



Plan de acción para el tipo de hábitat

2110 Dunas móviles embrionarias

en la región biogeográfica mediterránea



Irene Delgado-Fernández, Juan Bautista Gallego-Fernández,
Francisco Javier Gracia Prieto, Concha Olmeda y Juan Carlos Simón

Plan de acción para el tipo de hábitat

2110 Dunas móviles embrionarias

en la región biogeográfica mediterránea



Madrid, 2025

AVISO LEGAL: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.

El presente documento se realizó en el marco del proyecto *Continuación del 'Proceso Biogeográfico Natura 2000' en las regiones mediterránea y macaronésica de la U.E.*, promovido y financiado por la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Dirección técnica del proyecto

Rafael Hidalgo Martín¹

Coordinación general

María Regodón²

Autores principales

Irene Delgado-Fernández³, Juan Bautista Gallego-Fernández⁴, Francisco Javier Gracia Prieto³, Concha Olmeda⁵ y Juan Carlos Simón⁵

Revisión editorial

Jaime Galán², Marina Gaona², Adrián García² y Samuel Suárez-Ronay²

¹ Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

² Tragsatec. Grupo Tragsa

³ Dpto. de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz

⁴ Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla

⁵ Atecma (Asesores Técnicos de Medio Ambiente S.L)

Colaboradores

Oliver Argagnon, Therese Ellul, Duca Ethelbert, Lara Galea, Marita Gala, Tamara Kirin, Catarina Meireles, Margaux Mistarz, Irene Prisco, Ioannis Tsiripidis, Marina Xenophontos y Fotios Xystrakis.

A efectos bibliográficos la obra debe citarse como sigue:

Delgado-Fernández, I., Gallego-Fernández, J.B., García Prieto, F.J., Olmeda, C. & Simón, J.C., 2025. *Plan de Acción para el tipo de hábitat 2110 Dunas Móviles Embrionarias en la región biogeográfica mediterránea*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Madrid.

Las opiniones que se expresan en esta obra no representan necesariamente la posición del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. La información y documentación aportadas para la elaboración de esta monografía son responsabilidad exclusiva de los autores.

Foto de portada: Ioannis Tsiripidis (Delta Strymona. Grecia)

Foto de contra-portada: Irene Delgado-Fernández (Parque Nacional de Doñana. España)

Diseño y maquetación: Tragsatec. Grupo Tragsa



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Edita

© SUBSECRETARÍA

Gabinete Técnico

Catálogo de publicaciones del Ministerio: <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/>

Catálogo general de publicaciones oficiales: <https://cpage.mpr.gob.es/>

NIPO: XXXXXXXXXX



Grecia. Delta Strymona. Autoría: Ioannis Tsiripidis

Contenido

Antecedentes y presentación	6
1. Objetivo y alcance del plan de acción	8
2. Definición del tipo de hábitat y caracterización ecológica	10
2.1. Definición del tipo de hábitat	11
2.2. Caracterización ecológica	12
2.2.1. Principales características del hábitat y requisitos ecológicos	12
2.2.2. Dinámica (espacial y temporal) del tipo de hábitat en toda la región	16
2.2.3. Relaciones con otros tipos de hábitats	18
2.2.4. Análisis de carencias y necesidades futuras	19
3. Estado de conservación y tendencias	20
3.1. Conocimiento actual de la distribución y estimación de la superficie	21
3.1.1. Superficie dentro y fuera de los espacios Natura 2000	21
3.1.2. Metodologías utilizadas para estimar la superficie de hábitats en el marco de la presentación de informes con arreglo al artículo 17 y para detectar cambios en la superficie total cubierta por el hábitat (en los EM de la región MED)	22
3.1.3. Metodologías disponibles en la literatura para estimar la superficie de los hábitats y principales problemas	23
3.1.4. Propuesta de metodologías estándar para armonizar el cálculo de la superficie de hábitat en los países mediterráneos	25
3.1.5. Valores favorables de referencia para el rango y la superficie	27
3.1.6. Propuesta de metodologías estándar para armonizar la estimación de la Superficie Favorable de Referencia en los países mediterráneos	27
3.1.7. Análisis de tendencias	28
3.1.8. Principales dificultades, carencias y necesidades futuras	28

3.2.	Estructura y función	29
3.2.1.	Evaluación actual del parámetro estructura y función (según el art. 17 Elaboración de informes)	29
3.2.2.	Propuesta de armonización de la metodología de evaluación y seguimiento	30
3.2.3.	Análisis de tendencias	35
3.2.4.	Análisis de carencias y necesidades futuras	35
3.3.	Perspectivas futuras: análisis de presiones y amenazas	35
3.3.1.	Identificación y evaluación de las presiones y amenazas actuales (en la elaboración de informes en virtud del art. 17)	35
3.3.2.	Metodologías utilizadas en cada EM para la evaluación de las presiones y amenazas sobre las dunas embrionarias	36
3.3.3.	Principales presiones y amenazas y su impacto en las dunas embrionarias	37
3.3.4.	Descripción de las principales presiones y amenazas sobre las dunas embrionarias	39
3.3.5.	Análisis de carencias y necesidades futuras	46
3.4.	Conclusiones sobre la evaluación del estado de conservación y las tendencias	47

4. Objetivos de conservación 48

4.1.	Objetivos de restauración y conservación y las medidas correspondientes	49
4.1.1.	Recuperación de la Superficie Favorable de Referencia para 2050	49
4.1.2.	Mantener en buen estado al menos el 90 % de la superficie del hábitat	49
4.1.3.	Mejorar la protección y la gestión dentro y fuera de la Red Natura 2000	51
4.1.4.	Promover la adaptación al cambio climático	51





Sterna albifrons. Autoría: Banco de imágenes Adobe stock

4.2.	Objetivos y medidas para mejorar la información y el seguimiento	52
4.2.1.	Mejorar la información sobre la diversidad ecológica y los requisitos ecológicos de las dunas embrionarias	52
4.2.2.	Mejorar la evaluación y el seguimiento del estado de conservación de las dunas embrionarias, incluyendo la mejora del conocimiento sobre las presiones y sus efectos en las dunas embrionarias	52
4.3.	Objetivos y medidas de difusión y concienciación	53
4.3.1.	Aumentar la concienciación sobre la importancia de la conservación de las dunas embrionarias	53
5.	Recursos y herramientas para la implementación	54
5.1.	Coste de las medidas y fuentes de financiación	55
5.2.	Herramientas de aplicación y medidas de apoyo	55
6.	Seguimiento y revisión del plan de acción	56
7.	Gobernanza para la aplicación del plan de acción	58
8.	Marco de actuación	60
	Referencias bibliográficas	64
	Abreviaturas	70

Epanomi, Grecia
Autoría: Ioannis Tsiripidis



Antecedentes y presentación

Un Plan de Acción para Hábitats sirve para orientar las medidas necesarias para mantener y restablecer diferentes tipos de hábitats en un estado de conservación favorable en toda su área de distribución a nivel biogeográfico.

En el marco del Proceso Biogeográfico Natura 2000 y tras las conclusiones del II Seminario de la Región Biogeográfica Mediterránea, celebrado en noviembre de 2017 en Limassol (Chipre), se organizaron cinco talleres entre 2019 y 2021. Estos talleres tenían por objeto normalizar los procedimientos de seguimiento, evaluación y conservación de los tipos de hábitats de interés comunitario (THIC) en la región mediterránea (en lo sucesivo, talleres MED).

El Taller MED n.º 5 se concibió como una herramienta para la convergencia práctica y la recopilación de los conceptos y metodologías expuestos en los otros cuatro talleres, y concluyó con la elaboración de un índice de contenidos mínimos para un plan de acción para un tipo de hábitat, que se acordó con los asistentes al taller.

Como resultado de los esfuerzos realizados en los talleres MED, se reconoció la necesidad de avanzar de forma con-

junta en la elaboración de un plan de acción piloto para un tipo de hábitat de interés comunitario. Como compromiso de seguimiento de esta cuestión, durante la reunión celebrada el 23 de noviembre de 2021 se propuso la creación de un Grupo de Trabajo integrado por representantes de todos los Estados miembros de la región mediterránea.

La elaboración de este plan de acción corrió a cargo de un Grupo compuesto por coordinadores científicos y técnicos, expertos científicos y representantes de las autoridades nacionales de todos los países mediterráneos de la UE, así como por participantes de la Comisión Europea. El Ministerio español para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico prestó su apoyo a la elaboración de este plan de acción.

Asimismo, este ejercicio también sirvió para identificar lagunas de información y necesidades adicionales para completar adecuadamente un plan de acción e iniciar su implantación. Al tratarse de una iniciativa piloto, también sirvió para adquirir experiencia de cara a la preparación de otros planes de acción para hábitats en el marco del Proceso Biogeográfico Natura 2000.



Cakile maritima. Golfo de Cádiz. España. Autoría: Juan Bautista Gallego Fernández

Costa de Portugal
Autoría: Catarina Meireles



Objetivo y alcance
del plan de acción

Las dunas costeras mediterráneas albergan algunos de los hábitats más amenazados de Europa. Estudios recientes indican la desaparición de cerca del 25 % de su distribución histórica, con pérdidas significativas de las especies asociadas. Esto sugiere que se están produciendo intensos procesos de degradación en los hábitats de dunas costeras, especialmente en la parte alta de la playa y en las dunas móviles (Sperandii, 2020). Al igual que otros entornos costeros, las dunas litorales y las playas se encuentran en el extremo receptor de la mayoría de las actividades humanas relacionadas con el turismo y el ocio a lo largo de la costa (Cooper y McKenna, 2009). La urbanización y el aumento de la densidad de la población costera están limitando su movilidad y causando problemas como la degradación de los ecosistemas, la erosión costera y la compresión del litoral, entre otros efectos (Esteves, 2014; Harris et al., 2015; Lithgow et al., 2019). La gestión inadecuada de las actividades humanas ha provocado la degradación, pérdida y fragmentación de los ecosistemas costeros (Defeo et al., 2009; Cooper et al., 2009). No obstante, una gestión basada en la ciencia que incorpore la comprensión de la dinámica del sistema puede conseguir la preservación tanto de la función como de la biodiversidad de entornos costeros dinámicos como las dunas costeras (Davidson-Arnott y Bauer, 2021).

Objetivo general del plan de acción: promover las acciones necesarias para alcanzar un estado de conservación favorable del tipo de hábitat en la región biogeográfica.

Alcance: región biogeográfica y los Estados Miembros donde está presente el hábitat.



Ammophila arenaria. Golfo de Cádiz. España
Autoría: Juan Bautista Gallego Fernández

Tenebrionidae dunes
Autoría: Banco de imágenes Freepik



Definición del
tipo de hábitat y
caracterización
ecológica

2.1. Definición del tipo de hábitat

Existen varias definiciones de «dunas embrionarias» en la literatura científica y política. La Directiva Hábitats de la UE establece la siguiente definición, disponible en el Sistema Europeo de Información sobre la Naturaleza (EUNIS; <https://eunis.eea.europa.eu>): “Formaciones de las costas del océano Atlántico, el mar del Norte, el mar Báltico y el mar Mediterráneo que representan las primeras etapas en la construcción de dunas, constituidas por ondulaciones o elevaciones de

arena en la parte alta de la playa o junto a una franja costera al pie de dunas más altas (Manual de Interpretación de los Hábitats de la Unión Europea, 2013)”.

Los Estados miembros pueden especificar las definiciones de la Directiva Hábitats de la UE en sus propios contextos nacionales. También existen varias descripciones en la literatura científica (véanse ejemplos en Francia e Italia en el Cuadro 1). Proponemos la siguiente definición simplificada, que engloba elementos de las de Hesp (2002), Montreuil et al., (2013), Hesp y Walker (2013), y Puijtenbroek et al., (2017) (Cuadro 1):

Fuente	Ejemplos de políticas
Francia: Cahier d'habitats (Bensetiti et al., 2004)	Este hábitat se desarrolla inmediatamente en el contacto superior de las líneas de pleamar, en zonas con pendiente ligera o nula. Sustrato arenoso, de grano fino a grueso, en ocasiones mezclado con restos orgánicos, ocasionalmente arrastrado por las olas durante las tormentas. Vegetación adaptada y favorecida por enterramientos regulares ligados al espolvoreo del viento desde lo alto de la playa.
Italia: Manual de interpretación de la Directiva Hábitats (Biondi et al., 2009)	El hábitat se encuentra a lo largo de las costas bajas y arenosas y a menudo es esporádico y fragmentado, debido a la antropización vinculada tanto a la gestión del sistema dunar con fines de baño como a la construcción de infraestructuras portuarias y urbanas. El hábitat está determinado por plantas psamófilas perennes, de tipo geófito y hemicriptófito, que dan lugar a la formación de los primeros montículos arenosos: las «dunas embrionarias». La especie más «constructora» es <i>Elytrigia juncea</i> (= <i>Agropyron junceum</i> ssp. <i>mediterraneum</i> , = <i>Elymus farctus</i> ssp. <i>farctus</i> , = <i>Thinopyrum junceum</i> (L.) Á. Löve), hierba rizomatosa que consigue aumentar su rizoma tanto horizontal como verticalmente formando, junto con las raíces, una densa red que incorpora las partículas arenosas.
Fuente	Ejemplos de artículos de investigación
Puijtenbroek et al., 2017	Primera etapa del desarrollo de las dunas. Se forman cuando la arena se deposita dentro de grupos discretos de vegetación o plantas individuales. Una vez que la vegetación se establece por encima de la línea de pleamar, sirve como elemento de rugosidad que facilita la deposición de arena y reduce la erosión. Una duna embrionaria es, por lo tanto, el resultado de una interacción entre la vegetación y los procesos eólicos (...). Con el tiempo, las dunas embrionarias pueden convertirse en cordón dunar primario (también conocido como duna primaria)
Hesp y Walker, 2013	Pequeñas dunas costeras que se encuentran en la parte posterior de la playa. A menudo nuevas o en desarrollo. Formadas por la deposición de arena por el viento y la colonización de especies vegetales pioneras.
Montreuil et al., 2013	Se forman en la costa cuando la arena arrastrada por el viento se acumula alrededor de una irregularidad u obstáculo. Suelen ser pequeñas y discretas y están colonizadas por plantas pioneras y especies tolerantes a la inundación marina.
Hesp, 2002	«Dunas las dunas primarias establecidas son el grado de desarrollo geomorfológico (por ejemplo, altura, anchura, continuidad) y las características de la cubierta vegetal.

Cuadro 1. Ejemplos de definiciones de dunas embrionarias en documentos de políticas y publicaciones científicas.

Definición acordada: “2110. Dunas móviles embrionarias: pequeñas dunas costeras situadas en la parte posterior de la playa, formadas por la deposición de arena por el viento y la colonización de especies vegetales pioneras”.



2.2. Caracterización ecológica

2.2.1. Principales características del hábitat y requisitos ecológicos

Contexto de las dunas embrionarias

Las dunas embrionarias constituyen un área fundamental dentro del continuo costa-playa-duna (Figura 1) y sirven como un punto de unión crítico entre los procesos marinos y eólicos, particularmente en una escala de tiempo estacional (Davidson-Arnott et al., 2019). Al funcionar como depósitos de arena en la parte posterior de la playa, representan las primeras formas del relieve eólico susceptibles a la erosión de las olas, modulando así la energía que llega a la base de la duna primaria durante las tormentas. Además, de la redistribución de sedimentos, estas dunas son vitales para facilitar los intercambios biológicos en la costa y en una región más amplia junto a la misma. Ofrecen un hábitat para la flora y la fauna caracterizado por frecuentes cambios morfológicos e inundaciones periódicas de agua de mar, y sirven como zonas de transición entre los ecosistemas marino y terrestre.



Charadrius dubius. Autoría: Banco de imágenes Adobestock

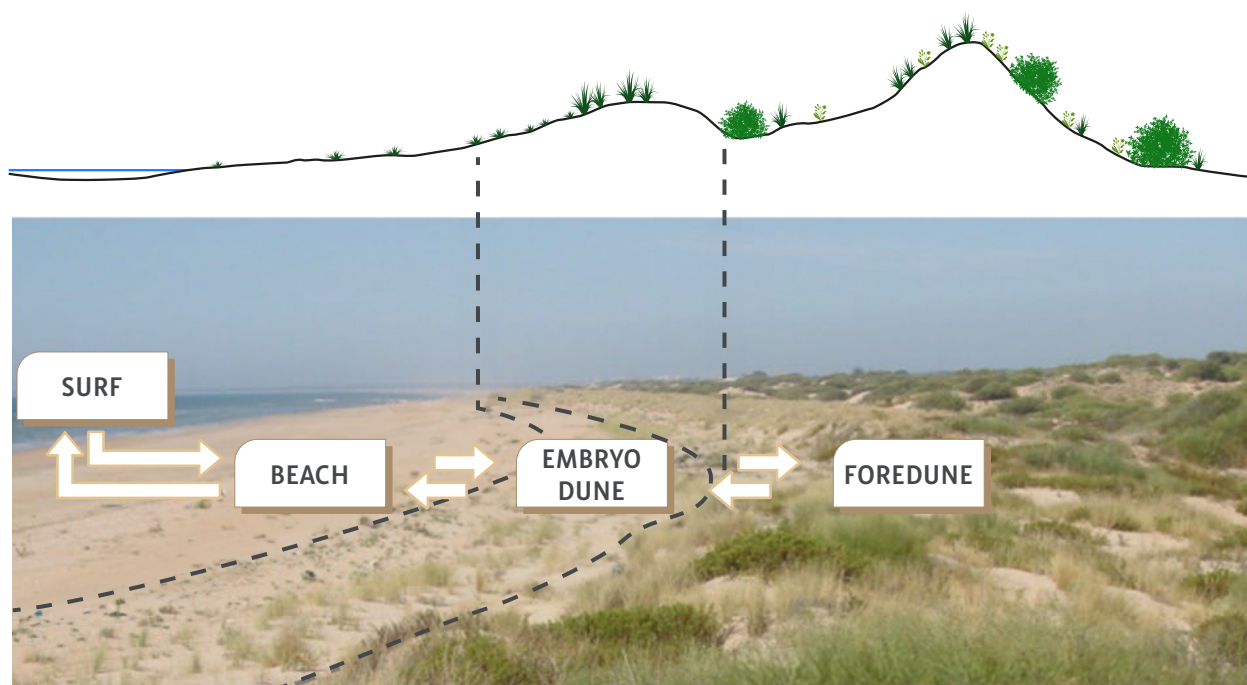


Figura 1. Dunas embrionarias como parte de sistemas playa-duna más amplios. Se caracterizan por intercambios regulares de sedimentos y materia orgánica. Crédito de la fotografía: Juan Bautista Gallego Fernández

Principales características del hábitat y requisitos geoecológicos para su existencia

Las dunas embrionarias se forman mediante la acumulación de arena eólica alrededor de obstrucciones o accidentes geográficos irregulares (Montreuil et al., 2013), seguida de la colonización de especies vegetales pioneras (Hesp y Walker, 2013; Pujenbroek et al., 2017). Caracterizadas como la fase inicial de la evolución de las dunas secundarias, estas formaciones se denominan comúnmente «dunas costeras incipientes» (Hesp, 1983). Las dunas embrionarias son formas del relieve «transitorias» de naturaleza efímera: o bien se disipan debido a la erosión de las olas o crecen progresivamente y se establecen como dunas secundarias (Hesp, 2002; Sabatier et al., 2009; Gao et al., 2020).

