- PLUIS, J.L.A. & DE WINDER, B., 1990. Natural Stabilization. In: Bakker, Th.W., Jungerius, P.D. & Klijn, J.A. (eds.). *Dunes of the European Coasts. Catena, supplement* 18: 195-208. 223 p.
- PRANZINI, E. & SIMEONI, V., 2005. Morfologia delle dune costiere. En: Macchia, V., Pranzini, E. & E. Tomei, P. (eds.). *Le dune costiere in Italia. La natura e il paesaggio*. Pisa: Felici Editore. pp 93-114.

- PYE, K., 1983c. Coastal Dunes. *Progress in Physical Geography* 7: 531-557.
- PYE, K. & TSOAR, H., 1990. *Aeolian Sand and Sand Dunes*. London: Unwin Hyman. 396 p.
- RAMIL, P. & IZCO, J. (coord.), 2002. *Humedales de Galicia*. Xunta de Galicia, Consellería de Medio Ambiente, Dirección Xeral de Conservación da Natureza.
- RAMÍREZ, J.L. & LEY, C., 1997. Recuperación ambiental del arenal de Liencres. Playa de Valdearenas, T. M. de Piélagos (Cantabria). En: *IV Jornadas españolas de Ingeniería de Puertos y Costas*. Cádiz: Universidad Politécnica de Valencia. pp 829-842.
- RANWELL, D. & BOAR, J., 1986. *Coastal Dune Management Guide*. Institute for Terrestrial Ecology, NERC.
- RITCHIE, W., 1993. Coastal Sand Dunes: Natural Stability and Artificial Stabilisation. En: 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-MARTÍNEZ, S., COSTA, M., CASTROVIEJO, S. & VALDÉS BERMEJO, E., 1980. La vegetación de Doñana (Huelva, España). *Lazaroa* 2: 5-190.
- RODRÍGUEZ PEREA, A., CORBI, A.M. & SERVERA, J., 1990. El sistema dunar de Sa Canova de Arta (Isla de Mallorca). En: *I Reunión Nacional de Geomorfología*. Teruel: T. I. pp 365-374.
- ROIG I MUNAR, F.X., JUANEDA, J. & QUINTANA, R.O., 2004. El sistema de dunas remontantes de Cala Macarelleta (Menorca), un sistema condicionado por las orientaciones de umbría y solana. En: Blanco, R., López, J. & Pérez Alberti, A. (eds.). *Procesos geomorfológicos y evolución costera*. En: *II Reunión de Geomorfología Litoral*. Cursos e Congresos da Universidade de Santiago de Compostela nº 145. pp 133-138.
- ROIG I MUNAR, F.X., RODRÍGUEZ PEREA, A. & MARTÍN, J.A., 2004. Influencia antrópica en la alteración del sistema playa-duna de Son Bou (Menorca). En: Benito, G. & Díez Herrero, A. (eds.). *Contribuciones recientes sobre Geomorfología*. En: *Actas VIII Reunión Nacional de Geomorfología*, vol. I. Toledo: CSIC-SEG. pp 375-384.
- ROMERO ZARCO, C. (inédito). *Juncus* L. En: Castroviejo, S. et al. (eds.). *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares XVII*. Real Jardín Botánico, CSIC.
- ROMERO, M. I., 2007. Flora exótica de Galicia (noroeste ibérico). *Botanica Complutensis* 31: 113-125.
- ROSSELLÓ, V.M. & FUMANAL, M.P., 1999. Climbing Dunes and Interbedded Rubble Fans. Quaternary patterns of Serra Gelada Spanish Mediterranean littoral. *Zeitschrift für Geomorphologie* 43(2): 235-254.
- SALMAN, A., 1990. The EUDC Conservation Programme. En: *La conservación de las dunas*. Valencia: Universidad Internacional Menéndez Pelayo, Ponencias II.
- SANJAUME, E., 1974. El cordón litoral de la Albufera de Valencia: Estudio sedimentológico. *Cuadernos de Geografía* 14: 61-96.
- SANJAUME, E., 1985. *Las costas valencianas. Sedimentología y morfología*. Universidad de Valencia. 502 p.
- SANJAUME, E., 1988. Dunes of Saler, Valencia, Spain. *Journal of Coastal Research, Special Issue 3*: 61-69.
- SANJAUME, E., 1992a. The Valencian Coast: Human Impact and Dune Conservation, *Coastline* (1/2): 10-14.
- SANJAUME, E., 1992b. Conservation and Restoration of the Devesa de l'Albufera. In: *Proceedings European Coastal Conservation Conference*, 1991. The Hague, Scheveningen. pp 46-47.
- SANJAUME, E. & CARMONA, P., 1995. L'Albufera de Valencia: rasgos geomorfológicos y evolución cuaternaria. En: Fumanal, P. (eds.). *El Cuaternario del País Valenciano*. Universitat de València, pp 155-161.
- SANJAUME, E. & PARDO, J.E., 1989. Sea Level Rise Impact on the Precarious Dunes of Devesa del Saler Beach, Valencia, Spain. En: *LICC (Landscape Ecological Impact of Climatic Change) Conference*. The Netherlands: Lunteren. pp 13.
- SANJAUME, E. & PARDO, J.E., 1991a. Dune Regeneration on a Previous Destroyed Dune Field, *Zeitschrift für geomorphologie* 81: 125-184.
- SANJAUME, E. & PARDO, J. E., 1991b. The Possible Influence of Sea-Level Rise on the Precarious Dunes of Devesa del Saler Beach, Valencia, Spain. *Landscape Ecology* 6 (1/2): 57-64.