Las dunas embrionarias dependen de los siguientes elementos específicos clave para su existencia:

1. Requieren una superficie suficiente dentro de la zona de la parte posterior de la playa en la que puedan acumularse sedimentos, lo que constituye la base para su desarrollo;
2. Dependen de una fuente de sedimentos, normalmente procedentes de la playa, donde la acción del viento arrastra y transporta arena a la zona de las dunas embrionarias;
3. Dependen del importante papel desempeñado por la presencia de vegetación y de una fuente de propágulos (semillas, fragmentos de plantas) de una o varias especies vegetales. Estas plantas interactúan con la arena arrastrada por el viento, favoreciendo la formación gradual de las dunas embrionarias a medida que atrapan y estabilizan el sedimento acumulado (Figura 2). Las tormentas marinas y las corrientes litorales ayudan a dispersar las especies y desempeñan un papel importante en la conexión de los hábitats de las dunas (Joyce et al., 2022).

Coastal dunes: key elements and processes

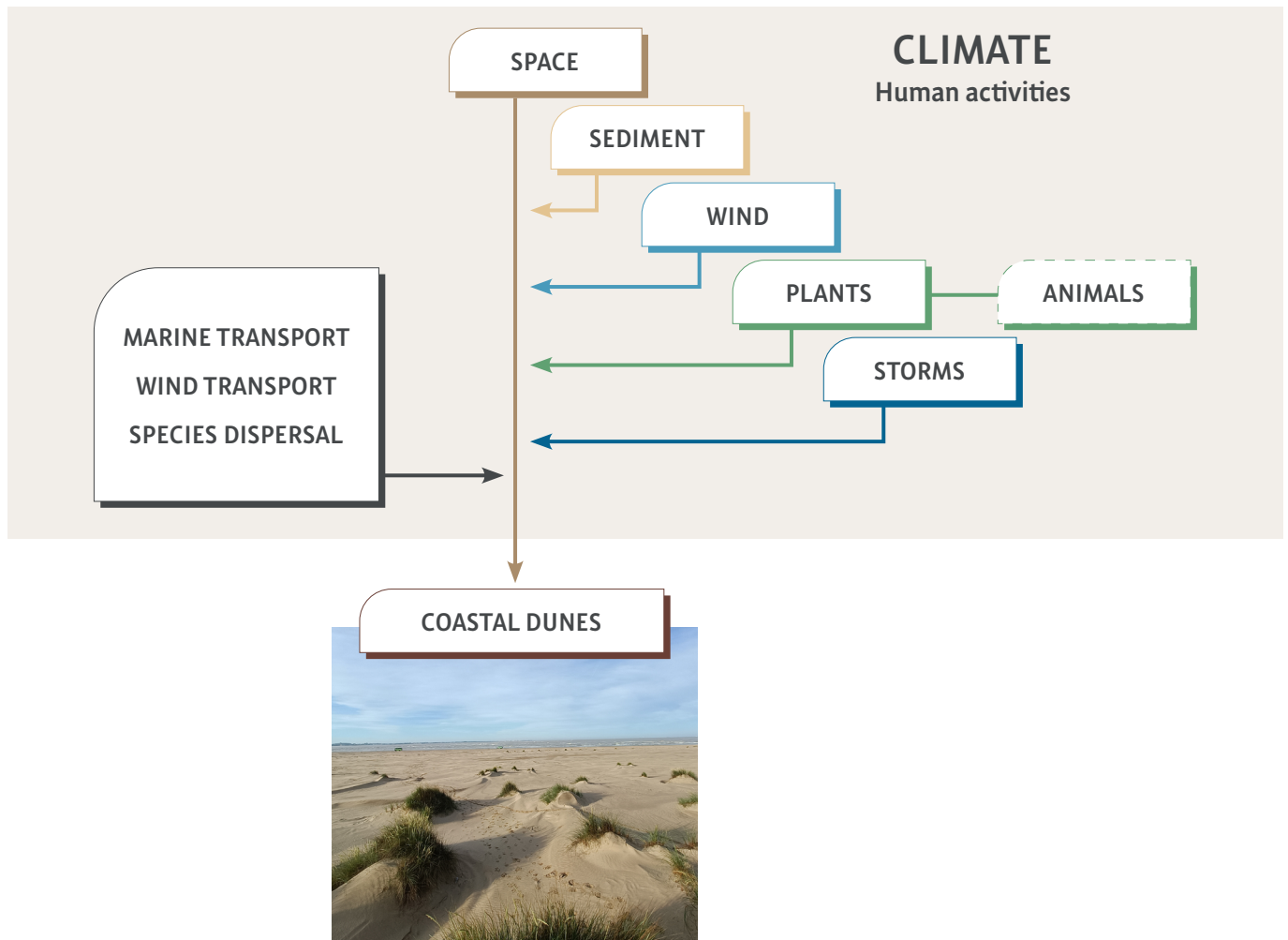


Figura 2. Elementos y procesos clave implicados en la formación de dunas costeras, muchos de ellos aplicables a las dunas embrionarias. Por Juan B. Gallego Fernández.

Características principales

Las dunas embrionarias pueden observarse en todos los entornos costeros del mundo, desde las regiones polares hasta las templadas, subtropicales y tropicales (Hesp, 2002; Olivier y Garland, 2003; Anthony et al., 2007; Puijtenbroek et al., 2017). Constituyen la fase inicial de la formación de dunas y demuestran adaptabilidad a diversos contextos geológicos y climáticos locales. Su fase madura, las dunas secundarias, se han encontrado en diversas tipologías de litoral que incluyen playas, estuarios, lagunas, lagos e incluso llanuras interiores (Carter et al., 1992; Nordstrom y Jackson, 1994; Hesp, 2002). Además, las dunas embrionarias muestran la capacidad de desarrollarse en áreas de costa delimitadas por acantilados o paseos marítimos.



Sterna nilotica. Autoría: Banco de imágenes Freepik

Las dunas embrionarias pueden clasificarse en cuatro tipos ecogeomorfológicos (Hesp, 2002):

1. Rampas: zonas en las que las semillas germinan en las rampas de la playa alta, o las plantas rizomatosas o estoloníferas crecen hacia el mar a partir de fuentes terrestres, o las plantas germinan o crecen en escarpes o en la base de un escarpe labrado sobre la duna secundaria.
2. Terrazas: lugares de rápido crecimiento de las plantas en la playa alta, especialmente en playas de rápida progresión, o donde el crecimiento de las plantas hacia el mar coincide con las tasas de acreción, o donde las plantas crecen a lo ancho en litorales que experimentan poca acreción de arena (por ejemplo, playas de baja energía) debido a una densidad de plantas moderada o plantas de baja altura.
3. Montículos o nebkhas: zonas con un suministro limitado de arena donde se formaron dunas embrionarias debido a los efectos de atrapamiento de las plantas, creando pequeños montículos o nebkhas propensos a cambios rápidos debido a vientos enérgicos o inundaciones por tormentas (Goldstein et al., 2017). Sus formas, a menudo alargadas, se funden para formar cordones dunares continuos.
4. Cordones: se forman cuando la rápida acreción se produce principalmente en la parte de la cubierta vegetal que da al mar, o cuando la densidad y la altura de la vegetación son elevadas, o cuando las tasas de crecimiento hacia el mar son bajas en comparación con la acreción, o cuando la escarificación de las dunas secundarias por el oleaje desplaza la deposición eólica a la base del escarpe, dando lugar a la formación de cordones paralelos a las dunas secundarias y a la línea de costa.

Variabilidad

La evolución de las dunas costeras en general está determinada por numerosos factores (Cuadro 2) que operan a través de diversas escalas temporales y espaciales (Walker et al., 2017). Entre ellos se incluyen parámetros a corto plazo que influyen en el transporte eólico de sedimentos, como la humedad superficial (Namikas y Sherman, 1995); factores a medio plazo que influyen en la naturaleza de los aportes eólicos a las dunas costeras (Delgado-Fernández y Davidson-Arnott, 2011), y elementos a largo plazo que rigen los balances de sedimentos y la dinámica de la línea de costa (Davidson-Arnott y Bauer, 2021).

Abióticos	Ejemplos
Clima, oceanografía	Velocidad media del viento
	Dirección del viento predominante
	Precipitaciones medias anuales
	Temperatura media anual
	Humedad media anual
	Tipo de ola predominante (olas de mar/olas de marejada)
	Altura media de las olas
	Régimen de tormentas
	Amplitud de marea
	Tendencia del nivel del mar
Línea de costa y playa	Orientación de la línea de costa
	Tendencia de la línea de costa (erosión/progradación)
	Tipo de playa (reflectiva, disipativa – talud intermareal)
	Tamaño medio de los sedimentos de la playa
	Tipo de parte posterior de la playa (por ejemplo, acantilado, laguna, paseo marítimo)
	Transporte de sedimentos hacia la duna
	Anchura de la playa seca
	Época de crecimiento
	Costras / cementación de playas
	Otros tipos de condiciones de superficie
Geometría de las dunas embrionarias	Altura de las dunas embrionarias (m)
	Anchura de las dunas embrionarias (m)
	Longitud de las dunas embrionarias (m)
	Continuidad longitudinal (% de corredores transversales con respecto a la longitud total)
Química	Suelo – contenido de materia orgánica
	Salinidad de los sedimentos
	Composición predominante de la playa (carbonatos, silicatos)
Bióticos	Ejemplos
Composición de las especies vegetales	Cubierta vegetal / suelo desnudo
	Diversidad de especies (riqueza/índices)
	Especies dominantes
	Constructoras de dunas (Ammophila/Elymus...)
	Especies pioneras
	Fuentes de propágulos
	Relación con las comunidades adyacentes
	Especies exóticas (presencia, densidad...)

Bióticos	Ejemplos
Especies de fauna	Especies de aves: alimentación/cría
	Desove de tortugas
	Frecuentación de vertebrados silvestres (ratones, conejos, ciervos, etc.)
	Frecuentación de animales domésticos (vacas, cabras, ovejas, etc.)
	Diversidad de polinizadores
	Fauna del suelo (por ejemplo, invertebrados)
	Relación con las comunidades adyacentes
Estructura del hábitat	Longitud relativa de la duna secundaria
	Presencia de formaciones longitudinales paralelas a la costa (cordones, crestas, etc.)
	Continuidad/fragmentación (número de fragmentos)
	Perturbación por la actividad humana y las infraestructuras
Funciones del hábitat	Depósito de sedimentos de playa
	Depósito de sedimentos de la duna secundaria
	Apoyo a la biodiversidad (división...)

Cuadro 2. Parámetros generalmente utilizados en la caracterización de las dunas costeras. Muchos podrían utilizarse para caracterizar la gama de condiciones/variabilidad de las dunas embrionarias en toda la región MED.

2.2.2. Dinámica (espacial y temporal) del tipo de hábitat en toda la región

Las dunas embrionarias son naturalmente dinámicas tanto a lo largo como a lo ancho de la costa. Entre las variables señaladas en el Cuadro 2, destaca el papel influyente de la dinámica litoral a medio y largo plazo y las alteraciones en la disponibilidad de sedimentos como factores principales que rigen la formación y evolución de los hábitats de dunas embrionarias. Los balances de sedimentos positivos y la disponibilidad de arena para la construcción de dunas en las costas progradantes conducen al crecimiento de dunas embrionarias tanto en altura como en anchura, que acaban convirtiéndose en dunas primarias. Por otro lado, en líneas de costa erosionadas o estables, las dunas embrionarias tienden a erosionarse

con mayor frecuencia (Davidson-Arnott et al., 2019).

En la Figura 3 se muestra un ejemplo de evolución decenal de dunas embrionarias en Magilligan Point (Irlanda del Norte). Los balances de sedimentos positivos y la progradación de la línea de costa del extremo distal del cordón litoral derivaron en un crecimiento vertical de la duna embrionaria y en su transición a duna secundaria en el plazo de una década (véase el cambio de 2010 a 2021). Esto coincidió con la erosión de la duna embrionaria y una transición hacia la parte posterior de la playa a los lados del extremo distal, como resultado de los cambios en la forma del cordón litoral. En 2021, una nueva zona de dunas embrionarias era visible delante de la antigua duna embrionaria (ahora establecida como duna primaria). La superficie cubierta por esta nueva duna embrionaria podría o no ser similar a la cubierta por la duna embrionaria anterior en 2010, pero ambas situaciones son comunes y resultan del dinamismo natural que se espera de este hábitat.

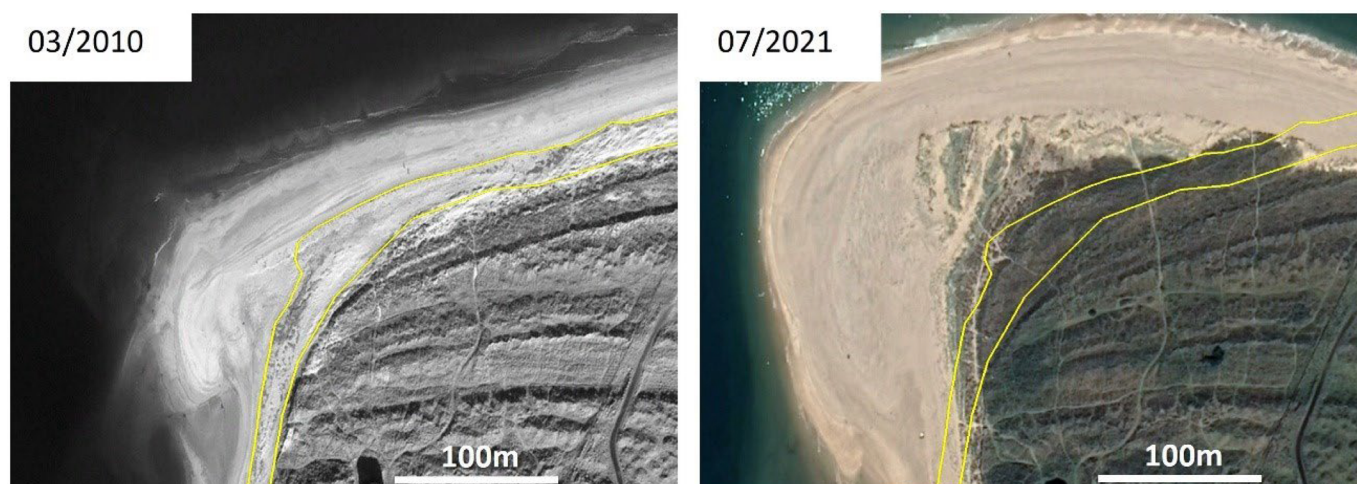


Figura 3. Dinámica espacio-temporal de dunas embrionarias en Magilligan Point (Irlanda del Norte). La zona de dunas embrionarias resaltada en 2010 (a la izquierda, en amarillo) se transformó en el transcurso de la siguiente década; se convirtió en una duna primaria en la zona central del extremo distal del cordón litoral y pasó a ser una zona de la parte posterior de la playa a los lados del extremo distal del cordón litoral en 2021 (imagen de la derecha). Imagen de fondo: Google Earth Pro.

En la Figura 4 se muestra un ejemplo de cambios estacionales de dunas embrionarias en una costa estable o en retroceso en el Parque Nacional de la Isla del Príncipe Eduardo (Canadá). Las dunas embrionarias suelen aparecer durante los periodos de relativa calma (Figura 4, izquierda). El oleaje de baja energía transporta arena desde la costa hasta la playa; desde allí, los vientos dominantes la transportan hasta la zona de dunas, donde puede rellenar los escarpes de las dunas, ascender por la ladera del talud de la duna primaria o formar dunas embrionarias (véase el apartado 2.2.1.). Las olas grandes y las marejadas ciclónicas suelen aplanar la playa y erosionar las

dunas embrionarias (Figura 4, derecha), y las tormentas más potentes también pueden erosionar la pendiente del talud de las dunas secundarias e incluso romperlas. Una duna embrionaria recién formada podría aparecer la próxima primavera, dependiendo de la frecuencia de las tormentas y del ritmo de recuperación de la playa tras las mismas. Este ciclo meteorológico de calma/tormenta es uno de los fundamentos de nuestra comprensión de la morfodinámica playa-duna (Dean, 1977; Short y Hesp, 1982; Cowell y Thom, 1994; Masselink et al., 2014).



Figura 4. Interacciones dinámicas cíclicas playa-duna que implican la erosión de dunas embrionarias con olas de tormenta durante el otoño y el invierno (derecha) y formación y crecimiento de dunas embrionarias durante el final de la primavera y el verano (izquierda) en el Parque Nacional de la Isla del Príncipe Eduardo (Canadá). Créditos: Irene Delgado-Fernández, Robin Davidson-Arnott y Jeff Ollerhead.

2.2.3. Relaciones con otros tipos de hábitats

Las dunas embrionarias forman parte de una sucesión de hábitats dunares que incluyen desde los ambientes más estresados de la playa alta, expuestos a tormentas, vientos fuertes, spray salino, etc., hasta el ambiente continental interior, caracterizado por la presencia de zonas bajas con influencia de agua dulce (Figura 5). Las comunidades de dunas de arena tienden a mostrar un patrón espacial agregado en el extremo más estresante del gradiente, y un patrón espacial segregado en las condiciones menos estresantes (Santoro et al., 2012, Conti et al., 2017).

Según la hipótesis del gradiente de estrés, las interacciones negativas entre especies suelen predominar en condiciones ambientales no estresantes, mientras que las condiciones estresantes provocan una disminución de la importancia de las interacciones competitivas en el conjunto de la comunidad, o incluso un aumento de las interacciones facilitadoras (Bertness y Callaway, 1994). La sucesión de comunidades de dunas costeras es posible gracias al proceso de facilitación vegetal (Connell y Slatyer, 1977). La facilitación es un mecanismo ecológico que consiste en la interacción entre las especies nodrizas, que son capaces de colonizar un hábitat estresante y modificar el microambiente, modificando el hábitat y facilitando el establecimiento de nuevas especies (Maun 2009; Navarro-Cano et al., 2019; Maggi et al., 2011). En detalle, el proceso de facilitación incluye diferentes interacciones positivas que ocurren entre individuos fisiológicamente independientes y se media a través de cambios en el ambiente abiótico o a través de otros organismos (Lasso-Rivas, 2015). Las especies facilitadoras colonizadoras pueden mitigar las condiciones extremas y beneficiar a otras especies.



Polygonum maritimum. Golfo de Cádiz. España
Autoría: Juan Bautista Gallego Fernández

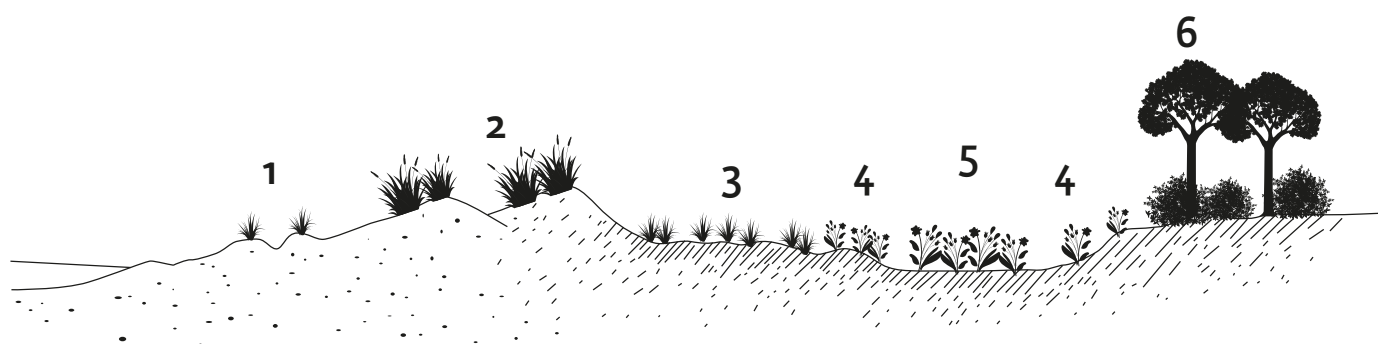


Figura 5. Ejemplo de transecto de sistemas dunares mediterráneos en el que se muestran 1) dunas embrionarias / pioneras; 2) dunas móviles; 3) dunas fijas; 4-5) depresiones interdunares; 6) dunas estables. Modificado de Costa (1987).

2.2.4. Análisis de carencias y necesidades futuras

Hemos identificado lagunas cruciales en la comprensión de la dinámica geomorfológica y ecológica de las dunas embrionarias en toda la región mediterránea. Es necesario cuantificar la variabilidad de las dunas embrionarias y los procesos que las controlan en la región MED. Esto incluye una comprensión detallada de las características de los hábitats y su conexión con los entornos que los rodean, como la anchura, la pendiente y la morfología de las playas y cómo esto influye en la formación de dunas embrionarias y en la dinámica ecológica. Existen carencias en cuanto a la comprensión de los rasgos comunes y las diferencias de las dunas embrionarias entre los países de la región MED, probablemente un reflejo de carencias más amplias relacionadas con la ausencia de estudios globales de las dunas costeras. Además, la ausencia de modelos conceptuales que definan el funcionamiento y la dinámica de las dunas embrionarias en la región MED supone un obstáculo importante para una conservación y gestión eficaces.



Carpobrotus invasion. Portugal. Autoría: Catarina Meireles

Oenothera drummondii. Golfo de Cádiz. España
Autoría: Juan Bautista Gallego Fernández



Estado de
conservación y
tendencias

Según el artículo 17 de la Directiva Hábitats, los Estados miembros evalúan periódicamente (cada seis años) el estado de conservación de los tipos de hábitats. En la evaluación del estado de conservación de los tipos de hábitats se utilizan cuatro parámetros principales:

- Rango: área de distribución general.
- Superficie: superficie del área ocupada por el hábitat.
- Estructura y función: condiciones del hábitat.
- Perspectivas de futuro: a partir del análisis de las presiones y amenazas que afectan al hábitat

En el siguiente informe pueden consultarse los resultados de la última evaluación de las dunas embrionarias en los países mediterráneos: <https://nature-art17.eionet.europa.eu/article17/habitat/summary/?period=5&group=Dunes+habitats&subject=2110®ion=MED>

En los siguientes apartados se presentan más detalles sobre los conocimientos y metodologías disponibles para la evaluación de estos parámetros.

3.1. Conocimiento actual de la distribución y estimación de la superficie

3.1.1. Superficie dentro y fuera de los espacios Natura 2000

Los Estados miembros mediterráneos de la UE comunicaron los datos sobre la superficie actual ocupada por las dunas embrionarias en 2019, como se muestra en el Cuadro 3.

EM europeo	Superficie total (km ²)	Tendencia a corto plazo	Superficie dentro de N2000 (km ²)	% en N2000
Croacia	0,16–0,39	Incierta	0,16–0,39	100 %
Chipre	0,35	Desconocida	0,169	48 %
Francia	1–3	En disminución	3	100 %
Grecia	32,85	Estable	12	37 %
Italia	13,09–74,13	En disminución	13,47	18 %
Malta	0,012	Estable	0,012	100 %
España	5,52	En disminución	4,57	83 %
Portugal	Sin datos	En disminución	36	

Cuadro 3. Datos oficiales facilitados por los EM – Art.17 Elaboración de informes (2013–2018). N200 = Red Natura 2000.

3.1.2. Metodologías utilizadas para estimar la superficie de hábitats en el marco de la presentación de informes con arreglo al artículo 17 y para detectar cambios en la superficie total cubierta por el hábitat (en los EM de la región MED)

Existe una considerable variabilidad en las metodologías empleadas por los Estados miembros de la región mediterránea para evaluar la extensión de la superficie ocupada por las dunas embrionarias. Se han descrito diversos enfoques, que muestran una amplia gama de técnicas y herramientas utilizadas para medir y cuantificar la presencia y las dimensiones de estas características costeras. Incluyen el uso de orto-fotos/fotografías aéreas, mapas publicados, imágenes de drones e incluso el «mapa de campo» en línea de ArcGIS (Figura 6). Las escalas utilizadas varían de 1:2000 a 1:25.000 en función de la información recogida para la elaboración de este plan de acción (más detalles en el apartado 3.1.4).



Arctotheca calendula. Invasive Alien Species. Portugal
Autoría: Catarina Meireles

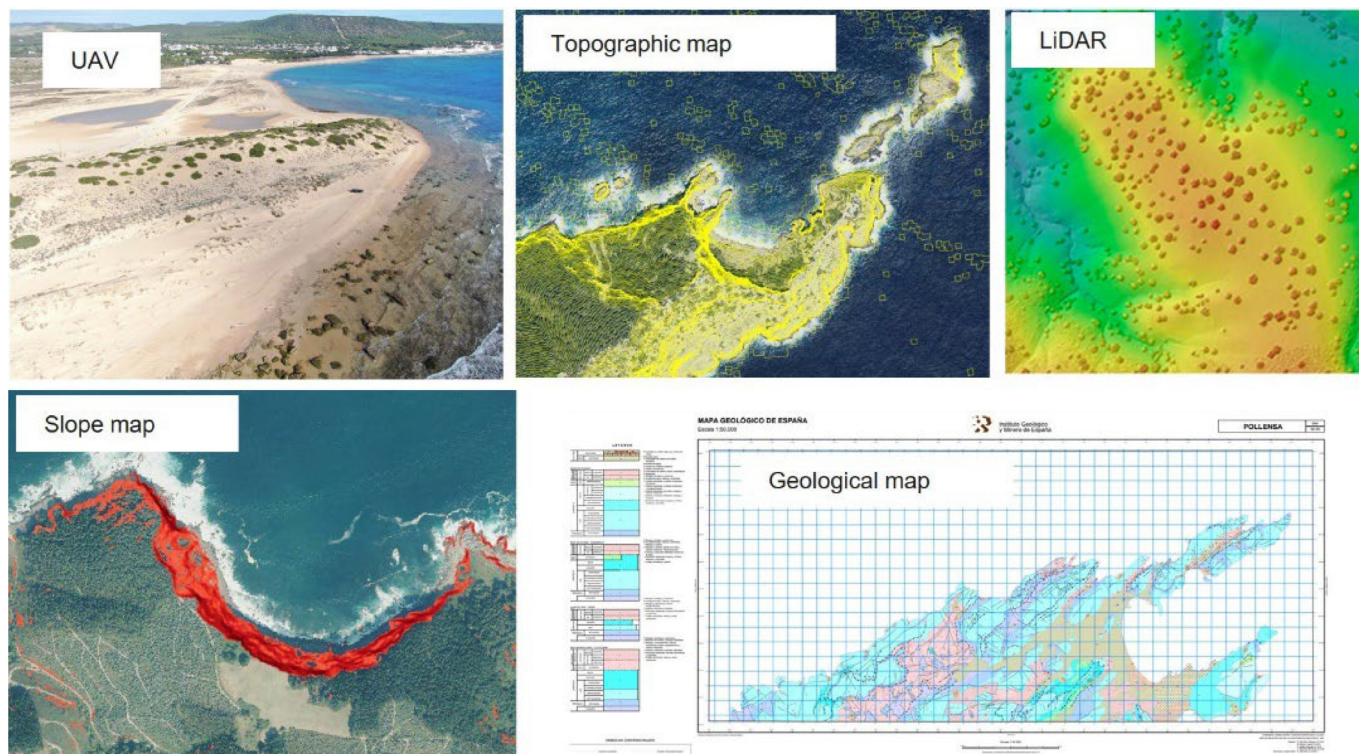


Figura 6. Ejemplos de fuentes de información.

3.1.3. Metodologías disponibles en la literatura para estimar la superficie de los hábitats y principales problemas

En la literatura académica, los científicos de la costa han utilizado tanto productos de teledetección (por ejemplo, fotografías aéreas) como de detección próxima (por ejemplo, escaneado láser) y mapeo de campo (por ejemplo, transectos)

para seguir el comportamiento de las dunas embrionarias a lo largo del tiempo. Se pueden citar como ejemplos dos estudios de referencia principales: los análisis de Puijenbroek et al., (2017), en los que se identificaron formas de dunas individuales dentro de la superficie de dunas embrionarias utilizando tanto transectos como fotografías aéreas; y el estudio de Montreuil et al., (2013), que utilizaron escaneo láser frecuente para el mapeo detallado de los cambios estacionales de las dunas embrionarias dentro de una parcela costera seleccionada (Figura 7).

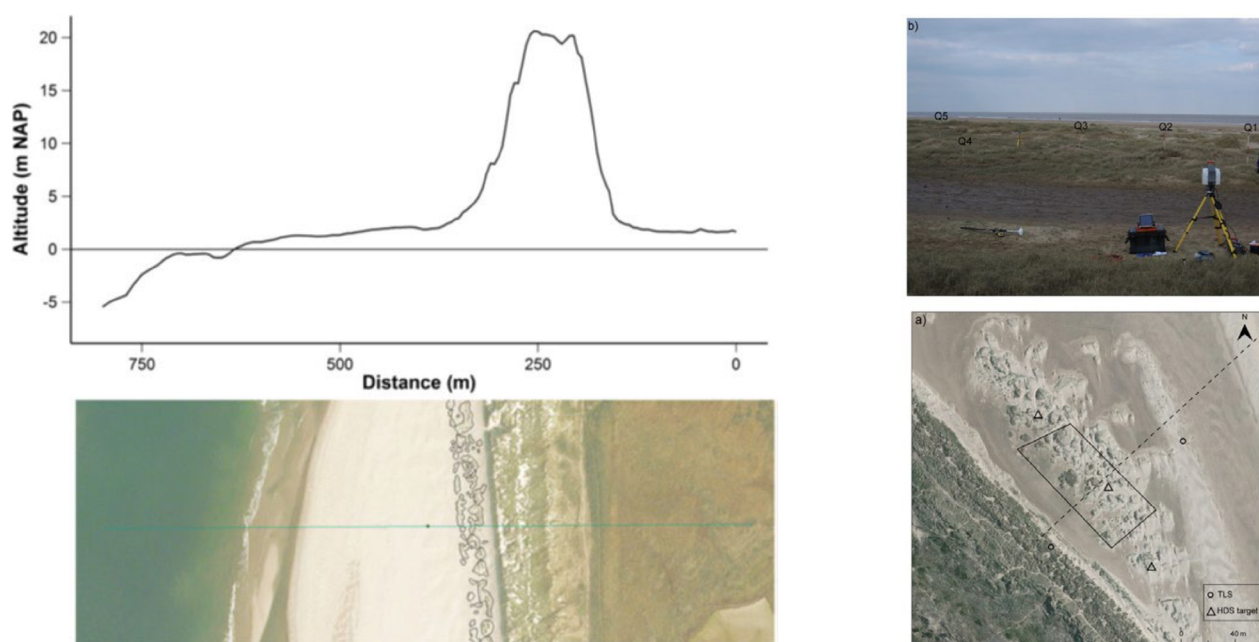


Figura 7. Ejemplos de mapeo de dunas embrionarias extraídos de la literatura [transectos, fotografías aéreas – Puijenbroek et al., 2017 (izquierda); Montreuil et al., 2013 (derecha)].

Problemas conocidos del mapeo

Si se controlan estrechamente, los cambios en la morfología y la ecología de las dunas embrionarias pueden observarse a lo largo del tiempo, empleando métodos como los descritos anteriormente. Sin embargo, no existen métodos estándar para medir la evolución de las dunas embrionarias a escala regional y transregional.

Los problemas para limitar con precisión el espacio ocupado por las dunas costeras son bien conocidos. Por ejemplo, en su artículo «Crowd-sourced identification of the beach-dune interface», Smith et al., (2020) comentan los desafíos de identificar la interfaz playa-duna (es decir, el límite hacia el mar de la zona de dunas, que abarca, si está presente, la zona de dunas embrionarias). Su estudio utilizó las aportaciones de 167 geomorfólogos, de los cuales 85 se autoidentificaron como expertos en dunas costeras. El enfoque pedía a los

encuestados que delimitaran o reconocieran el límite o la zona de transición entre la playa y la zona de dunas utilizando características comunes como elementos superficiales (por ejemplo, vegetación y algas) y morfométricos (por ejemplo, pendiente y curvatura), entre otras cuatro categorías. Los participantes recibieron tres conjuntos de datos: 1) transectos bidimensionales transversales a la costa; 2) fotografías aéreas y 3) imágenes oblicuas. Sus análisis revelaron una diferencia significativa en la identificación horizontal y vertical del pie de la duna, en la que influyeron mucho los antecedentes de los investigadores y las perspectivas de las imágenes.

El color de la superficie podría utilizarse también como indicador de la incipiente cubierta vegetal de la parte alta de la playa. La vegetación incorpora una textura moteada en las imágenes y añade tonos grises que oscurecen el color original de la arena. Sin embargo, en algunos casos el color natural de la arena puede ser oscuro de origen si el sedimento que forma

la playa procede de la erosión de rocas volcánicas o metamórficas ricas en minerales oscuros. En tal caso, la distinción entre playa y duna debe hacerse en función de los cambios topográficos menores, a menudo sutiles, o si se identifica un

cambio claro en la textura de la superficie (véanse las Figuras 7A y B). Las playas ricas en cuarzo muestran sedimentos más claros y las dunas embrionarias se reconocen mucho más fácilmente (véanse Figuras 7C y D).

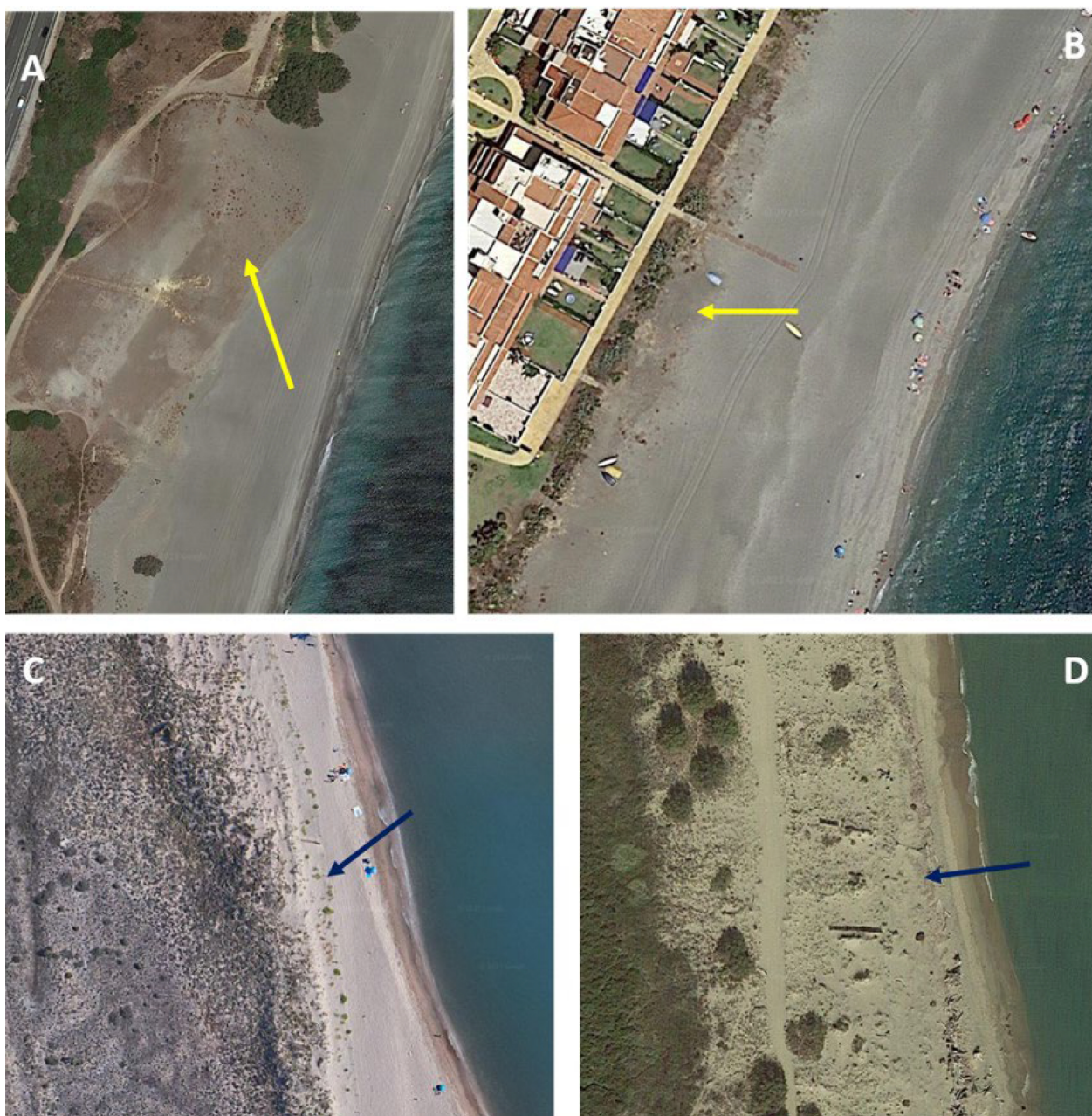


Figura 8. Ejemplos de bandas estrechas de dunas embrionarias desarrolladas en la parte alta de la playa. Los casos A y B corresponden a playas formadas por minerales oscuros, mientras que los casos C y D corresponden a playas compuestas por sedimentos más claros. Imágenes de fondo de Google Earth Pro.



Hasta la fecha, no existe consenso ni acuerdo en cuanto a una definición estándar de «límite playa-duna» y la adecuación de estos parámetros a las observaciones realizadas sobre el terreno.

3.1.4. Propuesta de metodologías estándar para armonizar el cálculo de la superficie de hábitat en los países mediterráneos

La variabilidad de las metodologías utilizadas actualmente para estimar la superficie del hábitat refleja en parte las complejidades inherentes al estudio de las dunas embrionarias, así como la falta de protocolos científicos que puedan aplicar los EM. Esto pone de manifiesto la necesidad de contar con métodos estándar para garantizar evaluaciones más coherentes y comparables en todas las zonas costeras mediterráneas. Atendiendo a criterios como la reproducibilidad y la accesibilidad, se propone el siguiente enfoque metodológico:

- A. Uso de Google Earth (GE) como paso inicial para recopilar información sobre la extensión:

El uso de GE ofrece cinco ventajas significativas: 1) es accesible a cualquier persona a través de un ordenador y conexión a internet; 2) es una plataforma gratuita; 3) funciona de forma eficaz en diversas escalas espaciales y permite tanto un acercamiento detallado como un alejamiento más amplio, atendiendo a los requisitos de los métodos que se exponen a continuación; 4) permite cartografiar los cambios a lo largo del tiempo mediante la herramienta de «imágenes históricas»; y 5) establece una técnica común que puede aplicarse uniformemente en todos los Estados miembros.

- B. Trabajar en todas las escalas, pero estableciendo una escala común de comunicación (ECC) y una unidad mínima cartografiable (UMC):

Cuando se les preguntó por sus escalas de trabajo, los EM proporcionaron una gama que iba de 1:200 a 1:25.000. La literatura científica aborda ampliamente los retos y consideraciones relativos a las diferentes escalas cartográficas en entornos naturales (Margules y Pressey, 2000). Aunque las escalas más reducidas permiten una visión más detallada de los hábitats locales y la distribución de las especies, pueden no resultar prácticas para cubrir zonas más extensas. Por el contrario, las escalas más amplias ofrecen una visión de los patrones regionales y la heterogeneidad del paisaje, revelando así otros aspectos importantes. Para encontrar un equilibrio entre estas cuestiones, propusimos **una escala común de comunicación (ECC) de 1:2500** como estándar para elaborar los mapas finales. **Google Earth ofrece la flexibilidad de utilizar escalas de trabajo más reducidas o más amplias**, acercándose para una observación detallada del hábitat o alejándose para una visión contextual más amplia (como se muestra en las Figuras 9 y 10). Este enfoque



Silene littorea. Portugal. Autoría: Catarina Meireles

coincide con la perspectiva de los investigadores que hacen hincapié en la consideración simultánea de diferentes escalas para comprender los ecosistemas de forma global (Levin, 1992). En el caso particular de zonas de dunas pequeñas pero significativas (por ejemplo, algunas de las dunas embrionarias que se encuentran en Malta) podría adoptarse una escala cartográfica menor como excepción al método armonizado propuesto anteriormente.