- SANJAUME, E. & PARDO, J.E., 1992. The Dunes of the Valencian Coast (Spain): Past and present. In: Carter, Curtis & Sheehy-Skeffington (eds.). *Coastal Dunes*. Rotterdam: Balkema. pp 475-486.
- SERVERA, J. & GRIMALT, M., 1994. Los sistemas dunares de las islas de Formentera y de s'Espalmador. En: Arnáez, J., García Ruiz, J.M. & Gómez, A. (eds.). Geomorfología en España. En: *Actas III Reunión Nacional de Geomorfología*. Logroño: T. I. pp 405-418.
- SERVERA, J. & RODRÍGUEZ, A., 1996. Morfologías parabólicas de los sistemas dunares litorales de Baleares. En: Grandal, A. & Pagés, L. (eds.). *IV Reunión Nacional de Geomorfología*, Cuad. Lab. Xeol. Laxe nº 21. pp 645-658.
- SEVA, E., GUTIERREZ, A., MARTÍN, J. & ESCARRÉ, A., 1989. Plantas psamófilas. En: Escarré, A., Martín, J. & Seva, E. (eds.). *Estudios sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros de la provincia de Alicante*. Alicante: Diputación Provincial de Alicante. Instituto de Cultura Juan Gil-Albert. 132 p.
- SHANMUGAM, S. & BARNSLEY, M., 2002. Quantifying Landscape-Ecological Succession in a Coastal Dune System Using Sequential Aerial Photography and GIS. *Journal of Coastal Conservation* 8: 61-68.
- SHERMAN, D.J., 1995. Problems of Scale in the Modeling and Interpretation of Coastal Dunes. *Marine Geology* 124: 339-349.
- SPEIGHT, M.C.D. & CASTELLA, E., 2006. StN Database: Content and Glossary of Terms, Ferrara, 2006. In: Speight, M.C.D., Castella, E., Sarthou, J.P. & Monteil, C. (eds.). *Syrph the Net, the Database of European Syrphidae*, volumen 52. Syrph the Net Publications. 77 p.
- SPEIGHT, M.C.D., MONTEIL, C., CASTELLA, E. & SARTHOU, J.P., 2008. En: Speight, M.C.D., Castella, E., Sarthou, J.P. & Monteil, C. (eds.). *Syrph the Net on CD*, Issue 6. *The Database of European Syrphidae*. Syrph the Net Publication. ISSN 1649-1917.
- TOMEI, P. E., MACCHIA, V. & NARDUCCI, R. (2005). Flora e vegetazione delle dune costiere. En: Macchia, V., Pranzini, E. & E. Tomei, P. (eds.). *Le dune costiere in Italia. La natura e il paesaggio*. Pisa: Felici Editore. pp 115-180.
- TSOAR, H., 1990. Trends in the Development of Sand Dunes Along the Southeastern Mediterranean Coast. In: Bakker, Th.W., Jungerius, P.D. & Klijn, J.A. (eds.). *Dunes of the European Coasts. Catena supplement*, 18: 51-60. 223 p.
- 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.
- VALLEJO, I. & OJEDA, J., 2005. Caracterización geomorfológica de la duna costera del Parque Nacional de Doñana (Huelva). En: Hernández, L., Alonso, I., Mangas, J. & Yanes, A. (eds.). *Tendencias actuales en Geomorfología Litoral*. En: *III Jornadas de Geomorfología Litoral*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. pp 131-135.
- 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. Catena, supplement* 18. pp 209-223.
- VAN HUIS, J., 1989. European Dunes, Climate and Climatic Change, with Case Studies of the Coto Doñana (Spain) and the Slowinski (Poland) National Parks. In: Van Der Meulen, F., Jungerius, P.D., & Visser, J. (eds.). *Perspectives in Coastal Dune Management*. La Haya: SPB Academic Publication. pp 313-326.
- VANNEY, J.R. & MENANTEAU, L., 1979. Types de reliefs littoraux et dunaires en Basse Andalousie (de la Ria de Huelva à l'embouchure du Guadalquivir). *Melanges de la Casa de Velazquez* XV: 1-51.
- VANNEY, J.R., MENANTEAU, L. & ZAZO, C., 1979. Physiographie et evolution des dunes de basse Andalousie (Golfe de Cadix, Espagne). En: *Côtes atlantiques d'Europe, evolution, aménagement, protection*. Actes du Coll. nº 9-CNEXO. pp 277-286.
- VIZCAINO, A., SÁNCHEZ, J. & DE FELIPE, G., 1985. Recuperación del paisaje dunar de la Devesa de la Albufera de Valencia. Su problemática. *Revista de la Escuela de Jardinería y Paisaje* 1: 3-7.
- VALDÉS BERMEJO, E. & SILVA PANDO, J., 2004. *Vegetación del Istmo de A Lanzada*. 2ª edición. Pontevedra: Servicio de Publicaciones de la Diputación de Pontevedra.
- VAN AGT, B. & TEKKE, R., 1991. Spain. EUCC Sand Dune Inventory. En: Doody, P. (ed.). *Sand Dune Inventory of Europe*. EUCC, Joint Nature Conservation Committee. pp 52-56. 80 p.