Se propone **una unidad mínima cartografiable (UMC) de 500 m² (0,05 ha)**. Por ejemplo, podría abarcar una duna embrionaria de 100 m de longitud costera x 5 m de anchura costera. Estas dimensiones cartográficas mínimas deberían cubrir eficazmente la mayoría de los sistemas playa-duna de la región MED, con excepciones limitadas a zonas singularmente pequeñas.

- C. Incorporación de la dinámica natural del hábitat:

Todos los hábitats experimentan cambios a lo largo del tiempo, y estas tendencias forman parte integral de la evaluación del estado de conservación de la Directiva Hábitats. Sin embargo, la naturaleza dinámica de las dunas embrionarias hace que su extensión sea naturalmente propensa a fluctuaciones. A diferencia de los hábitats más estables, no se espera que las dunas embrionarias mantengan una superficie constante en el mismo lugar con cada observación. De hecho, la ausencia de una duna embrionaria no es necesariamente indicativa de la degradación de este hábitat (Apartado 2; Figuras 3 y

4). El importante dinamismo de este hábitat socava la validez de las observaciones puntuales cada seis años (el periodo de notificación de la DH), ya que las mediciones pueden limitarse a captar una instantánea arbitraria de un paisaje extremadamente variable. En otras palabras, como una duna embrionaria sana puede mostrar múltiples etapas de desarrollo —desde una acumulación mínima de arena hasta una rampa bien desarrollada o la fase que precede a su transición a una duna primaria—, una observación única a lo largo del tiempo puede pasar por alto el espectro de etapas naturales que experimenta este hábitat. La aparente ausencia de dunas embrionarias no significa que en los meses o años venideros la parte alta de la playa pueda desarrollar una banda continua de tales dunas incipientes.

La dinámica sedimentaria de la propia playa y la situación y estadio morfosedimentario que pueda presentar la playa en el momento de la captación de imágenes pueden proporcionar información sobre el desarrollo teórico o potencial de dunas embrionarias en un futuro próximo. La Figura 9 muestra un ejemplo tomado desde la costa de Valencia a través de Google Earth: la parte alta de la playa no presenta ningún indicador de dunas embrionarias, probablemente ausentes tras la temporada invernal (la foto se tomó en marzo de 2021); sin embargo, la zona cercana a la orilla muestra la llegada de bancos de arena semilunares, muchos de las cuales comienzan a unirse a la playa intermareal. Este sedimento entrante promoverá el transporte y la deposición de arena tierra adentro, favoreciendo la generación de dunas embrionarias en los meses siguientes.



Figura 9. Playa y dunas en la protegida playa del Saler, al sur de Valencia (España). En la imagen, tomada después de la estación invernal, no se aprecia ningún indicio de duna embrionaria. Sin embargo, la presencia de bancos de arena semilunares en la zona cercana a la costa (flechas amarillas) indica una inminente disponibilidad de sedimentos en la zona intermareal, que posteriormente transportaría el viento para formar dunas incipientes. Imagen de fondo de Google Earth Pro.



Figura 10. Ejemplo de cartografía de hábitats dunares (como N131 Dunas embrionarias atlánticas y bálticas y N155 Comunidades anuales de gramináceas finas de dunas atlánticas y bálticas) según diferentes códigos de hábitats EUNIS (autora: María Aranda, TRAGSA).

Lo ideal sería que los informes periódicos y frecuentes en los espacios requeridos permitieran comprender mejor las diversas etapas de las dunas embrionarias, sus características definitorias y su estado de conservación. Sin embargo, por razones prácticas, proponemos un enfoque cartográfico cuyo objetivo es averiguar la **extensión máxima de las dunas embrionarias** observada en un periodo de seis años. Este enfoque exige tiempo y esfuerzos adicionales a los topógrafos

porque implica el análisis de todas las fotografías de Google Earth disponibles dentro del periodo de estudio para los espacios requeridos. No obstante, este enfoque aumenta la probabilidad de encontrar dunas embrionarias y cartografiarlas en fases de desarrollo comparables. Este método funcionaría bien en zonas en las que las tormentas hayan arrasado dunas embrionarias, por ejemplo, siempre y cuando haya una recuperación de las dunas embrionarias o la zona sea propensa a la

formación de nuevas dunas embrionarias, o existiesen dunas embrionarias en algún momento a lo largo de esa parte de la costa en el periodo de seis años anterior a la comunicación.

La aplicación de la Directiva Hábitats obliga a evaluar los tipos de hábitats en todos los espacios N2000. Por consiguiente, cada Estado miembro (EM) debe tener acceso a las imágenes de Google Earth durante el periodo de comunicación de seis años. Sin embargo, este requisito puede plantear limitaciones en determinadas regiones en las que Google Earth actualiza sus imágenes de forma irregular. Esta carencia técnica se señala en el Apartado 3.1.8.

3.1.5. Valores favorables de referencia para el rango y la superficie

La Superficie Favorable de Referencia (SFR) se define como la superficie de cada región biogeográfica considerada como la mínima necesaria para garantizar la viabilidad a largo plazo del tipo de hábitat (ref. art. 17 Elaboración de informes).

A partir de la información comunicada por los Estados miembros mediterráneos, no existe una estimación precisa de la SFR en ningún país, pero en general se considera que esta superficie era mayor hace algunas décadas.

3.1.6. Propuesta de metodologías estándar para armonizar la estimación de la Superficie Favorable de Referencia en los países mediterráneos

Uno de los principales requisitos de las dunas embrionarias para desarrollarse es la presencia de suficiente superficie en la parte alta de la playa para que la arena quede atrapada por la vegetación y forme parches y montículos de arena. Si la zona se ha mantenido sin perturbaciones significativas a lo largo del tiempo (destrucción humana, tormentas, etc.) y las condiciones son favorables, es muy probable que los montículos evolucionen hasta formar una zona de dunas embrionarias. De ahí la importancia de detectar momentos e intervalos en el pasado reciente en los que esas dunas incipientes permaneciesen inalteradas el tiempo suficiente para alcanzar su máximo desarrollo posible, en función del espacio y los sedimentos disponibles, y de las condiciones dinámicas. En consecuencia, una Superficie Favorable de Referencia podría ser la mejor situación detectada para las dunas en el pasado reciente; si pudieran alcanzar esa extensión óptima, el mantenimiento de condiciones favorables permitiría al sistema reproducir ese estado de desarrollo.



Larus audouini. Autoría: Banco de imágenes Freepik

Así, una forma de definir la máxima extensión posible alcanzable por las dunas embrionarias en cada segmento costero podría ser revisar la evolución histórica reciente de la duna incipiente, relativa a las últimas décadas (a partir de la década de 1980), e identificar la mayor superficie alcanzada por el hábitat. Esa sería la Superficie Favorable de Referencia. Las fuentes de información de las imágenes históricas de la zona costera podrían ser múltiples. De nuevo, Google Earth podría ser un recurso interesante, aunque las imágenes más antiguas carecen de la resolución suficiente para identificar correctamente las dunas embrionarias (véase el Apartado 3.1.8). Sería preferible consultar otras fuentes como fotografías aéreas u otras imágenes de satélite de alta resolución.

Dado que la ausencia de dunas embrionarias no indica necesariamente un estado de conservación desfavorable, los estudios sobre los cambios en la extensión de las dunas

embrionarias y la superficie cubierta deben relacionarse con las razones de dichos cambios.

3.1.7. Análisis de tendencias

La comparación de imágenes a lo largo de las últimas décadas proporcionará información sobre las tendencias recientes que muestra el hábitat. Una simple medida de las variaciones en la extensión mostrada por las dunas embrionarias dará ideas sobre su comportamiento fluctuante, periodos de intensa erosión o crecimiento, etc. La comparación cuantitativa entre diferentes imágenes históricas debe utilizarse como principal herramienta para establecer el estado de conservación del hábitat. No obstante, la comparación solo debe realizarse si se mantienen las condiciones generales de contorno: los cambios drásticos en las fuentes de sedimentos, en las tasas de aporte de sedimentos, en la planogeometría de la línea de costa, en la extensión longitudinal de la unidad fisiográfica costera, etc. deberían invalidar este procedimiento, ya que tales cambios drásticos impedirán cualquier posible recuperación de las situaciones precedentes.

3.1.8. Principales dificultades, carencias y necesidades futuras

En el apartado 3.1.4. se describe la metodología propuesta para estimar la superficie del hábitat. La técnica implica el uso de imágenes de Google Earth en cada uno de los espacios evaluados durante un periodo de seis años, algo que puede no ser posible en todos los espacios Natura 2000 de la región MED. Actualmente se desconoce cuántos de los espacios podrían estar sujetos a dicha limitación. Por lo tanto, una necesidad futura es establecer el porcentaje de espacios en los que Google Earth carece de imágenes suficientes para realizar la evaluación y analizar en qué medida esta limitación afecta a la evaluación global.

En el apartado 3.1.6. se propone una metodología para estimar valores favorables de referencia para la superficie y se analizan las limitaciones en el contexto de los registros disponibles. Las primeras imágenes de Google Earth se remontan a la década de 1980 y presentan una resolución espacial limitada, por lo que no son adecuadas para analizar la superficie. Las posibles soluciones a esta carencia técnica podrían ser objeto de futuros estudios. Mientras tanto, otras fuentes como los inventarios nacionales o la fotografía histórica podrían ser una alternativa siempre que la UMC y la escala cartográfica sigan siendo similares a las aquí propuestas.

La necesidad de estimar los valores de referencia resulta difícil en el caso de las dunas embrionarias, tal como se indica



Carpobrotus edulis. Portugal. Autoría: Catarina Meireles

en el apartado anterior. Incluso entre los científicos costeros y los expertos en dunas se detectan imprecisiones a la hora de medir los límites del hábitat (Apartado 3.1). Además, en cualquier posición de la playa, el hábitat puede fluctuar de forma natural entre una superficie cubierta nula (por ejemplo, tras una tormenta) y una duna embrionaria completamente desarrollada (por ejemplo, tras un largo periodo de condiciones meteorológicas tranquilas; Apartado 2.2). Con el paso de las décadas, las dunas embrionarias pueden «desaparecer» a medida que se transforman en dunas primarias o debido a la dinámica natural de la costa.

Existe una laguna importante en el desarrollo de un método para distinguir estas fluctuaciones naturales en la superficie de dunas embrionarias de los cambios (aumento o disminución) causados por factores antrópicos como presiones, amenazas e intervenciones de conservación. Esto se analiza con más detalle en los Apartados 4 y 5.

Las necesidades futuras incluyen el desarrollo y la aplicación de una metodología estándar en todos los EM para estimar la superficie ocupada por el hábitat (incluida la escala, la frecuencia, las herramientas metodológicas, etc.) y la Superficie Favorable de Referencia.

3.2. Estructura y función

3.2.1. Evaluación actual del parámetro estructura y función (según el art. 17 Elaboración de informes)

Actualmente se utilizan diferentes metodologías en los Estados miembros mediterráneos para la evaluación de la estructura y función de sus dunas embrionarias (Angelini et al., 2016; Aranda et al., 2019; Dimopoulos, 2018; Goffé, 2011), que utilizan diferentes variables, métodos de medición y protocolos de muestreo, aunque también se pueden identificar algunos aspectos comunes (Cuadro 4). Estas diferencias subrayan la necesidad de armonizar los procedimientos.

Francia	Anchura de la duna no arbolada
	Presencia de praderas marinas
	Grado de erosión marina
	Presencia de especies indicadoras del hábitat
	Cobertura de especies nitrófilas (lista de especies nitrófilas)
	Cobertura de especies exóticas invasoras del hábitat en % (lista de especies exóticas invasoras)
	Daños graves
España	Superficie del sistema dunar
	Longitud del sistema dunar activo
	Anchura del sistema dunar activo
	Tendencia costera en los últimos 10 años
	Altura modal de las dunas en el sistema dunar
	Porcentaje de frente de duna con taludes erosionados (recomendado)
	Continuidad en las sucesiones vegetales
	Presencia de conejos
	Presencia de invertebrados, reptiles y nidos de aves en el sistema dunar
	Porcentaje de plantas con raíces expuestas
	Grado de fragmentación del sistema dunar

Italia	Características físicas del sustrato (en términos de dinamismo, estabilidad y compactación)
	Cobertura total de la vegetación, presencia y cobertura de especies dominantes y típicas, especies indicativas de perturbación y especies exóticas
	Presencia de especies animales relevantes, como moluscos, reptiles, insectos, aves.
	Especie típica. <i>Elymus farctus subesp. farctus</i> (= <i>Agropyron junceum</i> , <i>A. junceum subesp. mediterraneum</i> , <i>Elytrigia juncea</i> , <i>E. mediterranea</i>), <i>Otanthus maritimus</i> (= <i>Achillea maritima</i>)
	Métricas del paisaje: superficie, forma y contactos entre parches
	Actividades antrópicas. Presencia e intensidad de actividades de perturbación antrópica (senderos) y urbanización
Grecia	Área de ocupación de especies por encima de un umbral
	Estructura vegetal en varios estratos
	Altura de la vegetación
	Altura de las dunas
	Patrones espaciales específicos de sucesión
	Presencia de especies vegetales estabilizadoras de dunas de arena
	Resistencia a las inundaciones
	Presencia de especies típicas

Cuadro 4. Variables utilizadas en los EM mediterráneos para evaluar el estado de la estructura y función de las dunas

3.2.2. Propuesta de armonización de la metodología de evaluación y seguimiento

Las metodologías comunes para evaluar y supervisar el estado del hábitat (estructura y función) deben incluir los siguientes elementos:

- Variables para evaluar las características pertinentes del hábitat:
 - Abióticas: físicas, químicas
 - Bióticas: composición, estructura y funciones
 - Otras: variables basadas en la presión, etc.
- Métodos y métricas utilizados: cómo se mide la variable, frecuencia.
- Valores de referencia, umbrales, indicadores de estado – valores reajustados de las variables.
- Agregación de variables: escala local y supralocal.
- Métodos y protocolos de seguimiento, selección de localidades de seguimiento.
- Uso de fuentes de datos existentes.



Euphorbia peplis. Golfo de Cádiz. España
Autoría: Juan Bautista Gallego Fernández

En el Cuadro 5 se incluye una propuesta de un conjunto mínimo de variables para evaluar las características abióticas y bióticas relevantes del hábitat (considerando las principales características y procesos ecológicos de las dunas embrio-

narias, descritos en el Apartado 2). Su objetivo es evaluar y hacer un seguimiento de la estructura y función de 2110 Hábitats de dunas embrionarias.

Tipo		Nombre de la variable
Abiótica	1	Presencia de dunas embrionarias: Tipos y % de ocupación ■ Rampas ■ Terrazas ■ Nebkhas ■ Cordones
	2	Presencia de desechos marinos (material a la deriva)
	3	Tendencia costera (m/año)
Bióticos	4	% de la cubierta vegetal total y de la cubierta de especies psamófilas de: ■ Pioneras ■ Constructoras ■ Aglutinantes ■ Especies no psamófilas ■ Exóticas
	5	Presencia de fauna nidificante

Cuadro 5. Propuesta de variables para evaluar la estructura y función de los hábitats de dunas embrionarias.

Los siguientes métodos, métricas, rango de valores esperados y carencias relacionadas son:

1. Presencia de dunas embrionarias. Tipos (rampas, terrazas, nebkhas, cordones) y % de ocupación

Descripción de la variable: determinación de la presencia (o ausencia) de dunas embrionarias durante el momento de la observación, y tipos morfológicos predominantes en cada zona. Al tratarse de hábitats naturalmente dinámicos, su ausencia puede indicar alteraciones en la disponibilidad de sedimentos o la falta de balances de sedimentos positivos y disponibilidad de arena para la construcción de dunas (véase el Apartado 2.2.2).

Superficie mínima cartografiable: 500 m² (0,05 ha).

Método: inspección visual mediante imágenes aéreas de alta resolución (como Google Earth, fotografías aéreas verticales),

modelos digitales de elevación detallados (modelos LiDAR, con errores submétricos) e inspección sobre el terreno. Estimación visual del porcentaje representado por diferentes tipos morfológicos (rampas, terrazas, nebkhas, cordones).

Frecuencia: preferiblemente anual, al final del periodo estival.

2. Presencia de desechos marinos

Descripción de la variable: evaluación de la presencia de desechos orgánicos marinos, incluidas especies halonitrófilas y praderas marinas de playa (es decir, Posidonia oceanica). Estas acumulaciones pueden servir de sustrato y fuente de nutrientes orgánicos e inorgánicos, facilitando así el desarrollo de otras especies vegetales y sirviendo de núcleo para el establecimiento de plantas colonizadoras.

Superficie mínima cartografiable: dadas las dimensiones típicamente pequeñas de estas acumulaciones, la superficie

mínima debe determinarse por el límite de sensibilidad del método.

Método: evaluación visual, preferiblemente mediante campañas sobre el terreno. Aunque también podrían utilizarse algunas imágenes aéreas de muy alta resolución, los modelos digitales de elevación resultan inadecuados para este fin, con independencia de su resolución. La estimación debe hacerse de forma cualitativa, y los intervalos para asignar valores deben establecerse basándose en el conocimiento de las condiciones favorables (Apartado 3.2.4).

Frecuencia: anual, antes del periodo húmedo, preferiblemente al final del periodo estival.



Eryngium maritimum. Portugal. Autoría: Catarina Meireles

3. Tendencia costera (m/año)

Descripción de la variable: esta variable proporciona información sobre el aporte sedimentario al sistema costero, que es un factor primordial para la formación y el mantenimiento de las dunas. El avance de las costas es el resultado de un excedente de sedimentos y da lugar a playas más amplias, que aumentan el espacio disponible para el desarrollo de hábitats de dunas embrionarias. Se ha demostrado que el retroceso de la costa aumenta la vulnerabilidad costera (Bertacchi et al., 2016; Prisco et al., 2016).

Los cambios en la intensidad de las tormentas (frecuencia y magnitud) afectan a las líneas de costa arenosas y, por tanto, pueden afectar al desarrollo de las dunas embrionarias que debería investigarse en la región MED (por ejemplo, García-Lozano et al., 2018; Roig-Munar et al., 2022).

Método: Unidades en m/año: avance (progradación) >0, retroceso <0. La evaluación debe realizarse utilizando fotografías aéreas verticales de los últimos 10 años, que se compararán a través de transectos perpendiculares a la línea de costa. El procedimiento ideal debería comenzar con la delineación de una línea de referencia paralela a la línea de costa y situada a cierta distancia hacia tierra (de 500 m a 1 km), pasando por puntos de control fijos y fácilmente identificables. Los transectos, perpendiculares a la línea de referencia, se situarán a intervalos de 50 m a lo largo de la costa. Las mediciones deben realizarse desde la línea de referencia hasta la línea de costa, identificada como el contacto agua/tierra. En las costas con mareas se recomienda realizar varias medidas a diferentes indicadores. Especialmente representativo es el límite exterior de la duna embrionaria, marcado por la transición entre la primera acumulación de arena con vegetación y la playa.

Deben realizarse comparaciones entre las líneas de costa históricas de diferentes vuelos fotogramétricos y cuantificarse los índices de cambio, preferiblemente mediante SIG. Se recomienda utilizar el software ArcView a través de la herramienta Digital Shoreline Analysis System (DSAS) 2.2.1. Esta herramienta utiliza las posiciones de las líneas de costa históricas en relación con una línea de referencia arbitraria, calculando las tendencias de la línea de costa mediante diversos parámetros estadísticos. Para evitar situaciones locales no representativas en las fotos más antiguas y más recientes, se recomienda la opción de la tasa de regresión lineal (LRR). La estimación final debe contemplar rangos para asignar valores que se establezcan a partir del conocimiento de las condiciones favorables (Apartado 3.2.4).

Frecuencia: deberá realizarse una nueva estimación de la tendencia costera transcurridos al menos seis años desde la

última medición, en función de la existencia de nuevas fotos aéreas disponibles.

4. Presencia de vegetación

Descripción de la variable: esta variable proporciona información sobre la composición y la abundancia de la vegetación. Las plantas actúan como barreras al movimiento de la arena, influyendo por lo tanto en el inicio de las dunas embrionarias, en su crecimiento lateral y vertical, y en su mantenimiento. El número, la abundancia y el tipo de especies vegetales dependen generalmente del suministro de arena, del grado de estabilidad del sistema y de las condiciones climáticas. En las zonas con gran aporte de arena, las dunas embrionarias presentan una baja riqueza de especies, dominadas principalmente por constructoras de dunas como *Ammophila arenaria* y *Elytrigia juncea* (= *Elymus farctus*), junto con especies pioneras como *Cakile maritima*, *Polygonum maritimum* y *Salsola kali*, esta última prevalente en las zonas más cercanas a la orilla. Por el contrario, un menor aporte de arena provoca un aumento de las especies estabilizadoras como *Calystegia soldanella*, *Echinophora spinosa*, *Eryngium maritimum*, *Pancratium maritimum*, *Matthiola sinuata* y *Silene niceensis* (= *S. nicaeensis*), entre otras. La presencia de especies autóctonas no psamófilas y exóticas está vinculada a la perturbación de las dunas causada por el pisoteo, los sedimentos finos, la afluencia de nutrientes o agua debida a la acción humana y la introducción directa o indirecta de especies exóticas.

Métodos: se adopta la escala de Braun-Blanquet como base para el seguimiento. Este método se utiliza ampliamente en ecología de la vegetación para cuantificar la abundancia de especies vegetales en una zona determinada. Proporciona una forma estandarizada de evaluar la cubierta vegetal y suele oscilar entre 1 y 5, representando cada número un nivel diferente de abundancia:

1. Ocasional (1-5 % de la superficie): la cobertura de la especie es esporádica y solo se da en parches aislados dentro de la zona. Los ejemplares tienden a aparecer aislados.
2. Común pero no frecuente (cobertura del 5-25 % de la superficie): la cobertura de la especie es común, pero se da esporádicamente en la zona. Los ejemplares tienden a reunirse en grupos.
3. Frecuente pero no constante (cobertura del 25-50 % de la superficie): la cobertura de la especie es frecuente, pero se observan vacíos en su distribución dentro de la superficie. Los ejemplares tienden a agruparse en pequeñas colonias.
4. Frecuente (cobertura del 50-75 % de la superficie): la cobertura de la especie es frecuente en toda la superficie, pero no dominante. La especie tiende a formar alfombras o colonias extensas.
5. Dominante (cobertura del 75-100 % de la superficie): la cobertura de la especie es tan extensa que domina toda la superficie estudiada. La especie tiende a formar poblaciones puras.



Portugal. Autoría: Catarina Meireles

Podrían añadirse modificadores como «+» o «-» para indicar abundancias ligeramente más fuertes o más débiles dentro de cada categoría. La evaluación debe realizarse mediante muestreo sobre el terreno a principios de verano para garantizar la presencia de especies anuales. El procedimiento ideal consiste en realizar: i) una estimación del porcentaje de cobertura vegetal total en la zona de dunas embrionarias, y ii) una estimación del porcentaje de cobertura de pioneras, constructoras, estabilizadoras, no psamófilas y exóticas. Esta estimación puede realizarse utilizando transectos o parcelas en número suficiente para registrar toda la heterogeneidad de la zona. La estimación final debe contemplar rangos para asignar valores que se establezcan a partir del conocimiento de las condiciones favorables (Apartado 3.2.4), y que deben considerar el porcentaje de cobertura vegetal de las dunas embrionarias por:

- Especies pioneras: por ejemplo, *Cakile maritima*, *Polygonum maritimum*, *Salsola kali*.
- Constructoras de dunas: por ejemplo, *Elymus farctus*, *Ammophila arenaria*, *Otanthus maritimum*.
- Estabilizadoras: *Calystegia soldanella*, *Crucianella maritima*, *Cutandia maritima*, *Echinofores spinosa*, *Eryngium maritimum*, *Pancreatium maritimum*, *Mathiola sinuata*, *Medicago marina*, *Silene nicaeensis*, *Thinopyrum junceum*, *Sporobolus pungens*, *Euphorbia paralias*, etc.
- Exóticas: por ejemplo, *Carpobrotus edulis*, *Arctoteca calandula*, *Xanthium orientale*, *Oenothera drummondii*.

Un reto importante del tipo de hábitat 2110 es que se esperan fluctuaciones intensas en su composición florística (e incluso

en su presencia), que forman parte de los procesos naturales. Esto limita el uso de parcelas permanentes que, de otro modo, es una excelente alternativa para llevar a cabo un seguimiento de la vegetación. Esto se ha explicado con más detalle en el Apartado 3.2.4.

5. Presencia de fauna nidificante

Descripción de la variable: esta variable ofrece información sobre la idoneidad de la zona de dunas embrionarias para la nidificación de especies de aves y tortugas marinas, y sirve como indicador de la calidad del hábitat. La nidificación de especies de aves como el chorlitejo patinegro (*Charadrius alexandrinus*), el chorlitejo chico (*Charadrius dubius*), el charrancito común (*Sternula albifrons*) y la canastrera común (*Glareola pratincola*) suele producirse de febrero a julio. La nidificación de tortugas bobas (*Caretta caretta*), tortugas verdes (*Chelonia mydas*) y tortugas mediterráneas no solo contribuye a la conservación de estas especies, sino que también favorece el desarrollo de la vegetación dunar gracias al aporte de nutrientes procedente de las actividades de nidificación. El desove de las tortugas en el Mediterráneo tiene lugar principalmente durante el verano.

Método: la observación de adultos y la localización y el recuento de nidos deben llevarse a cabo anualmente durante el periodo reproductor, basándose en metodologías estándar o programas de seguimiento en curso. La estimación debe hacerse de forma cualitativa, asignando valores y rangos que se establezcan a partir del conocimiento de las condiciones favorables (apartado 3.2.4).

Elementos adicionales para la evaluación y el seguimiento de la estructura y función del hábitat

Una vez definidas y acordadas las variables y establecidos los niveles y umbrales de referencia para evaluar su estructura y función, será necesario definir métodos de agregación para calcular índices compuestos que permitan determinar cuándo el hábitat se encuentra en buen o mal estado. Esto se hace primero a escala local, es decir, a nivel de la parcela o lugar donde se miden las variables, y después a escala supralocal, es decir, a nivel de la región biogeográfica.

Según las directrices para la elaboración de informes con arreglo al artículo 17 de la Directiva Hábitats, el parámetro estructura y función del hábitat se encuentran en estado favorable en la región biogeográfica cuando presenta un buen estado en al menos el 90 % de su superficie. En cambio, si el 25 % o más de la superficie del hábitat se encuentra en mal estado, la evaluación del parámetro estructura y función en la región biogeográfica es desfavorable malo.

Además, también será necesario armonizar los métodos y protocolos de seguimiento, incluidos los criterios de selección de las localidades de seguimiento.





Malcolmia littorea. Portugal. Autoría: Catarina Meireles

3.2.3. Análisis de tendencias

Sobre la base de los informes presentados por los Estados miembros en los dos últimos períodos de elaboración de informes (2007–2012 y 2013–2018), el estado general de conservación de las dunas embrionarias se ha deteriorado en todos los países en los que se ha evaluado. Tanto el parámetro superficie como el parámetro estructura y función se encuentran en situación desfavorable en todos los Estados miembros, y la evaluación de estos dos parámetros se ha deteriorado en cuatro Estados miembros desde el informe de 2013 hasta el de 2019.

3.2.4. Análisis de carencias y necesidades futuras

Es necesario desarrollar y aplicar métodos estándar en todos los EM de la UE para la evaluación y el seguimiento del estado (estructura y función) y las tendencias de los hábitats. Entre

ellos se incluye la recopilación de información que permita establecer rangos adecuados para proporcionar un diagnóstico de la presencia de restos y vegetación marinos, las tendencias costeras y la presencia de fauna nidificante. Además, es necesario abordar la falta de datos cuantitativos, como los cambios en la cubierta dunar y sus causas (por ejemplo, González-Villanueva et al., 2023) a escala regional MED.

Como se indica en el punto 4 – Presencia de vegetación, una de las dificultades más significativas son las fluctuaciones extremas en la composición florística y la presencia del hábitat, relacionadas con los procesos naturales de construcción y destrucción de dunas. Esto limita el uso de parcelas permanentes, que es una excelente alternativa para llevar a cabo un seguimiento de la vegetación. Los estudios futuros deberían considerar la evaluación de las especies típicas a escalas geográficas ligeramente más amplias, como por ejemplo en un complejo de parcelas dentro de una playa. Es importante tener en cuenta el porcentaje relativo de categorías (rasgos funcionales) de los taxones a este nivel y podría hacerse ad hoc.

3.3. Perspectivas futuras: análisis de presiones y amenazas

3.3.1. Identificación y evaluación de las presiones y amenazas actuales (en la elaboración de informes en virtud del art. 17)

Los Estados miembros de la UE informan cada seis años sobre las presiones y amenazas para cada hábitat y especie protegidos por la Directiva Hábitats, de conformidad con el artículo 17 de la misma, utilizando una lista estándar (disponible en https://cdr.eionet.europa.eu/help/habitats_art17).

Las presiones han actuado dentro del periodo de elaboración del informe y tienen un impacto en la viabilidad a largo plazo del hábitat y sus especies típicas; las amenazas son impactos futuros/previsibles (dentro de los próximos 12 años) que probablemente afecten a la viabilidad a largo plazo del hábitat y sus especies típicas. La evaluación de las presiones y amenazas debe tener en cuenta el porcentaje de superficie afectada y su influencia (alta, media, baja).

En el último artículo 17 – Elaboración de informes (2013–2018), los Estados miembros mediterráneos de la UE notifi-

caron las presiones indicadas en el Cuadro 6 (con importancia alta y media) sobre las dunas móviles embrionarias.

Presiones notificadas en al menos dos EM mediterráneos (2013-2018)	N.º de EM
E01 – Carreteras, caminos, vías férreas e infraestructuras conexas (por ejemplo, puentes, viaductos, túneles)	4/8
F01 – Conversión de otros usos del suelo en viviendas, asentamientos o zonas de recreo	2/8
F05 – Creación o desarrollo de infraestructuras deportivas, turísticas y de ocio	3/8
F06 – Desarrollo y mantenimiento de las zonas de playa para el turismo y el ocio, incluyendo la alimentación y la limpieza de playas	6/8
F07 – Actividades deportivas, turísticas y de ocio	7/8
F08 – Modificación de las condiciones del litoral, estuarios y costa para el desarrollo, uso y protección de infraestructuras y zonas residenciales, comerciales, industriales y recreativas (incluidas las defensas marinas o las obras e infraestructuras de protección del litoral)	3/8
F22 – Actividades y estructuras residenciales o recreativas que generan contaminación marina macro y microparticular (por ejemplo, bolsas de plástico, espuma de poliestireno)	2/8
I01 – Especies exóticas invasoras preocupantes para la Unión Europea	2/8
I02 – Otras especies exóticas invasoras (que no sean especies preocupantes para la Unión Europea)	5/8
L01 – Procesos naturales abióticos (por ejemplo, erosión, sedimentación, desecación, inmersión, salinización)	6/8
No4 – Cambios en el nivel del mar y en la exposición a las olas debido al cambio climático	2/8

Cuadro 6. Presiones más frecuentes registradas en las dunas móviles embrionarias

Aunque en la lista estándar se ofrece una descripción general de estas presiones, se utiliza para todos los tipos de hábitat de la UE y sería necesario disponer de una interpretación común de cómo se aplican a las dunas embrionarias.

3.3.2. Metodologías utilizadas en cada EM para la evaluación de las presiones y amenazas sobre las dunas embrionarias

A partir de la información recopilada para la elaboración de este plan de acción y de los últimos informes en virtud del artículo 17, en los EM mediterráneos se han utilizado recientemente las siguientes metodologías para evaluar las presiones y amenazas sobre las dunas embrionarias.

Croacia: la evaluación se basó principalmente en la opinión de expertos.

Chipre: se completaron protocolos de seguimiento para la elaboración de informes en cada espacio donde existe el tipo de hábitat y en todas las playas arenosas. La lista de presiones y amenazas se elaboró a partir de observaciones de campo en 40 parcelas muestreadas dentro del área de distribución del tipo de hábitat (de conformidad con lo dispuesto en el Art. 17 Elaboración de informes).

Grecia: en varias localidades (lugares de evaluación) de cada SAC, así como fuera de la red N2000, los evaluadores sobre el terreno registran las presiones y amenazas que prevén. Junto con el registro de las presiones y amenazas, también se pide a los evaluadores que registren los siguientes criterios:

- **Temporalidad:** ha afectado al tipo de hábitat en el pasado, pero se ha suspendido debido a las medidas; en curso; se prevé que afecte al tipo de hábitat en el futuro.

- Alcance (proporción de superficie afectada): >90 %; 50 – 90 %; <50 %.
- Influencia (sobre la zona o el estado del hábitat): intensidad del impacto de cada presión y amenaza en cada lugar de muestreo (alta, media, baja).
- Además, los evaluadores de campo recopilan información específica in situ sobre la presencia y la cobertura/abundancia de especies exóticas invasoras preocupantes para la Unión Europea u otras especies invasoras.

Para pasar de la escala local a la regional con el fin de seleccionar y enumerar las 20 presiones y amenazas más importantes en el informe nacional, pueden aplicarse las siguientes reglas:

- Las presiones y amenazas registradas en >25 % del número total de protocolos de evaluación del tipo de hábitat con alta influencia se incluyen en la lista final.
- Las presiones y amenazas registradas en >50 % del número total de protocolos de evaluación del tipo de hábitat con influencia alta o media y con un alcance >90 % o 50–90 % se incluyen en la lista final.

La lista se completa con presiones y amenazas adicionales mediante la opinión de expertos si las normas no dan como resultado 20 presiones y amenazas (Dimopoulos et al., 2018).

Italia: a partir de los datos recogidos en los formularios estándar de los espacios Natura 2000, cada región administrativa proporcionó una lista de presiones y amenazas que afectan a las dunas embrionarias. La información se ha agregado a nivel biogeográfico y se ha ponderado en función de la frecuencia de las presiones/amenazas notificadas, y con la superficie del hábitat dunar dentro de las regiones. Por ejemplo, se han tenido más en cuenta las presiones/amenazas que ejerce una región con una elevada superficie de dunas de

arena que las que ejerce una región con costas mayoritariamente rocosas (Prisco et al., 2020).

Malta: la información sobre las presiones y amenazas a las dunas móviles embrionarias se obtuvo a través de registros bibliográficos y se confirmó mediante estudios de campo. La intensidad de las presiones y amenazas se evalúa principalmente a través de la opinión de expertos.

3.3.3. Principales presiones y amenazas y su impacto en las dunas embrionarias

En vista de la posible interpretación diferente de las principales presiones y amenazas que afectan a las dunas embrionarias, puede ser útil identificarlas y describirlas más detalladamente, así como los principales efectos que provocan.

Se han realizado múltiples revisiones sobre los efectos humanos en las dunas costeras, y se han desarrollado diversos índices para identificar las áreas dunares que requieren restauración (por ejemplo, Nordstrom, 1994, 2000; Gracia et al., 2009; Martínez et al., 2013; Pessoa y Lidon, 2013; Lithgow et al., 2014; Delgado-Fernández et al., 2019; Calderisi et al., 2021). La mayoría de los efectos humanos sobre las dunas primarias afectan de forma similar a las dunas embrionarias (por ejemplo, la degradación del hábitat vinculada al turismo y a los usos residenciales). En el Cuadro 7 se resumen algunas de las múltiples actividades antropogénicas relacionadas con la degradación de las dunas embrionarias. La justificación de su inclusión en el plan de acción (PA) figura en el Apartado 3.3.3.

Impacto	Descripción	Presiones y amenazas art. 17
1. Pisoteo	Daña la vegetación y crea una red de caminos. Las perturbaciones eliminan la cubierta vegetal y las especies y reducen la biodiversidad. Altera la vida salvaje. Puede hacerse con los pies, las ruedas, el ganado, los caballos (ocio), etc.	Eo1, Fo7
2. Conducción y estacionamientos en la playa	El estacionamiento de coches en la playa limita a menudo la formación de dunas y provoca contaminación y compactación de la arena.	Eo1
3. Limpieza mecánica de playas	Destruye la vegetación de las dunas embrionarias y elimina las plántulas, los restos naturales y las fuentes de materia orgánica.	Fo6

Impacto	Descripción	Presiones y amenazas art. 17
4. Basura	La presencia de basura afecta a la fauna/flora y al desarrollo de las dunas; contaminación.	F22
5. Pastoreo	El sobrepastoreo elimina la vegetación y crea zonas de deflación; se destruyen la vegetación y los propágulos, disminuye la biodiversidad, fragmentación, erosión.	A09
6. Infraestructuras permanentes	Las infraestructuras permanentes en la parte posterior de la playa pueden destruir las dunas embrionarias e interferir en el movimiento natural de la arena, la dinámica y los procesos de formación de dunas. El sistema puede perder conectividad a lo largo y a lo ancho de la costa. Las infraestructuras permanentes incluyen la urbanización y la instalación de estructuras duras como diques, paseos marítimos, etc.	E01, F01, F05
7. Infraestructuras temporales en la playa	Dañan las dunas costeras, eliminan la vegetación, interrumpen la dinámica de los sedimentos. Crean zonas de sombra artificial y socavación. Pueden llevar a la limpieza de la playa.	F05
8. Relleno inadecuado de las playas	Aumenta la anchura de la playa pero elimina las semillas, modifica la granulometría y cambia la dinámica de tormentas y mareas.	F06
9. Especies exóticas	Modifican los procesos ecológicos (por ejemplo, la sucesión) y los ciclos (nutrientes, carbono, agua). Las especies invasoras, tanto vegetales como animales, pueden superar y desplazar a las especies autóctonas, alterando así el ecosistema natural de las dunas.	G24, I01, I02
10. Plantaciones	De forma similar a la presión nº. 9, las plantaciones pueden modificar los procesos ecológicos y alterar el ecosistema dunar natural.	B03
11. Extracción de arena	Destrucción del hábitat. Pérdida de sedimentos necesarios para la conservación natural de las dunas (erosión).	C01
12. Vertido de agua en la playa	La contaminación provocada por el urbanismo costero, las aguas residuales y la escorrentía pueden degradar el agua y los sedimentos y afectar negativamente a la vegetación y la fauna de las dunas.	F12
Otras actividades indirectas	Impactos potenciales	
Dragado de lagunas y estuarios	Se modifica el flujo de agua y la dinámica de los sedimentos. Puede provocar la erosión de dunas embrionarias.	E03
Infraestructuras a lo largo de la línea de costa	Puede modificarse la dinámica de las olas y los sedimentos.	F05, F08
Aumento relativo del nivel del mar	En las zonas sin espacio de alojamiento, puede provocar la compresión de los entornos de dunas embrionarias.	N04

Cuadro 7. Impacto humano en los hábitats de dunas embrionarias. Se han indicado las principales correspondencias con presiones y amenazas en virtud del artículo 17.