- VAN BOXEL, J.H., JUNGERIUS, P.D., KIEFFER, N. & HAMPELE, N., 1997. Ecological Effects of Reactivation of Artificially Stabilized Blowouts in Coastal Dunes. *Journal of Coastal Conservation* 3: 57-62.
- WILLIAMS, A.T., DAVIES, P., CURR, R.C.F., KOH, A., BODÉRE, J.C., HALLÉGOUE, B., MEUR, C. & YONI, C., 1993a. A Checklist Assessment of Dune Vulnerability and Protection in Devon & Cornwall, UK. En: Magoon, O.T. (ed.). *Coastal Zone'93*. Nueva York: ASCE. pp 3394-3408.
- WILLIAMS, A.T., DAVIES, P., CURR, R.C.F. & BODÉRE, J.C., 1993b. An Approach to Coastal Dune Management; The North and West Coastline of France. In: Ozhan, E. (ed.). *Medcoast'93*. Ankara: METU. pp 186-197.
- WILLIAMS, A.T., DAVIES, P., DIAS, J.M.A., PEREIRA, A.R., MORA, M.R.G. & TEJADA, M., 1994. A Re-evaluation of Dune Vulnerability Checklist Parameters. *Gaia* 8: 179-182.
- WILLIAMS, A.T., DIAS, J.A., GARCÍA NOVO, M.R., GARCÍA MORA, R., CURR, R.C.F. & PEREIRA, A. 2001. Integrated Coastal Dune Management: Checklist. *Continental Shelf Research* 21: 1937-1960.
- WOOLARD, J.W. & COLBY, J.D., 2002. Spatial Characterization, Resolution and Volumetric Change of Coastal Dunes Using Airborne LIDAR: Cape Hatteras, North Carolina. *Geomorphology* 48: 269-287.
- ZENKOVICH, V. P., 1967. *Processes of Coastal Development*. Edinburgh: Oliver & Boyd. 738 p.

ANEXO 1

INFORMACIÓN EDAFOLÓGICA COMPLEMENTARIA

1. CARACTERIZACIÓN EDAFOLÓGICA

1.1. Características generales

Desde el punto de vista edáfico estos sistemas se caracterizan por:

- Su posición topográfica, siempre en depresiones rodeadas por cordones dunares más altos y secos pero con presencia de canales o corredores de comunicación entre las depresiones a través de los cuales llegan y se acumulan tanto aguas dulces y fluviales, como aguas marinas periódicas (mareales) o episódicas (tormentas). Esto hace que el sistema pueda cambiar intensa y rápidamente desde condiciones secas a húmedas y que el gradiente de salinidad presente también fuertes oscilaciones de carácter estacional y/o temporal.
- El carácter pionero de la vegetación y el desarrollo incipiente de los suelos, causado por la frecuencia con que se producen arrastres erosivos por las corrientes fluviales y la acción marina y el aporte de nuevos materiales por estos agentes.
- La elevada heterogeneidad y variabilidad de condiciones influenciada por las diferencias de materiales de partida (en los que suelen predominar los componentes resistáticos, pero con posible presencia de lentejones de partículas finas aluviales, materiales biogénicos, cantos y gravas, costras ferruginosas, etc.), la posición del nivel freático, las condiciones de encharcamiento con aguas de lluvia y los aportes fluviales y de aguas marinas.
- La presencia de acumulaciones irregulares de materiales más finos durante los episodios con baja energía de las corrientes fluviales y marinas disminuye la capacidad de infiltración e incrementa las condiciones de hidromorfía, por lo que pueden llegar a producirse importantes acumulaciones de materia orgánica y condiciones subóxicas o anóxicas que pueden facilitar la evolución hacia sistemas turbosos salinos o sistemas hidromorfos próximos a las lagunas costeras.

Desde el punto de vista del desarrollo edáfico el tipo de hábitat 2190 Depresiones interdunales húmedas pueden incluirse dentro de los compartimentos II y III según Jungerius (1990). El compartimento II corresponde a las denominadas dunas grises, que presentan zonas totalmente estabilizadas alternando con áreas desprovistas de vegetación. En estas condiciones, lo más frecuente es encontrar un perfil tipo O/Ah/C y muy ocasionalmente O/Ah/Bw (Mücher, 1991). En el primero de los casos, se produce una mecanización de la parte superior del sustrato dunar por enriquecimiento en sustancias húmicas. En el segundo, el horizonte Bw presenta un color marrón pálido como resultado del recubrimiento de sesquióxidos de Fe de los granos de arena, resultados de la alteración de los escasos minerales alterables que todavía puede presentar el sustrato. Asimismo, la presencia de recubrimientos de sesquióxidos de Fe y/o Al así como de ácidos fúlvicos puede también estar relacionada con un proceso incipiente de podsolización.

El compartimento III coincide con las dunas marrones, las cuales se encuentran totalmente estabilizadas por el desarrollo de una vegetación arbustiva y arbórea bien estructurada. Bajo estas condiciones, los procesos edáficos se expresan con mayor intensidad. De esta manera, los Arenosoles háplicos (WRB, 2006) (Typic Xerosamments, *Soil Taxonomy*, 1999) propios de las fases incipientes de edafogénesis pasan a suelos con perfil A/Bw/C que corresponderían a Arenosoles brúnicos (WRB, 2006). Adicionalmente, si existen materiales arcillosos y/o alterables, y con más tiempo, la evolución de los procesos edafogénicos resultan más complejos, llegando a formar un suelo con perfil A/E/Bt/C por migración en profundidad de arcilla (eluviación) y su acumulación en un horizonte Bt más profundo (iluviación).

La concentración de arcilla en el horizonte Bt reduce su permeabilidad de manera que favorece la formación de una capa de agua colgada durante la estación lluviosa. En este sentido, estudios previos realizados en las lagunas dunares del Parque Nacional de Doñana establecieron que en estos ambientes funcionan dos capas de aguas independientes, una freática y otra colgada que en la época húmeda llegan a confundirse en una sola

(Siljeström & Clemente, 1987, Clemente *et al.*, 1997). Desde el punto de vista edafológico, estas condiciones representan una desviación de la evolución edáfica propia de resto del espacio dunar, originando en este caso una anomalía hídrica positiva.

En síntesis, los suelos de estas depresiones dunares son muy variables, aunque suelen estar caracterizados por su textura predominantemente arenosa, por lo que su clasificación más frecuente es la de Arenosoles albos, próticos, háplicos, lúviscos, endogleyicos o endosálicos, según la WRB (2006), dependiendo del color de las arenas, la ausencia de horizontes, la presencia de arcilla iluvial, el carácter de oxidorreducción o la presencia de sales y alta conductividad eléctrica, respectivamente.

1.2. Descripción de perfiles

Las tablas A1.1 A1.2 y A1.3 recogen la descripción morfológica y análisis químicos de dos perfiles pro-

cedentes de las lagunas dunares del Parque Nacional de Doñana según Siljeström & Clemente (1987). Los perfiles fueron seleccionados como los más representativos de este tipo de ambiente dunar, después de realizar un amplio sondeo. La vegetación característica correspondió a la asociación *Holoschoenus-Juncetum acuti* en el primero de ellos (Laguna del caballo, perfil X) y *Trifolium resupinatum-Caricetum chatophylae* (Laguna Navazo del Toro, perfil XI) en el segundo.

En ambos casos, aparece un horizonte superficial rico en materia orgánica que guarda relación con la vegetación herbácea anual que genera cantidades elevadas de restos orgánicos. El encharcamiento puede también contribuir a su conservación. El pH, excepto en el horizonte superficial del perfil X, presenta valores superiores a la neutralidad. La ausencia total de carbonatos parece indicar que estos pH deben ser resultado de la influencia de sales alcalinas de origen marino.