3.3.4. Descripción de las principales presiones y amenazas sobre las dunas embrionarias

1. Pisoteo

El pisoteo es una actividad humana directa que daña gravemente las dunas embrionarias y está especialmente extendida y mal gestionada, sobre todo en costas turísticas con una importante afluencia de visitantes. La ocupación humana de la parte trasera de la playa compite con el espacio necesario para desarrollar las dunas embrionarias y perjudica especialmente a las plantas que crecen en ellas. Las dunas primarias incipientes dependen de plantas aisladas o de pequeños grupos de plantas. Pisar las plantas puede romperlas e interferir o detener la formación de dunas incipientes. El pisoteo puede hacerse a pie, con ruedas (punto 2), por parte de animales domésticos y ganado (punto 5), y también puede contribuir a propagar especies invasoras (Figura 11).



Euphorbia paralias. Golfo de Cádiz. España
Autoría: Juan Bautista Gallego Fernández



Figura 11. Imagen superior izquierda: pisoteo de dunas embrionarias, Puntal de Somo (Cantabria, España). Imagen superior derecha: ocupación estacional de la zona de dunas embrionarias, Noja (Cantabria). Imagen inferior: ocupación de dunas embrionarias y pisoteo en las dunas de Sefton (noroeste de Inglaterra). Fotos de Javier Gracia (arriba) e Irene Delgado-Fernández (abajo).

En el Apartado 3.3.4 se ofrece más información sobre la necesidad de desarrollar una metodología para obtener una evaluación precisa del impacto generado por esta presión en todos los países.

2. Circulación y estacionamiento de vehículos

La circulación y el estacionamiento de vehículos afectan de forma significativa a las plantas de las dunas, y provocan la

desaparición o el deterioro de las comunidades vegetales y una mayor exposición de los sedimentos a la erosión del viento y las olas. La circulación de vehículos también perturba la fauna de las dunas, incluidas las tortugas que anidan y aves como los chorlitejos que se desplazan a la orilla en busca de alimento. La presencia de controles estrictos sobre el estacionamiento y la circulación de vehículos es crucial para la conservación de las dunas embrionarias.

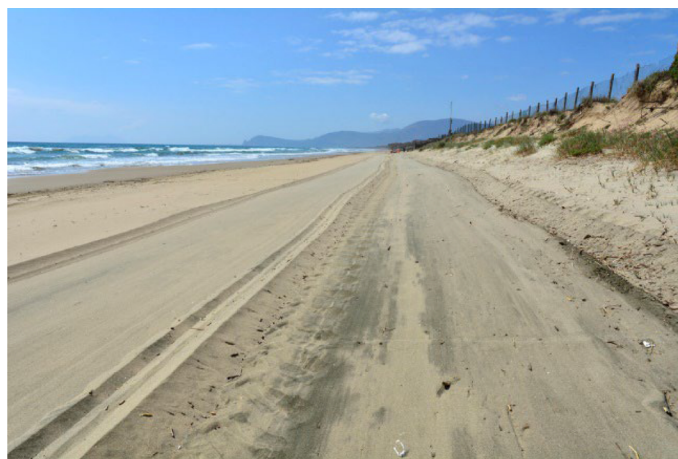


Figura 12. Imagen superior: pisoteo con ruedas de la vegetación de las dunas embrionarias en la playa de Atunara (izquierda) y circulación de vehículos en la zona de dunas embrionarias en Sperlonga, Lacio (Italia). Fotos de Javier Gracia e Irene Prisco, respectivamente.



Silene littorea. Portugal. Autoría: Catarina Meireles

Método: observaciones cualitativas sobre el terreno, potencialmente basadas en los planes de gestión de la zona. El calendario debe ajustarse de modo que puedan obtenerse datos adecuados para informar sobre este factor (más información en el Apartado 3.3.4).

3. Limpieza de playas, método (manual/máquina) y frecuencia

La «limpieza» mecánica de las playas es eficaz para eliminar la basura, pero también elimina semillas y fragmentos de plantas (Nordstrom y Jackson, 2021), lo que tiene un impacto significativo en el desarrollo de la vegetación de las dunas embrionarias y puede retrasar la recuperación geomórfica de las dunas embrionarias tras las tormentas. Además, otros importantes hábitats interconectados, como la parte alta de la playa y la línea de deriva, desempeñan un papel fundamental en la biodiversidad costera y también se ven afectados, si no desaparecen por completo, por el sistema de playas en presencia de la limpieza mecánica (Figura 13).



Figura 13. Limpieza mecánica de playas en la Línea de la Concepción (izquierda) y en el litoral de Huelva (derecha). Fotos de Javier Gracia (izquierda) y Juan Bautista Gallego Fernández (derecha).

Investigaciones recientes de Joyce et al., (2022) en la zona noreste de Florida (EE. UU.) tras el paso del huracán Irma indican que la eliminación artificial de algas reduce la recuperación de las dunas embrionarias. En las zonas en las que se «limpiaron» los depósitos de tormentas, como rizomas y madera, las dunas embrionarias presentaban una altura media un 14 % inferior en comparación con las zonas intactas. Por el contrario, la redistribución de los depósitos de algas de varios tipos de ecosistemas (por ejemplo, praderas marinas o macroalgas) promovió el crecimiento de especies específicas de gramíneas que contribuyeron a la formación de dunas durante meses y que potenciaron la recuperación geomorfológica de las dunas costeras.

Además, la parte alta de la playa y la línea de deriva desempeñan un papel fundamental en la biodiversidad costera. La riqueza de especies es escasa en estas zonas, pero la proporción de especies amenazadas y los valores de rareza son altos (Acosta et al., 2009). A lo largo de las costas mediterráneas, la materia orgánica de las praderas marinas de las playas sirve como fertilizante para la vegetación de las dunas embrionarias y secundarias (Cardona y García, 2008). La retirada de restos de *Posidonia oceanica* de las playas mediterráneas (por ejemplo, Figura 14) aumenta su vulnerabilidad y perturba la fauna/flora que depende de ellas (Roig-Munar y Martín Prieto, 2005).



Figura 14. Las praderas marinas como *Posidonia oceánica* crecen naturalmente en el mar Mediterráneo y son transportadas por las olas y corrientes hacia las playas, y por los vientos hacia las dunas costeras. Estos depósitos naturales forman importantes fuentes de materia orgánica tanto para los ecosistemas de playas como de dunas. Foto de Javier Gracia (ubicación: Delta del Ebro, España).

Método: en este caso podría implantarse una evaluación semicualitativa basada en observaciones sobre el terreno, preferiblemente basada en los planes de gestión de la zona (véase el Apartado 3.3.4).

4. Vertido de residuos sólidos y basura

El porcentaje de superficie de dunas cubierta por residuos sólidos y basura (ejemplos en la Figura 15) depende de la ubicación (por ejemplo, cabe esperar más basura en las playas

urbanas que en las remotas, o en las playas cercanas a las desembocaduras de los ríos). El origen de los residuos también puede ser diferente en función de si son transportados directamente por las personas o por el mar.



Figura 15. Izquierda: basura en las playas transportada por el mar en las zonas relativamente remotas del Delta del Ebro (España; foto de Javier Gracia). Derecha: basura en la parte posterior de la playa y en la zona de dunas embrionarias en Marina di Chieuti, Apulia (Italia; foto de Irene Prisco).

Método: la presencia de basura puede estimarse visualmente dos veces al año (preferiblemente antes y después de la temporada turística) para calcular el porcentaje aproximado de la superficie de dunas embrionarias afectada por ella. Al igual que otras variables detalladas en este apartado, en un futuro próximo deberá desarrollarse una metodología cuantitativa o semicuantitativa (Apartado 3.3.4).

5. Presencia de ganado

El pastoreo contribuye a la pérdida de plantas anuales y reduce la cubierta vegetal. La presencia de ganado también provoca un aumento de los excrementos (Gracia et al., 2009). El pisoteo intenso puede impedir el asentamiento y crecimiento de nuevas plantas de duna al eliminar fragmentos de plantas, afectando de este modo al proceso de desarrollo de la duna embrionaria (Figura 16).



Figura 16. Ganado en la zona de dunas y dunas embrionarias en la playa de Bolonia (izquierda) y ganado pastando en la vegetación de las dunas embrionarias en la Playa de los Lances (Tarifa, España) (derecha). Fotos de Javier Benítez (izquierda) y J. García de Lomas (derecha).

Método: la presencia de ganado puede identificarse durante las visitas al lugar, con el apoyo de registros locales de esta actividad. En el Apartado 3.3.4 se ofrece más información sobre la necesidad de desarrollar una metodología para obtener una evaluación precisa del impacto generado por esta presión en todos los países.

6. Infraestructuras permanentes

Las infraestructuras permanentes construidas en la parte posterior de la playa pueden destruir las dunas embrionarias y alterar por completo estos hábitats. Las interferen-

cias pueden provocar la pérdida de conectividad tanto a lo largo de la costa como a través de ella. Las infraestructuras permanentes impiden el intercambio natural de arena y de organismos, así como la interacción natural playa-duna, que son fundamentales en el proceso de evolución de las dunas embrionarias. Las infraestructuras suelen incluir la urbanización y la construcción de estructuras rígidas como diques y paseos marítimos. Estas infraestructuras pueden situarse justo encima de una antigua zona de dunas embrionarias o a unos metros hacia tierra de la zona de dunas embrionarias (Figura 17).

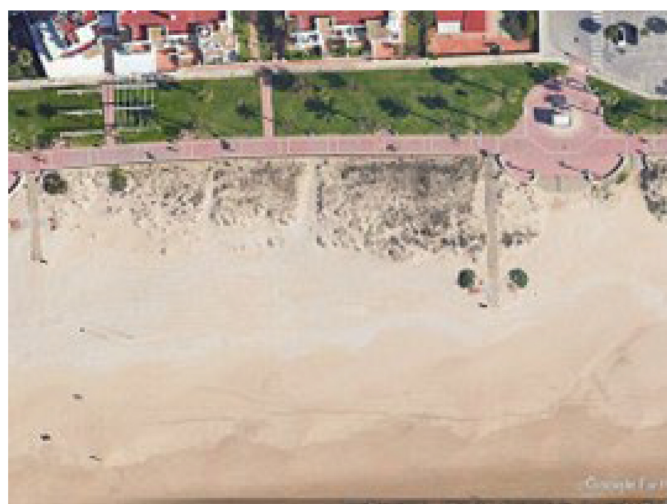
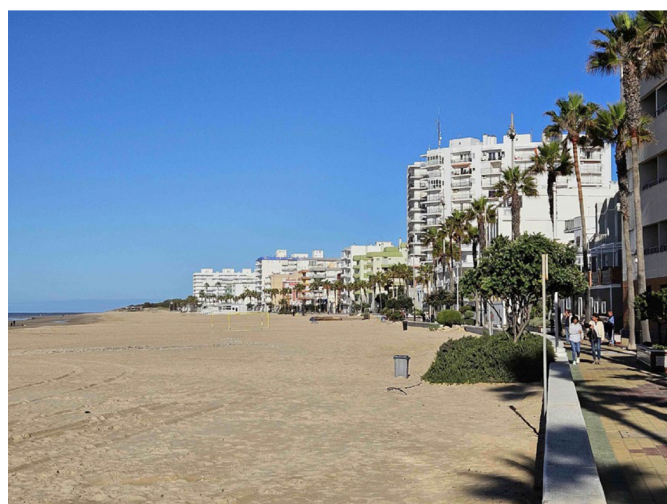


Figura 17. Playa de Rota (izquierda), con un paseo marítimo que ocupa la zona de dunas embrionarias. Playa de la Barrosa (derecha), donde el paseo marítimo se adentra unos metros en la antigua zona dunar y las dunas embrionarias pueden disponer de espacio para desarrollarse. Fotos de Irene Delgado Fernández (derecha) y Google Earth Imagery (derecha).

Método: la presencia de infraestructuras permanentes sobre las dunas embrionarias puede identificarse durante las visitas al lugar y otras fuentes de información como la fotografía aérea (Apartado 3.3.4).

7. Infraestructuras temporales en la parte posterior de la playa

Los sistemas playa-duna son destinos populares, sobre todo en las costas mediterráneas. Durante la temporada turística, es habitual la construcción de infraestructuras temporales para atender a los visitantes (Figura 18). Esto incluye a menudo quioscos y equipamiento de playa, instalaciones temporales como aseos públicos y accesos a la playa, etc. La presencia de infraestructuras temporales puede invadir el dominio público y estresar los entornos de dunas embrionarias.

Un estudio reciente de Sanromualdo-Collado et al., (2022) cuantificó el efecto significativo de los quioscos de playa en los ecosistemas dunares de Playa del Inglés (Gran Canaria, España). Los quioscos eliminaron la vegetación, perturbaron los procesos eólicos y alteraron el movimiento de la arena hacia las dunas. Entre otros efectos, la estructura del quiosco contribuyó a la formación de zonas de sombra, superficies de socavación y deflación, y fragmentación de dunas. La presencia de quioscos en las playas también puede provocar la limpieza de las mismas y la introducción de especies vegetales exóticas (punto 9).



Figura 18. Izquierda: ocupación turística de la zona de la parte posterior de la playa y de las dunas embrionarias en Circeo, Lacio (Italia; foto de Alicia Acosta). Derecha: ejemplo de quiosco en la playa de Cortadura, Cádiz (España), que se adentra en la parte posterior de la playa y compartimenta la zona de dunas embrionarias. Foto de Google Earth.

Método: la presencia de infraestructuras permanentes sobre las dunas embrionarias puede identificarse durante las visitas al lugar y otras fuentes de información como la fotografía aérea (Apartado 3.3.4).

8. Relleno inadecuado de las playas

El relleno de playas se lleva a cabo principalmente para aumentar su anchura y proteger las infraestructuras humanas (por ejemplo, Schipper et al., 2021). Sin embargo, el relleno de las playas puede eliminar semillas, modificar la granulometría y cambiar la dinámica de las tormentas y las mareas. El aporte de arena puede provocar una disminución del crecimiento de las dunas costeras, debido a la acumulación de láminas y depósitos de materiales en la superficie de la playa (por ejemplo, Nolet, 2020). El aumento de las condiciones que limitan el suministro, como las costras superficiales y la cementación de sedimentos (van der Wal, 1998, 1999, 2004), provoca un aumento del umbral del viento para el transporte eólico (Hoonhout y de Vries, 2017).

En el Apartado 3.3.4 se ofrece más información sobre la necesidad de desarrollar una metodología para obtener una evaluación precisa del impacto generado por esta presión en todos los países.

9 y 10. Especies exóticas y plantaciones

La presencia de especies exóticas invasoras supone una amenaza para la integridad de los ecosistemas de dunas naturales al perturbar procesos ecológicos como la sucesión y alterar los ciclos de nutrientes, carbono y agua. Las especies invasoras (tanto vegetales como animales) pueden superar y des-

plazar a la flora y fauna autóctonas, provocando de esta forma cambios en la estructura y las funciones de los entornos dunares. A medida que se establecen, las especies invasoras pueden modificar la composición del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la capacidad de retención de agua. Además, las especies invasoras pueden modificar la morfología y la evolución de las dunas embrionarias (Figura 19).



Linaria polygalifolia subsp. *lamarckii*. Algarve portugués. Portugal
Autoría: Juan Bautista Gallego Fernández



Figura 19. Ejemplo de alteraciones de la morfología de las dunas embrionarias debidas a la introducción de una especie exótica. Arriba: dunas con *Ammophila arenaria* autóctona. Abajo: dunas con *Oenothera drummondii* invasora, litoral de Huelva. Fotos de Juan Bautista Gallego-Fernández.

Las especies exóticas también pueden introducirse mediante «jardinería» y plantación en playas y dunas (Figura 20). Esto desplaza a las especies autóctonas y puede debilitar las interacciones ecológicas y morfológicas entre la playa, las dunas embrionarias y las dunas secundarias.



Figura 20. Playa de Tres Piedras (Chipiona, España). Introducción de vegetación exótica en la playa. Foto de Juan Bautista Gallego Fernández.

En el Apartado 3.3.4 se ofrece más información sobre la necesidad de desarrollar una metodología para obtener una evaluación precisa del impacto generado por esta presión en todos los países.

11. Extracción de arena y vertido de agua

La extracción de arena conlleva la destrucción directa del hábitat. La retirada de sedimentos de las dunas embrionarias y los hábitats asociados altera su ecología y elimina sedimentos que son esenciales para el mantenimiento natural de las dunas embrionarias. La urbanización costera puede ir acompañada de vertidos de aguas residuales y escorrentías, que suponen una amenaza importante para las dunas embrionarias y otros entornos costeros. La contaminación afecta negativamente a la vegetación de las dunas y a la fauna. Los contaminantes pueden afectar directamente a la salud de la flora y la fauna y agravar la vulnerabilidad de los hábitats de dunas embrionarias.

3.3.5. Análisis de carencias y necesidades futuras

Es necesario desarrollar una metodología estándar para evaluar las presiones y amenazas. Muchas de las variables descri-

tas anteriormente tienen repercusiones que varían en función de la gravedad de las acciones, el lugar concreto, su frecuencia y otros factores. Es necesaria una evaluación adecuada de la presión que ejercen sobre las dunas embrionarias, así como futuros esfuerzos para establecer rangos que permitan uniformizar su medición y su uso como variables diagnósticas.

Además de las presiones y amenazas identificadas en el apartado anterior, es indispensable evaluar el efecto de los procesos globales sobre los hábitats de dunas embrionarias en la región MED, como el aumento del nivel del mar y los cambios en la intensidad de las tormentas.

Por último, las dunas embrionarias están interconectadas con otros hábitats costeros y terrestres a través de las corrientes costeras, las olas y el viento. Actividades indirectas como el dragado de lagunas y estuarios (que afecta a los balances de sedimentos sumergidos) y la ubicación de infraestructuras en la costa (que puede modificar la deriva litoral) pueden afectar significativamente a la evolución de los sistemas playa-duna y, por consiguiente, a las dunas embrionarias.

Necesidad de métodos armonizados para evaluar la intensidad y el impacto de las presiones y amenazas

La evaluación de las presiones y amenazas es necesaria para valorar el parámetro «perspectivas futuras», uno de los cuatro parámetros clave para determinar el estado de conservación de cada tipo de hábitat. La definición de presiones y amenazas para los informes de los EM y las directrices para evaluar su influencia como alta, media o baja son muy imprecisas y parece necesario desarrollar un método que permita obtener evaluaciones más precisas, que deberían aplicarse en todos los países.

Deben desarrollarse procedimientos estándar para evaluar la intensidad y el impacto de cada presión/amenaza sobre los parámetros superficie y estructura y función del tipo de hábitat. Recientemente se ha desarrollado un marco conceptual para la evaluación de presiones y amenazas sobre los bosques en el marco del sistema de seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat en España (Chacón et al., 2019).

En un primer paso, basándose en la lista de referencia disponible para la notificación de presiones y amenazas para los tipos de hábitats con arreglo a la Directiva Hábitats, se identificarán y describirán brevemente para cada uno de los tres parámetros aquellas presiones y amenazas relevantes que puedan causar un cambio en el estado de conservación a nivel biogeográfico: «rango», «superficie ocupada» y «estructura y función».

El análisis de la intensidad y el impacto de las presiones y amenazas sobre la superficie y el estado (estructura y función) del hábitat podría abordar las siguientes etapas principales:

1. Recopilación de fuentes de información y bases de datos: capas SIG, inventarios de presiones y amenazas disponibles, modelos estadísticos, escalas adecuadas, frecuencia, extensión, etc.
2. Establecimiento del solapamiento de las presiones y amenazas con la distribución del hábitat.
3. Evaluación de la sensibilidad del tipo de hábitat a cada presión y definición de umbrales críticos que determinen las categorías A (alta), M (media) y B (baja), por ejemplo, teniendo en cuenta la normativa, la literatura, etc.

3.4. Conclusiones sobre la evaluación del estado de conservación y las tendencias

La revisión bibliográfica realizada como parte de este PA puso de relieve la abundancia de investigaciones sobre el impacto humano en las dunas costeras en un contexto más amplio. Estos múltiples estudios ofrecen perspectivas aplicables al caso concreto de las dunas embrionarias. Sin embargo, las reuniones de trabajo evidenciaron importantes retos específicos de las dunas embrionarias en la región MED. En particular, es necesario desarrollar procedimientos estándar y métodos claros para evaluar el impacto humano en las dunas embrionarias. Además, tanto en la revisión bibliográfica como en las reuniones de trabajo se hizo hincapié en la variabilidad de la vulnerabilidad de las distintas zonas de dunas embrionarias frente a diversas amenazas. Las evaluaciones futuras también deberían integrar los potenciales de recuperación y los impactos globales, algunos identificados como carencias fundamentales en la información actual.



Larus audouini. Autoría: Banco de imágenes Freepik

Tenebrionidae dunes
Autoría: Banco de imágenes Freepik

4



Objetivos de
conservación

4.1. Objetivos de restauración y conservación y las medidas correspondientes

4.1.1. Recuperación de la Superficie Favorable de Referencia para 2050

Los sistemas dunares costeros mediterráneos han sufrido una reducción significativa en las últimas décadas, especialmente debido a la urbanización y al uso de las zonas costeras para actividades turísticas y de ocio (Delbosc et al., 2021; Prisco et al., 2021). La superficie del hábitat se ha evaluado como desfavorable en todos los Estados miembros mediterráneos. Aunque se han llevado a cabo algunas iniciativas de restauración exitosas, se deben destinar esfuerzos significativos a la restauración con el fin de garantizar un estado favorable de la superficie ocupada por el hábitat.

Este objetivo requerirá en primer lugar determinar la Superficie Favorable de Referencia y, a continuación, aplicar las medidas de restauración necesarias, tal como se describe a continuación.

Medidas necesarias para alcanzar este objetivo

- **Determinar la Superficie Favorable de Referencia** de dunas embrionarias analizando su evolución histórica en las últimas décadas (a partir de la década de 1980), según la metodología descrita en el Apartado 3.1.6 del presente plan de acción. También será necesario determinar la superficie ocupada actual, tal y como se describe en el Apartado 4.2.1, para evaluar las necesidades de restauración.
- Identificar las áreas potenciales de restauración en todos los EM mediterráneos y **elaborar planes de restauración**, que deberán describir las acciones de restauración necesarias y contemplar la viabilidad y los medios necesarios para llevar a cabo las acciones de restauración. Se estimarán con el mayor detalle posible los costes y recursos financieros para llevar a cabo las acciones previstas y se incluirán los permisos y acuerdos necesarios.
- **Ejecución de las acciones de restauración** previstas con la participación de las autoridades públicas a escala nacional, regional y local, según proceda.

4.1.2. Mantener en buen estado al menos el 90 % de la superficie del hábitat

La condición de dunas móviles embrionarias se ha evaluado en estado desfavorable (estructura y función) en todos los Estados miembros mediterráneos. Según las directrices para la evaluación del estado de conservación (Comisión Europea, 2017), al menos el 90 % de la superficie del hábitat debe estar en buen estado para considerar que el parámetro estructura y función del hábitat presenta un estado favorable. Para ello es necesario mejorar las condiciones de una parte importante de la superficie del hábitat, que actualmente está degradada o no se encuentran en buen estado. La Figura 21 muestra ejemplos de posibles acciones de gestión destinadas a la preservación del hábitat.

Medidas necesarias para alcanzar este objetivo

- **Identificar las zonas degradadas con potencial de recuperación** y evaluar las principales presiones que causan su degradación, con el fin de elaborar planes de recuperación adecuados, teniendo en cuenta los medios y recursos necesarios para su aplicación.
- Desarrollar acciones de recuperación mediante la **eliminación y reducción de las presiones pertinentes** y aplicar las **medidas de recuperación/restauración** necesarias para mejorar el estado de las zonas seleccionadas.
- Los **acuerdos con las autoridades** locales serán especialmente útiles para llevar a cabo algunas medidas de conservación y recuperación, como la gestión adecuada de la limpieza de las playas para evitar la destrucción y degradación de las dunas embrionarias, la instalación de pasarelas elevadas y accesos a las playas, etc.
- Establecer **mecanismos de coordinación** entre las administraciones regionales y locales y las partes interesadas para la gestión y conservación de las zonas dunares, con el fin de mejorar la gestión y aplicar de forma coordinada las medidas de conservación necesarias.



Figura 21. Ejemplos de acciones de gestión destinadas a la conservación de dunas embrionarias. Fila superior, izquierda: paseo elevado y acceso a la playa en Flecha del Rompido (foto de Juan Bautista Gallego Fernández). Fila superior, derecha: ejemplo de limpieza manual de playas a pie de la ONG Natura sin Basura (España). Centro, izquierda: restos de vegetación y materia orgánica en las dunas costeras, arrastrados por las corrientes y las olas desde la costa hasta la playa, y por el viento desde la playa hasta la zona de dunas (foto de Javier Gracia). Centro, derecha: paneles informativos en Greenwich Dunes, Canadá (foto de Irene Delgado-Fernández). Fila inferior: vallado virtual en el Sand Motor, Países Bajos (foto de Irene Delgado-Fernández).

4.1.3. Mejorar la protección y la gestión dentro y fuera de la Red Natura 2000

Según los datos facilitados por los Estados miembros mediterráneos en el marco de la elaboración de informes con arreglo al artículo 17, el porcentaje de la superficie de hábitat incluida en la Red Natura 2000 varía entre menos del 20 % y el 100 % (véase el Cuadro 3). Teniendo en cuenta la vulnerabilidad de este hábitat y su importante regresión en el pasado, se considera necesario aumentar su protección designando espacios Natura 2000 en zonas especialmente importantes para su conservación, incluidas todas las zonas de restauración y las zonas que contribuyan a mejorar la conectividad del hábitat.

La elaboración, actualización y aplicación de los planes de gestión de los espacios Natura 2000 con dunas embrionarias también serán necesarias para garantizar una gestión adecuada de todos estos espacios.

Teniendo en cuenta la fragmentación de las dunas embrionarias en toda su área de distribución, también es necesario mejorar la coherencia de la Red Natura 2000 y la conectividad de los espacios designados para este hábitat a fin de garantizar su conservación y viabilidad a largo plazo. Esto podría llevarse a cabo mediante la elaboración de planes para mejorar la coherencia de la Red Natura 2000 para las dunas.

Medidas necesarias para alcanzar este objetivo

- Para **mejorar la protección de las dunas embrionarias** será necesario identificar todas las zonas actuales con este hábitat fuera de la Red Natura 2000 y designar los LIC correspondientes. La designación de nuevos espacios Natura 2000 incluirá también todas las zonas sometidas a la restauración de dunas embrionarias.
- **Analizar la coherencia** (representatividad, conectividad, resiliencia, rareza y redundancia) de la Red Natura 2000 de dunas embrionarias para mejorar la coherencia de la propia red en toda la región mediterránea. Este será un primer paso para **elaborar y aplicar planes de mejora de la coherencia y la conectividad** de las dunas embrionarias.

4.1.4. Promover la adaptación al cambio climático

Teniendo en cuenta los futuros escenarios de cambio climático y el impacto que pueden tener sobre la conservación de las dunas embrionarias de la región macaronésica, así como sobre el conjunto del sistema dunar, este plan de acción pretende

promover la conservación y restauración del hábitat en las zonas favorables previstas en las nuevas condiciones climáticas.

Medidas necesarias para alcanzar este objetivo

- **Analizar y predecir los cambios en el área de hábitat potencial en los escenarios de cambio climático** a través de técnicas de modelización, con el fin de identificar las superficies favorables para la aparición de dunas embrionarias en esos escenarios y aplicar las medidas necesarias para garantizar la adaptación de las dunas embrionarias al cambio climático.
- A partir del análisis predictivo de los cambios en las zonas de dunas embrionarias derivados de las nuevas condiciones climáticas, **elaborar un plan de adaptación** para ejecutar las **acciones de adaptación, conservación y restauración necesarias en las nuevas superficies favorables** identificadas en el plan. Se estimarán y preverán detalladamente los costes, recursos financieros y medios para llevar a cabo las acciones previstas.



Larus audouini. Autoría: Banco de imágenes Freepik

4.2. Objetivos y medidas para mejorar la información y el seguimiento

A pesar de la información recopilada durante estas últimas décadas sobre los hábitats dunares en la región mediterránea, aún existen importantes carencias en varias cuestiones relacionadas con la caracterización, los requerimientos ecológicos, la superficie ocupada, la estructura y función, las presiones y las amenazas de este tipo de hábitat. En este plan de acción se proponen los siguientes objetivos y medidas.

4.2.1. Mejorar la información sobre la diversidad ecológica y los requisitos ecológicos de las dunas embrionarias

El estudio y análisis de los procesos ecológicos clave y de los requisitos para el mantenimiento de las dunas embrionarias en buen estado a las escalas pertinentes es esencial para abordar adecuadamente su conservación.

Medidas necesarias para alcanzar este objetivo

- Desarrollar y aplicar una **metodología común para delimitar y cartografiar los sistemas dunares** de todo el litoral mediterráneo. Identificar las características clave del hábitat en cada país y describir su diversidad.

- **Estudiar y analizar los requisitos y procesos ecológicos** para mantener las dunas embrionarias en un estado de conservación favorable, contemplando la integración de las dunas embrionarias en el conjunto del sistema dunar y su relación con otros ecosistemas costeros (playa, lagunas costeras, marismas, etc.).

4.2.2. Mejorar la evaluación y el seguimiento del estado de conservación de las dunas embrionarias, incluyendo la mejora del conocimiento sobre las presiones y sus efectos en las dunas embrionarias

La falta de metodologías armonizadas para evaluar el estado de conservación en todos los EM que albergan dunas embrionarias impide obtener resultados comparables en toda la región mediterránea.

Obtener información detallada de las presiones actuales que afectan a las dunas embrionarias en su área de distribución y de las amenazas previsibles en el futuro también es crucial para identificar las acciones necesarias para garantizar su conservación.

Medidas necesarias para alcanzar el objetivo

- Desarrollar y aplicar **métodos y protocolos armonizados y estándar para evaluar el estado de conservación** de las dunas embrionarias con el fin de evaluar adecuadamente todos los parámetros: rango, superficie, estructura y función, y perspectivas futuras basadas en el análisis de las presiones y amenazas.



Portugal. Autoría: Catarina Meireles

- Desarrollar y aplicar una **metodología estándar para armonizar el cálculo de la superficie del hábitat** en los países mediterráneos, tal como se propone en el Apartado 3.1.4 del presente plan de acción.
- Desarrollar y aplicar un procedimiento estándar común para la evaluación y el seguimiento del **estado del hábitat** de las dunas embrionarias (**estructura y función**) en la región mediterránea. Para ello será necesario llegar a un acuerdo sobre el uso de un conjunto común de variables y la elaboración de valores umbrales, métodos de agregación, protocolos de seguimiento y muestreo, etc. para su aplicación en toda la región (véase también el Apartado 3.2.2).
- **Estudiar, analizar y cartografiar las presiones y amenazas** que afectan a las dunas embrionarias en toda su área de distribución mediante la elaboración de procedimientos estándar para cuantificar la intensidad y el impacto (alto, medio, bajo) de las presiones y amenazas sobre la superficie, estructura y función del hábitat (véase también el Apartado 3.3.4).
- Crear un **grupo de trabajo conjunto** para desarrollar las metodologías estándar que se consideren necesarias a fin de mejorar la evaluación y el seguimiento de la conservación de los hábitats.

4.3. Objetivos y medidas de difusión y concienciación

4.3.1. Aumentar la concienciación sobre la importancia de la conservación de las dunas embrionarias

La difusión de información sobre el valor y la vulnerabilidad de las dunas embrionarias y la importancia de su conservación en la región mediterránea se considera necesaria para concienciar a la población, las administraciones locales y las partes interesadas, que pueden apoyar la conservación de este hábitat costero único.

Medidas necesarias para alcanzar el objetivo

- **Elaborar y difundir materiales de información y concienciación** sobre la importancia de las dunas embrionarias para apoyar su conservación. Estos materiales deben diseñarse y dirigirse a las administraciones locales, la población local y los visitantes, así como a las partes interesadas pertinentes.
- **Promover y apoyar la ejecución de las acciones** por parte de las administraciones regionales y locales, las partes interesadas relevantes y las ONG mediante la difusión de información sobre el estado actual y las necesidades de conservación de las dunas embrionarias y el propio plan de acción.

Portugal
Autoría: Catarina Meireles



Recursos y
herramientas
para la
implementación

5.1. Coste de las medidas y fuentes de financiación

Los costes de las medidas propuestas en el presente plan de acción no han podido estimarse durante su elaboración, pero deberán calcularse antes de su aplicación. Se proponen una serie de estudios y análisis para mejorar los conocimientos, así como para orientar y apoyar la aplicación de las medidas necesarias, que pueden presupuestarse teniendo en cuenta estudios similares realizados en otros hábitats y contextos. Será necesaria una cuantificación precisa de las necesidades en términos de restauración y medidas de conservación para estimar los costes, que también pueden basarse en los costes unitarios de otras experiencias y proyectos similares. El presupuesto final dependerá también de la ambición en la aplicación de las acciones previstas durante la ejecución del plan de acción.

Entre las posibles fuentes de financiación, el Fondo de Desarrollo Regional de la UE, incluido INTERREG, y los fondos nacionales pueden utilizarse para la restauración, la gestión de la conservación y el seguimiento del hábitat, así como para concienciar a la opinión pública. El programa LIFE presta apoyo a enfoques integrados y proyectos piloto, de demostración y de mejores prácticas que contribuyan a la aplicación de los objetivos de biodiversidad y de las estrategias y planes de acción de mitigación del cambio climático a escala regional o nacional. La financiación de Horizonte Europa también ayuda a mejorar la información.

5.2. Herramientas de aplicación y medidas de apoyo

Entre las posibles medidas para aplicar y apoyar la aplicación del plan de acción se pueden incluir medidas legales y administrativas, incentivos, comunicación, participación de las partes interesadas, etc.

Serán necesarias medidas jurídicas y administrativas para mejorar la protección y apoyar la aplicación de los planes de gestión en los espacios Natura 2000.

Los acuerdos con las autoridades públicas pueden ser útiles para la adopción de medidas de restauración y conservación en algunas zonas de dunas embrionarias. Las autoridades locales pueden participar en la aplicación de algunas de las medidas de conservación propuestas en el plan de acción.



Doñana. España. Autoría: Irene Delgado

Linaria polygalifolia subsp. *lamarckii*. Algarve portugués. Portugal
Autoría: Juan Bautista Gallego Fernández



Seguimiento y
revisión del plan
de acción



Portugal. Autoría: Catarina Meireles

Al inicio del plan de acción debe diseñarse un plan de seguimiento para evaluar la aplicación y la eficacia de las acciones previstas, que incluya indicadores pertinentes y plazos para la evaluación.

Para evaluar la eficacia de las medidas previstas, sería útil llevar a cabo un seguimiento científicamente supervisado de los resultados en el hábitat. Algunos posibles indicadores para evaluar la eficacia de las medidas aplicadas podrían ser los siguientes:

- Superficie del hábitat en condiciones favorables.
- Superficie en la que se aplican medidas de conservación y restauración.
- Aumento o mantenimiento del estado favorable en las zonas gestionadas.

- Diversidad del hábitat: especies típicas, amenazadas o raras.

En cuanto a la revisión del plan de acción, parece oportuno revisarlo y actualizarlo cada doce años, de forma que se cubran dos ciclos de presentación de informes (con arreglo al artículo 17 de la Directiva Hábitats), dada la lentitud con que los hábitats reaccionan a los cambios. No obstante, la ejecución de las acciones podría revisarse cada seis años para comprobar las actividades realizadas y los resultados intermedios, detectar posibles carencias, dificultades y limitaciones que habría que resolver, y revisar y ajustar las acciones según proceda.

Cakile marítima. Golfo de Cádiz. España
Autoría: Juan Bautista Gallego Fernández



Gobernanza para
la aplicación del
plan de acción

Para que el plan de acción sea operativo a escala nacional y regional, es necesario acordar las responsabilidades de aplicación. Deben identificarse claramente los organismos y personas responsables de la implementación y el seguimiento del plan de acción.

Las autoridades nacionales y regionales de los EM mediterráneos deben identificar y designar a los responsables de la ejecución de las acciones. Un organismo específico o un comité directivo podrían encargarse del plan. Podría preverse un intercambio periódico de información sobre la aplicación de las acciones y una reunión anual para su revisión con el fin de supervisar la ejecución del plan de acción.

Este sistema de gobernanza debe definirse y establecerse al inicio del plan de acción. Podrían contemplarse los siguientes pasos:

- Establecer un sistema de gobernanza para la aplicación del plan de acción: determinar los organismos y personas responsables de la ejecución y el seguimiento del plan de acción. Los EM deberían designar a los responsables de la ejecución de las acciones previstas.
- Definir un proceso de toma de decisiones.
- Establecer los procedimientos y responsabilidades de seguimiento, evaluación y revisión del plan de acción (por ejemplo, intercambio y revisión anual de la ejecución del plan de acción).



Euphorbia paralias. Golfo de Cádiz. España
Autoría: Juan Bautista Gallego Fernández

Doñana. España
Autoría: Irene Delgado

8



Marco de
actuación

En las páginas siguientes se incluye un marco operativo que recoge los objetivos, las acciones, el ámbito geográfico, las responsabilidades y los plazos.