Localidad	Prof. (cm)	Horiz.	Color moteados	Textura	Estructura
Laguna del caballo					
Perfil X	0-7	Ah	—	Franco-Arenosa	Migajosa
	7-25	A	Difusas	Franco-Arenosa	Migajosa
	25-40	AC	7,5YR 4/4(h) 2,5YR 5/6 (h)	Franco-Arenosa	Poliédrica
	40-80	Btg	5YR 5/8 (h)	Franco-Arcillo-Arenosa	Prismática
	80-135	2C	10 YR 5/3 (h)	Franco-Arenosa	Grano suelto
	135-180	2Cg1	5 YR 5/8 (h)	Franco-Arenosa	Grano suelto
	180-250	2Cg2	—	Franco-Arenosa	Grano suelto

Laguna Navazo de Toro					
Perfil XI	0-5	Ah	—	Franco-Arcillo-Arenosa	Migajosa
	5-17	A	10 YR 3/2	Franco-Arenosa	Grano suelto
	17-30	C	—	Arenosa	Grano suelto
	30-40	2AB	—	Arenosa	Poliédrica
	40-70	2Bzg	10YR 5/6 (h) 2,5Y 5/6 (h)	Franco-Arenosa	Columnar
	70-90	2B3C1	—	Arenosa	Grano suelto
	90-110	3C1	—	Arenosa	Grano suelto
	110-190	C2	—	Arenosa	Grano suelto

Tabla A1.1

Descripción morfológica de los perfiles.

Datos tomados de Siljeström & Clemente (1987).

Localidad	Horiz.	% Materia orgánica	pH-agua	pH KCl	Arena	Limo	Arcilla
Laguna del caballo							
Perfil X	Ah	9,4	5,7	4,8	76,7	8,0	15,3
	A	3,2	6,2	5,2	74,0	8,0	18,0
	AC	2,0	7,0	5,7	72,6	9,0	18,4
	Btg	1,7	6,5	5,1	65,5	5,0	29,5
	2C	0,5	7,4	6,6	98,0	0,5	1,50
	2Cg1	0,4	6,6	5,4	93,0	1,0	6,0
	2Cg2	0,4	7,3	6,9	94,0	1,0	5,0
Laguna Navazo de Toro							
Perfil XI	Ah	9,6	7,8	6,6	66,6	12,9	20,5
	A	2,2	8,3	7,0	82,0	5,0	13,0
	C	0,6	8,9	7,2	52,2	2,0	3,0
	2AB	0,7	8,4	6,9	90,8	2,4	6,8
	2Bzg	0,6	8,1	6,8	80,2	5,3	14,5
	2B3C1	0,4	8,0	6,9	92,2	3,4	4,4
	3C1	0,4	8,1	7,1	95,0	2,0	3,0
	C2	0,4	7,2	6,5	96,0	1,0	3,0

Tabla A1.2

Análisis físico-químicos generales.

Datos tomados de Siljeström & Clemente (1987).

La granulometría pone claramente de manifiesto la naturaleza arenosa del sustrato con predominio de texturas franco arenosas. Sin embargo, hay que destacar el cambio textural que se produce en profundidad hacia texturas más finas (franco arcillo arenosas) debido al incremento de la fracción de arcilla. Este incremento es interpretado como resultado de un proceso de iluviación, dando lugar a un horizonte argílico (Bt) que, a su vez, presenta también rasgos redoximórficos con movilización del Fe (Btg).

No obstante, este cambio textural detectado en profundidad, sobre todo en el perfil XI, podría también corresponder a un antiguo fondo de laguna posteriormente enterrado por un aporte arenoso más reciente. En este último perfil también se ha

detectado la acumulación de sales en el horizonte argílico (Bzg).

La capacidad de intercambio catiónico en ambos suelos fue baja. En general con valores inferiores a los 10 cmol₍₊₎/kg, como consecuencia de la naturaleza arenosa del sustrato. Únicamente se alcanzan valores superiores en los horizontes superficiales debido al elevado contenido en carbono orgánico y en profundidad en el horizonte Btg por acumulación de arcilla.

El orden de dominancia de los cationes fue Ca-Mg > Na > K lo que señala una clara influencia marina. Esta influencia marina también queda patente en el análisis de la composición del agua freática (ver tabla A1.4).

Localidad	Horiz.	CIC	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S	V
		Cmol(+)/kg						%
Laguna del caballo								
Perfil X	Ah	7,5	0,4	0,5	2,8	1,3	5,0	66,7
	A	6,5	0,4	T	3,2	1,3	4,9	75,4
	AC	7,0	1,0	T	3,0	3,0	7,0	100
	Btg	16,5	1,8	0,6	3,7	8,1	14,2	86,1
	2C	1,5	0,4	T	0,5	0,5	1,4	93,3
	2Cg1	2,0	T	T	1,2	0,7	1,9	95,0
	2Cg2	2,0	0,2	T	1,2	0,5	1,9	95,0

Laguna Navazo de Toro								
Perfil XI	Ah	12,0	2,0	0,4	8,1	1,5	12,0	100
	A	4,0	1,1	T	2,1	0,8	4,0	100
	C	1,5	0,5	T	0,6	0,4	1,5	100
	2AB	5,0	1,7	T	1,7	1,6	5,0	100
	2Bzg	12,0	4,0	0,4	3,9	3,7	12,0	100
	2B3C1	4,0	1,1	T	1,5	1,4	4,0	100
	3C1	2,0	0,4	T	1,2	0,4	2,0	100
	C2	2,0	0,4	t	1,0	0,6	2,0	100

T: trazas.

Tabla A1.3

Análisis químicos: capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Datos tomados de Siljeström & Clemente (1987).

Localidad	Horiz.	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CE
		Cmol(+)/kg						mS/cm
Laguna del caballo								
Perfil X	Ah	0,54	1,40	0,10	T	0,82	0,11	0,43
	A	0,36	0,40	0,10	T	0,36	0,05	0,33
	AC	0,36	0,40	T	0,10	0,43	0,03	0,57
	Btg	0,54	1,00	0,31	0,49	0,97	0,04	1,40
	2C	0,18	0,40	0,25	0,25	0,42	0,03	0,89
	2Cg1	0,18	0,20	0,55	0,25	0,16	0,03	0,09
	2Cg2	0,18	0,20	0,32	0,14	0,06	0,03	0,11

Laguna Navazo de Toro								
Perfil XI	Ah	0,90	0,80	0,37	0,16	1,70	0,07	0,97
	A	0,36	0,40	0,12	0,10	0,67	0,04	0,27
	C	0,36	0,20	0,29	0,06	0,23	0,03	0,15
	2AB	0,36	0,20	0,15	0,25	0,42	0,04	0,45
	2Bzg	0,54	0,80	0,21	0,35	1,14	0,06	1,25
	2B3C1	0,36	1,40	0,30	0,29	1,98	0,06	1,56
	3C1	0,54	1,00	0,56	0,33	1,08	0,06	0,61
	C2	0,18	0,60	2,25	1,44	0,73	0,04	1,76

Tabla A1.4

Análisis químicos: composición iónica del agua freática y conductividad eléctrica (CE).

Datos tomados de Siljeström & Clemente (1987).

1.3. Tipología de suelos y evolución edáfica

El Perfil X se caracteriza por presentar un horizonte A con un elevado contenido en materia orgánica y con el complejo de intercambio catiónico saturado por cationes básicos, pero demasiado delgado como para ser mólico. En profundidad, se produce un incremento de arcilla, con presencia de cutanes de iluviación alrededor de los microagregados que permite definir a este horizonte como argílico (Bt). Por otra parte, la presencia de rasgos redoximorfos (presencia de moteados) indican un régimen de humedad aquico según la *Soil Taxonomy* (1999). Teniendo esto presente el suelo es clasificado según la *Soil Taxonomy* (1999) como Mollic Ochraqulf. Sin embargo, la presencia de un suelo arenoso enterrado permite clasificarlo como Thapto psammentic Ochraqulf.

El perfil XI reproduce una situación similar a la anterior, salvo que presenta un enriquecimiento en sales en el horizonte argílico que parece indicar una dinámica hídrica diferente (Siljeström & Clemente, 1987). La presencia de un horizonte de diagnóstico con estas características permite clasificar a este suelo como Typic Natraqulf.

Asociados a estas posiciones pueden aparecer también Typic Psammaquents, Aquic Xeropsammaquents, Mollic Psamments (Clemente *et al.*, 1997). Se trata, por tanto, de suelos poco evolucionados, del orden de los entisoles, cuya evolución depende de la disponibilidad de agua (afloramiento de la capa freática) que condiciona el desarrollo vegetal sobre un sustrato arenoso y con una baja capacidad de retención de agua.

1.4. Substrato litológico

Se sustentan sobre depósitos sedimentarios cuaternarios, constituidos principalmente por arenas silíceas y en ocasiones ricas en CaCO_3 .

1.5. Geomorfología

Se trata de un tipo de hábitat relativamente frecuente en los arenales cantábricos atlánticos y mediterráneos asociado a las depresiones interdunares profundas. Su presencia y conservación depende de

la alimentación hídrica fundamentalmente subterránea, o bien de la presencia de una capa de agua colgada asociada a un horizonte impermeable (Bt).

La profundidad del nivel freático es variable, desde varios metros de profundidad a pocos centímetros, o incluso puede darse un afloramiento más o menos permanente, dependiendo del régimen de precipitaciones, transmisividad del acuífero, conexión con otros acuíferos cercanos, etc.

1.6. Riesgos de degradación

Los sistemas dunares son resultado de un delicado equilibrio entre la acción del viento, el aporte de arena, los procesos erosivos, la salinidad ambiental etc. Dentro de este sistema, las comunidades vegetales son uno de los componentes más sensibles. Su preservación pasa por limitar al máximo la actividad humana, no alterar los flujos o aportes de agua y evitar su contaminación.

■ Riesgos de degradación física

La degradación del sistema dunar en general va a tener repercusión sobre estos sistemas lacustres que pueden verse fácilmente colmatados debido aun incremento en el aporte de arena. Además, si se modifica la morfología dunar también puede verse alterada la dinámica hídrica, afectando al período de encharcamiento y por tanto, a toda la biocenosis que depende de la disponibilidad hídrica.

Es importante destacar que el uso creciente de las playas y zonas dunares como circuitos para la práctica de actividades desarrolladas con motocicletas, coches todoterreno y quads contribuye un serio riesgo de degradación física del sustrato, al tiempo que es una fuente de contaminación sonora notable que puede llegar a afectar a las comunidades de aves y anfibios que usan estos espacios como zona de reproducción, refugio o alimentación. Por todo ello, este tipo de actividad debiera quedar totalmente prohibida en estos espacios.

■ Riesgos de degradación química

Cambios en el régimen de humedad, en la salinidad así como la eutrofización asociada a la deposición

atmosférica o los vertidos pueden modificar sustancialmente la dinámica de estos espacios.

2. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN

2.1. Factores, variables y/o índices

En la actualidad, la información disponible acerca de los suelos de los sistemas dunares es muy reducida y además es posible que los métodos tradicionales de análisis edafológicos, en donde el suelo es analizado por horizontes, no permitan diferenciar y/o identificar los procesos incipientes de edafización del sustrato. Así por ejemplo, Sánchez (1995) estudiando diferentes comunidades dunares sólo encuentra diferencias significativas para la comunidad de *Carici-Juncetum acute*. En este caso concreto y teniendo presente que se trata de un sustrato con una edafogénesis incipiente, los procesos edafogénicos los estudios deberían diferenciar entre las propiedades de la rizosfera (suelo adherido a la raíz) y las del suelo no rizosférico.

Por otra parte, como consecuencia de los cambios temporales que se pueden llegar a producir en este tipo de medios (por ejemplo, efecto de las tormentas, vientos, precipitaciones, etc.) parece recomendable que el seguimiento de las variables que se proponen debiera realizarse mensualmente o cuando menos estacionalmente. También se debería realizar un estudio integrado de las diferentes franjas de vegetación dunar para poder definir las variables que contribuyen a la zonación.

Trabajos previos realizados en zonas dunares del litoral europeo (Lammerts & Grootjans, 1997; Lammerts *et al.*, 1999), y tras ensayos de larga duración (ochenta años) en los que se adicionó al suelo diferentes combinaciones de N, P y K, han puesto de manifiesto la existencia de una co-limitación para el desarrollo vegetal del N y P que es especialmente importante durante las primeras fases de la colonización. La eutrofización del suelo conlleva también a su acidificación y a un incremento de la materia orgánica, pudiendo hacer más asimilables algunos nutrientes (por ejemplo, fósforo).

Teniendo esto presente los anteriores aspectos y destacando tanto la importancia del sustrato como del agua en este tipo de hábitat se propone el estudio de las siguientes variables:

1. Suelo

- Granulometría.
- Profundidad de la capa freática.
- pH en agua y KCl (0,01M). Como medida de la acidez del suelo.
- Conductividad eléctrica. Como medida de la salinidad.
- Contenido de carbonatos. Como medida de la capacidad neutralizante.
- C orgánico. Como medida de la materia orgánica del suelo.
- N total y NH_4^+ cambiante: Como medida de la reserva y biodisponibilidad de nitrógeno.
- P total y asimilable (P-Olsen). Como medida de la reserva y biodisponibilidad de fósforo.
- K total y cambiante. Como medida de la reserva y biodisponibilidad de potasio.

2. Agua

■ Superficial

- Profundidad y superficie de la lámina de agua.
- pH, Potencial redox.
- Sólidos en suspensión.
- Alcalinidad.
- BDO_5 .
- Oxígeno disuelto.
- Formas de nitrógeno (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+).
- Fósforo disuelto.
- Salinidad o conductividad eléctrica.
- Cationes: Ca, Mg, Na, K.
- Aniones: Cl^- y SO_4^{2-} .

■ Freática

- pH, Potencial redox.
- Alcalinidad.
- BDO_5 .
- Formas de nitrógeno (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+).
- Fósforo disuelto.
- Salinidad o conductividad eléctrica.
- Cationes: Ca, Mg, Na, K.
- Aniones: Cl^- y SO_4^{2-} .

2.2. Protocolo para determinar el estado de conservación y nutricional del suelo

1. Suelo

En cada estación o zona de estudio se debería determinar el estado ecológico del tipo de hábitat, anali-

zando para ello factores biológicos y físico-químicos recogidos en la presente ficha. A esta información se le debería añadir la derivada del suelo, lo cual permitirá establecer una relación causa-efecto entre las variables del suelo, la distribución de las comunidades vegetales y el grado de conservación del tipo de hábitat.

El protocolo a seguir es: En cada estación, se debería establecer una parcela de unos 2×2 m en cada unidad de vegetación o bien recogiendo un gradiente de humedad. En cada una de ellas se tomarán tres muestras de suelo. El seguimiento debería hacerse mensual o estacionalmente. Las muestras de suelo se deberían tomar de la siguiente manera:

- **Suelo rizosférico:** con extremo cuidado se debe extraer el sistema radicular de *Ammophila arenaria* y limpiar las partículas adheridas a las raíces.
- **Suelo no rizosférico:** se recomienda tomar una muestra de la parte superficial (0-5 cm) y de la parte más profunda 5-10 cm).

Para la toma de las muestras, se precisará de una paleta, bolsas de plástico, pincel para extraer el suelo rizosférico, rotulador resistente a la humedad, un metro y un GPS. El peso de la muestras debería de ser de unos 200 g para el suelo no rizosférico y de unos 30-50 g para el rizosférico.

Finalmente, sería muy importante estudiar en detalle al menos dos perfiles profundos para ver secuencias de horizontes y presencia de paleosuelos.

2. Aguas

■ Superficiales

Para las muestras de aguas superficiales, se tomarán muestras en botes de 500 ml de plástico bien limpios.

■ Freática

Finalmente para el estudio de la profundidad de la capa freática y toma de muestras se propone la instalación de varios piezómetros que sigan un gradiente de humedad.

Las estaciones de referencia coinciden con las propuestas en la ficha de la que forma parte el presente anexo:

■ Región Atlántica

- **Localidad 1:** Dunas de Liencres (Cantabria)
Coordenadas geográficas: 43°26'N, 3°58'W
Código espacio red natura 2000: ES1300004
- **Localidad 2:** Dunas de Doñana (Huelva)
Coordenadas geográficas: 36°50'N, 6°22'W
Código espacio red natura 2000: ES0000024

■ Región Mediterránea

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

3. RECOMENDACIONES GENERALES DE CONSERVACIÓN

La variable de mayor peso que condiciona la presencia de este tipo de hábitat es el agua. Por ello, se debe de evitar cualquier actividad que pueda afectar a la dinámica hídrica natural, como son cambios en el relieve dunar, desviación de cauces, compactación, etc.

Adicionalmente, se debe de tener en consideración que el sistema dunar en su conjunto es muy vulnerable y con escasa capacidad para adaptarse a los cambios (Williams *et al.*, 2001), lo cual hace necesario limitar al máximo la presión humana. La planificación, canalización o control del acceso se ha visto que son las medidas que más contribuyen a la conservación de zonas poco degradadas y en aquellas impactadas ha contribuido a su regeneración.

4. FOTOGRAFÍAS



Fotografía A1.1

Parque Nacional de Doñana. Laguna de Santa. Olalla.

Antonio Jordán.



Fotografía A1.2

Depresión intradunar húmeda con aguas dulces y marinas almacenadas entre los trenes de dunas fijados xerofíticos en el Parque Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar (Murcia).



Fotografía A1.3

Acúmulo de agua, predominantemente fluvial, en una depresión interdunar del litoral atlántico de Corrubedo (A Coruña).

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLEMENTE, L., SILJESTRÖM, P. & RÓDRIGUEZ-RAMÍREZ, A., 1997. Relación suelo geomorfología en el Parque Nacional de Doñana. *Cuaternario y Geomorfología* 11: 33-41.
- SÁNCHEZ, J.M., 1995. *Caracterización florística y fitosociológica de las rías de Ortigueira y Ladrado (Noroeste de la Península Ibérica) en relación con factores ambientales*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- LAMMERTS, E.J. & GROOTJANS, A.P., 1997. Nutrient Deficiency in Dune Slack Pioneer Vegetation: A Review. *J. of Costal Conservation* 3: 87-94.
- LAMMERTS, E.J., PEGTEL, D.M., GROOTJANS, A.P. & VAN DER VEEN, A., 1999. 1997. Nutrient Deficiency in Dune Slack Pioneer Vegetation: A Review. *J. of Costal Conservation* 10: 111-122.
- JUNGERIUS, P.D., 1990. The Characteristics of Dune Soils. In: *Dunes of European Coast: Geomorphology, Hidrology, Soils*, Bakker, Jungerius, & Visser. *Catena supplement* 18: 155-162.
- SILJESTROM, P. & CLEMENTE, L., 1987. Evolución edafo-geomorfológica de las lagunas temporales del Parque Nacional de Doñana. *An. Edaf. Agrobiol.* 863-874.
- SOIL SURVEY STAFF, 1999. *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey*. 2nd edition. Washington: USDA.
- WILLIAMS, A.T., ALVEIRINHO-DIAS, J., GARCÍA NOVO, F., GARCÍA MORA, M.R., CURRO, R. & PEREIRA, A., 2001. Integrated Coastal Dune Management: Checklist. *Continental Shelf Research* 21: 1.937-1.960.
- WRB, 2006. *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007*. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos nº 103. Roma: FAO.