PLAN DE ACCIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DEL HÁBITAT 2210 – Dunas móviles embrionarias

MARCO DE ACCIÓN (2024-2030) – Objetivo: alcanzar un estado de conservación favorable en el área de distribución

Objetivos de conservación y restauración				
Acciones clave	Actividades, medios y aportaciones necesarios	Ámbito geográfico	Responsabilidades	Calendario
Objetivo nº. 1: recuperación de la Superficie Favorable de Referencia para 2050				
Aumentar la superficie para alcanzar la SFR	Determinar la SFR utilizando el método estándar	Todos los EM mediterráneos	Administraciones nacionales y regionales, expertos científicos	2025
	Identificar posibles zonas de restauración y elaborar un plan de restauración			2027
	Empezar a desarrollar acciones de restauración		Administraciones nacionales, regionales y locales; partes interesadas y ONG	2028
Objetivo nº. 2: mantener en buen estado al menos el 90 % de la superficie del hábitat para alcanzar un estado de conservación favorable en 2050				
Recuperar zonas en mal estado (degradadas)	Identificar las posibles zonas de recuperación y las principales presiones y amenazas que causan su degradación, y elaborar un plan de recuperación	Todos los EM mediterráneos	Administraciones nacionales y regionales, expertos científicos	2026
	Desarrollar acciones de recuperación : eliminar/reducir presiones y adoptar medidas de recuperación/restauración		Administraciones nacionales, regionales y locales; partes interesadas y ONG	2030
Establecer mecanismos de coordinación para la conservación de las dunas	Crear comités directivos con representantes de la administración y de las partes interesadas pertinentes para coordinar las actividades de conservación, información y seguimiento	Todos los EM mediterráneos	Administraciones nacionales, regionales y locales; partes interesadas y ONG	2024
Objetivo nº. 3: mejorar la protección y la gestión dentro y fuera de la Red Natura 2000				
Incluir zonas dunares importantes en la Red Natura 2000 – teniendo en cuenta la conectividad y las zonas de restauración	Identificar las zonas actuales fuera de la Red Natura 2000 y designar los LIC correspondientes	Todos los EM mediterráneos (según proceda)	Administraciones regionales	2026
	Incluir todas las zonas restauradas en la Red Natura 2000	Todas las zonas restauradas	Administraciones regionales	2028

Acciones clave	Actividades, medios y aportaciones necesarios	Ámbito geográfico	Responsabilidades	Calendario
Elaborar, actualizar e implantar planes de gestión de espacios Natura 2000 con dunas	Actualizar y adoptar planes de gestión para todos los espacios Natura 2000 con dunas	Todos los EM mediterráneos	Administraciones nacionales y regionales	2028
	Aplicar medidas de conservación , incluidas medidas para reducir/eliminar las principales presiones y amenazas		Administraciones nacionales, regionales y locales; partes interesadas y ONG	2030
Elaborar planes para mejorar la coherencia de la Red Natura 2000 en lo referente a las dunas	Analizar la coherencia (representatividad, conectividad, resiliencia, rareza y redundancia) de la Red Natura 2000 para los hábitats de dunas	Red Natura 2000 en el Mediterráneo	Administraciones nacionales y regionales, expertos científicos	2027
	Elaborar e implantar planes para mejorar la coherencia y la conectividad de las dunas en la Red Natura 2000			2028

Objetivo nº. 4:
conseguir la adaptación al cambio climático

Promover medidas de adaptación a las nuevas condiciones climáticas	Analizar y prever los cambios en las zonas de dunas en los escenarios de cambio climático y elaborar un plan de adaptación	Todos los EM mediterráneos	Administraciones nacionales y regionales, con el apoyo de expertos científicos	2026
	Aplicar medidas de adaptación de acuerdo con el plan	Todos los EM mediterráneos	Administraciones nacionales, regionales y locales; partes interesadas y ONG	2030

Objetivos de mejora de la información

Acciones clave	Actividades, medios y aportaciones necesarios	Ámbito geográfico	Responsabilidades	Calendario
----------------	---	-------------------	-------------------	------------

Objetivo nº. 5:
mejorar la información sobre la diversidad ecológica y los requisitos ecológicos de las dunas embrionarias

Estudiar los procesos ecológicos clave y los requisitos para el mantenimiento de las dunas en buen estado	Analizar y determinar los requisitos y procesos ecológicos clave para mantener las dunas embrionarias en un estado de conservación favorable, incluida la integración de las dunas embrionarias en el conjunto del sistema dunar y su relación con otros ecosistemas costeros (playa, lagunas costeras, marismas, etc.)	Todos los EM mediterráneos	Administraciones nacionales y regionales, expertos científicos	2030
--	---	----------------------------	--	------

Acciones clave	Actividades, medios y aportaciones necesarios	Ámbito geográfico	Responsabilidades	Calendario
Delimitar los principales sistemas dunares de todo el litoral mediterráneo	Desarrollar y aplicar una metodología común para delimitar y cartografiar los sistemas de dunas de cada país. Identificar todos los tipos de hábitat presentes en cada sistema y describir su diversidad.	Todos los EM mediterráneos	Administraciones nacionales y regionales, expertos científicos	2026

Objetivo nº. 6:
mejorar la información sobre las presiones y su impacto en las dunas embrionarias

Estudiar y clasificar las presiones y amenazas que afectan a las dunas embrionarias	Analizar, describir y cartografiar las presiones y amenazas sobre las dunas embrionarias en toda su área de distribución	Todos los EM mediterráneos	Administraciones nacionales y regionales, expertos científicos	2027
--	--	----------------------------	--	------

Evaluación y seguimiento del estado de conservación de las dunas embrionarias

Acciones clave	Actividades, medios y aportaciones necesarios	Ámbito geográfico	Responsabilidades	Calendario
----------------	---	-------------------	-------------------	------------

Objetivo nº. 7:
mejorar la evaluación y el seguimiento del estado de conservación de las dunas embrionarias

Desarrollar y aplicar métodos y protocolos estándar para evaluar el estado de conservación de las dunas embrionarias	Crear un grupo de trabajo conjunto para desarrollar la metodología estándar	Todos los EM mediterráneos	Administraciones nacionales y regionales, expertos científicos	2024
	Definir e implantar una metodología estándar para la evaluación y el seguimiento de la superficie, la estructura y función, las presiones y amenazas y las perspectivas de futuro de las dunas embrionarias		Administraciones nacionales y regionales, expertos científicos	2026

Difusión y concienciación

Acciones clave	Actividades, medios y aportaciones necesarios	Ámbito geográfico	Responsabilidades	Calendario
----------------	---	-------------------	-------------------	------------

Objetivo nº. 8:
aumentar la concienciación sobre la importancia de la conservación y el seguimiento de las dunas embrionarias

Informar sobre el valor y la vulnerabilidad de las dunas embrionarias y la importancia de su conservación	Elaborar y difundir material de concienciación sobre la importancia de las dunas embrionarias para la conservación	Todos los EM mediterráneos	Administraciones nacionales, regionales y locales; partes interesadas y ONG	2024
	Informar sobre el estado actual y las necesidades de conservación de las dunas embrionarias, así como sobre el plan de acción			2024

Larus audouini

Autoría: Banco de imágenes Freepik



Referencias bibliográficas

Acosta, A., M. Carranza y C. F. Izzi. (2009)

Are There Habitats That Contribute Best to Plant Species Diversity in Coastal Dunes? *Biodiversity and Conservation* 18: 1087–98.

Angelini P., Casella L., Grignetti A., Genovesi P. (ed.) (2016)

Manuals for monitoring species and habitats of Community interest (Directive 92/43/EEC) in Italy: habitat. ISPRA, Manuals and guidelines series, 142/201.

Anthony, E., Stéphane Vanhée, y M. Ruz. (2007)

Embryo Dune Development on a Large, Actively Accreting Macrotidal Beach: Calais, North Sea Coast of France. *Earth Surface Processes and Landforms* 32.

Aranda, M., Gracia, F. J., & Pérez-Alberti, A. (2019).

Selección y descripción de variables que permitan diagnosticar el estado de conservación de la “estructura y función” de los diferentes tipos de hábitat costeros. Serie Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat. Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid.

Bertacchi, A., Zuffi, M. A. L. y Lombardi, T. (2016).

Foredune psammophilous communities and coastal erosion in a stretch of the Ligurian sea (Tuscany, Italy). *Rendiconti Lincei*, 27, 639–651.

Bertness, M.D. y Callaway, R. 1994.

Positive interactions in communities. *Trends in Ecology & Evolution* 9: 191–193.

Bensettiti F., Bioret F., Roland J. & Lacoste J.-P. (coord.) (2004).

«Cahiers d'habitats» Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 – Habitats côtiers. MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 399 p. + cédérom.

Biondi E., Blasi C., Burrascano S., Casavecchia S., Copiz R., Del Vico E., Galdenzi D., Gigante D., Lasen C., Spampinato G., Venanzoni R. & Zivkovic L. (2009).

Manuale Italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE. Società Botanica Italiana. Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, D.P.N. <http://vnr.unipg.it/habitat>

Calderisi, G., Cogoni, D., Pinna, M.S. y Fenu, G., 2021.

Recognizing the relative effects of environmental versus human factors to understand the conservation of coastal dunes areas. *Regional Studies in Marine Science*, 48, p.102070.

Cardona, L. y García, M., 2008.

Beach-cast seagrass material fertilizes the foredune vegetation of Mediterranean coastal dunes. *Acta Oecologica*, 34(1), pp.97–103.

Carter, R.W.G., Bauer, B.O., Sherman, D.J., Davidson-Arnott, R.G.D., Gares, P.A., Nordstrom, K.F., Orford, J.D., 1992.

Dune development in the aftermath of stream outlet closure: examples from Ireland and California. En: Carter, R.W.G., Curtis, T.G.F., Sheehy-Skeffington, M.J. (Eds.), *Coastal Dunes: Geomorphology, Ecology and Management for Conservation*. Balkema, Rotterdam, pp. 57–69.

Chacón-Labela J., Pescador D.S., Escudero A., Lloret F., Àvila A., Brotons L., Castillejo J M, Duane A., Gallardo B., Herrero A., Hódar J.A., Nicolau J.M., Oliet J.A. & Roldán M. (2019).

Descripción de procedimientos para estimar las presiones y amenazas que afectan al estado de conservación de los tipos de hábitat de bosque y matorral. Serie “Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat”. Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 258 pp.

Connell, J.H., Slatyer, R.O. (1977)

Mechanisms of succession in natural communities and their roles in community stability and organization. *American Naturalist*, 111, 1119–1144.

Conti, L., de Bello, F., Lepš, J., Acosta, A. T. R. y Carboni, M. (2017).

Environmental gradients and micro heterogeneity shape fine scale plant community assembly on coastal dunes. *Journal of Vegetation Science*, 28(4), 762–773.

Cooper, J.A.G. y McKenna, J., 2009.

Boom and bust: the influence of macroscale economics on the world's coasts. *Journal of Coastal Research*, 25(3), pp.533–538.

Cooper, J.A.G., Anfuso, G. y Del Río, L., 2009.

Bad beach management: European perspectives. *Geol. Soc. Am. Bull*, 460, pp.167–179.

Costa, M., 1987.

La vegetación. En: *El Medio Ambiente en la Comunidad Valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana. pp 56–63. 417 p.

Cowell, P.J. y Thom, B.G., 1994.

Morphodynamics of coastal evolution. *Coastal evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamics*, pp.33–86.

Davidson–Arnott, R.G. y Bauer, B.O., 2021.

Controls on the geomorphic response of beach–dune systems to water level rise. *Journal of Great Lakes Research*, 47(6), pp.1594–1612.

Davidson–Arnott, R., Bauer, B., & Houser, C. (2019).

Introduction to coastal processes and geomorphology. Cambridge university press.

de Schipper, M.A., Ludka, B.C., Raubenheimer, B., Luijendijk, A.P. y Schlacher, T.A., 2021.

Beach nourishment has complex implications for the future of sandy shores. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(1), pp.70–84.

Dean, R.G., 1977.

Equilibrium beach profiles: US Atlantic and Gulf coasts.

Defeo, O., McLachlan, A., Schoeman, D.S., Schlacher, T.A., Dugan, J., Jones, A., Lastra, M. y Scapini, F., 2009.

Threats to sandy beach ecosystems: a review. *Estuarine, coastal and shelf science*, 81(1), pp.1–12.

Delbosc, P., Lagrange, I., Rozo, C., Bensettiti, F., Bouzillé, J. B., Evans, D., ... & Bioret, F. (2021).

Assessing the conservation status of coastal habitats under Article 17 of the EU Habitats Directive. *Biological Conservation*, 254, 108935.

Delgado–Fernandez, I. y Davidson–Arnott, R., 2011.

Meso–scale aeolian sediment input to coastal dunes: The nature of aeolian transport events. *Geomorphology*, 126(1–2), pp.217–232.

Delgado–Fernandez, I., Davidson–Arnott, R.G. y Hesp, P.A., 2019.

Is ‘re–mobilisation’ nature restoration or nature destruction? A commentary. *Journal of Coastal Conservation*, 23(6), pp.1093–1103.

Dimopoulos P., I. Tsiripidis, F. Xystrakis, A. Kallimanis, M. Panitsa (2018).

Methodology for monitoring and conservation status assessment of the habitat types in Greece. National Center of the Environment and Sustainable Development, 128 pages. Athens. <https://www.researchgate.net/publication/358317608>

Esteves, L.S., 2014.

What is managed realignment? (pp. 19–31). Springer Netherlands.

Gao, J., Kennedy, D. M. y Konlechner, T. M. (2020).

Coastal dune mobility over the past century: A global review. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 44(6), 814–836.

García-Lozano, C., Pintó, J. y Daunis-i-Estadella, P., 2018.

Changes in coastal dune systems on the Catalan shoreline (Spain, NW Mediterranean Sea). Comparing dune landscapes between 1890 and 1960 with their current status. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 208, pp.235–247

Goffé, L. (2011).

État de conservation des habitats d'intérêt communautaire des dunes non boisées du littoral atlantique-Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000-Version 1. Rapport SPN, 18.

Goldstein, E.B., Moore, L.J., Durán, O. (2017).

Lateral vegetation growth rates exert control on coastal foredune "hummockiness" and coalescing time. *Earth Surface Dynamics*, 5, 417–427.

González-Villanueva, R., Pastoriza, M., Hernández, A., Carballeira, R., Sáez, A. y Bao, R., 2023.

Primary drivers of dune cover and shoreline dynamics: A conceptual model based on the Iberian Atlantic coast. *Geomorphology*, 423, p.108556.

Gracia Prieto, F. J., Sanjaume, E., Hernández, L., Hernández, A. I., Flor, G. y Gómez-Serrano, M. Á., 2009.

2 Dunas marítimas y continentales. 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. 106 p

Gracia, F., Hernández L., Hernández, A. I., Sanjaume, E. y Flor, G., 2009.

2110 Dunas móviles embrionarias. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 54 p.

Harris, L., Nel, R., Holness, S. y Schoeman, D., 2015.

Quantifying cumulative threats to sandy beach ecosystems: a tool to guide ecosystem-based management beyond coastal reserves. *Ocean & Coastal Management*, 110, pp.12–24.

Hesp, P., 1983.

Morphodynamics of incipient foredunes in New South Wales, Australia. In *Developments in sedimentology* (Vol. 38, pp. 325–342). Elsevier.

Hesp, P., 2002.

Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*, 48(1–3), pp.245–268.

Hesp, P.A. y Walker, I.J., 2013.

Coastal dunes. En *Aeolian Geomorphology* (pp. 328–355). Elsevier Inc..

Hoonhout, B., & de Vries, S. (2017).

Field measurements on spatial variations in aeolian sediment availability at the Sand Motor mega nourishment. *Aeolian Research*, 24, 93–104.

Joyce, M.A., Crotty, S.M., Angelini, C., Cordero, O., Ortals, C., de Battisti, D. y Griffin, J.N., 2022.

Wrack enhancement of post-hurricane vegetation and geomorphological recovery in a coastal dune. *Plos one*, 17(8), p.e0273258.

Lasso-Rivas, N.L. (2015).

La facilitación como un mecanismo que incrementa la diversidad vegetal en ambientes extremos. *Rev. Intropica*, 10, 93–99.

Levin, S.A., 1992.

The problem of pattern and scale in ecology: the Robert H. MacArthur award lecture. *Ecology*, 73(6), pp.1943–1967.

Lithgow, D., Martínez, M.L. y Gallego-Fernández, J.B., 2014.

The "ReDune" index (Restoration of coastal Dunes Index) to assess the need and viability of coastal dune restoration. *Ecological indicators*, 49, pp.178–187.

Lithgow, D., Martínez, M.L., Gallego-Fernández, J.B., Silva, R. y Ramírez-Vargas, D.L., 2019.

Exploring the co-occurrence between coastal squeeze and coastal tourism in a changing climate and its consequences. *Tourism Management*, 74, pp.43-54.

Maggi, E., Bertocchi, I., Vaselli, S., Benedetti-Cecchi, L. (2011).

Connell and Slatyer's models of succession in the biodiversity era. *Ecology*, 92, 1399-1406.

Margules, C.R. y Pressey, R.L., 2000.

Systematic conservation planning. *Nature*, 405(6783), pp.243-253.

Martínez, M.L., Hesp, P.A. y Gallego-Fernández, J.B., 2013.

Coastal dunes: human impact and need for restoration. *Restoration of coastal dunes*, pp.1-14.

Masselink, G., Hughes, M. y Knight, J., 2014.

Introduction to coastal processes and geomorphology. Routledge.

Maun, M.A., 2009.

The Biology of Coastal Sand Dunes. Oxford University Press.

Montreuil, A.L., Bullard, J.E., Chandler, J.H. y Millett, J., 2013.

Decadal and seasonal development of embryo dunes on an accreting macrotidal beach: North Lincolnshire, UK. *Earth Surface Processes and Landforms*, 38(15), pp.1851-1868.

Namikas, S.L. y Sherman, D.J., 1995.

A review of the effects of surface moisture content on aeolian sand transport. *Desert aeolian processes*, pp.269-293.

Navarro Cano, J.A., Goberna, M. y Verdú, M., 2019.

Using plant functional distances to select species for restoration of mining sites. *Journal of Applied Ecology*, 56(10), pp.2353-2362.

Nolet, C., 2020.

Biogeomorphic feedback drives dune development along nourished coastlines (Doctoral dissertation, Wageningen University and Research).

Nordstrom, K.F., 1994.

Beaches and dunes of human-altered coasts. *Progress in physical Geography*, 18(4), pp.497-516.

Nordstrom, K. F. (2000).

Beaches and dunes of developed coasts. Cambridge University Press.

Nordstrom, K. F., & Jackson, N. L. (1994).

Aeolian processes and dune fields in estuaries. *Physical Geography*, 15(4), 358-371.

Nordstrom, K. F. and Jackson, N. L. (2021).

Beach and dune restoration (2nd Edition). Cambridge University Press. Pp. 274. ISBN: 9781108866453

Olivier, M.J. y Garland, G.G., 2003.

Short term monitoring of foredune formation on the east coast of South Africa. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 28(10), pp.1143-1155.

Pessoa, M.F. y Lidon, F.C., 2013.

Impact of human activities on coastal vegetation—a review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, pp.926-944.

Prisco I., Acosta A.T., Stanisci A. (2021)

A bridge between tourism and nature conservation: boardwalks effects on coastal dune vegetation. *J Coast Conserv* 25:14.

<https://doi.org/10.1007/s11852-021-00809-4>.

Prisco I., Angiolini C., Assini S., Buffa G., Gigante D., Marcenò C., Sciandrello S., Villani M. y Acosta A.T.R. (2020)

Conservation status of Italian coastal dune habitats in the light of the 4th Monitoring Report (92/43/EEC Habitats Directive). *Plant Sociology* 57: 55–64.

Prisco, I., Stanisci, A. y Acosta, A. T. (2016).

Mediterranean dunes on the go: Evidence from a short term study on coastal herbaceous vegetation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 182, 40–46.

Puijenbroek, M., J. Limpens, A. V. Groot, M. Riksen, Maurits Gleichman, P. Slim, H. F. Dobben y F. Berendse. 'Embryo Dune Development Drivers: Beach Morphology, Growing Season Precipitation, and Storms'. *Earth Surface Processes and Landforms* 42 (2017): 1733–44.

Roig i Munar, F.X. y Martín Prieto, J.Á., 2005.

Efectos de la retirada de bermas vegetales de *Posidonia oceanica* sobre playas de las islas Baleares: consecuencias de la presión turística. *Investigaciones geográficas*, (57), pp.40–52.

Roig i Munar, F.X., García-Lozano, C., Rodríguez Perea, A., Martín Prieto, J.Á. y Gelabert, B., 2022.

Evolution of the beach–dune systems in the Balearic Islands from their geomorphological management (2000–2021). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 2022, vol. 48, núm. 2, p. 347–362.

Sabatier, F., Anthony, E. J., Héquette, A., Suanez, S., Musereau, J., Ruz, M. H. y Regnaud, H. (2009).

Morphodynamics of beach/dune systems: examples from the coast of France. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 15(1), 3–22.

Sanromualdo-Collado, A., García Romero, L.A., Delgado-Fernández, I., Viera Pérez, M. y Ferrer-Valero, N., 2022.

The impact of beach kiosks on arid foredunes.

Santoro, R., Jucker, T., Carboni, M. y Acosta, A.T.R. 2012.

Patterns of plant community assembly in invaded and noninvaded communities along a natural environmental gradient. *Journal of Vegetation Science* 23: 483–494

Short y Hesp, 1982 Short, A.D. y Hesp, P.A., 1982.

Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine geology*, 48(3–4), pp.259–284.

Smith, A., Houser, C., Lehner, J., George, E. y Lunardi, B., 2020.

Crowd-sourced identification of the beach–dune interface. *Geomorphology*, 367, p.107321. van der Wal, D., 1998. The impact of the grain-size distribution of nourishment sand on aeolian sand transport. *Journal of Coastal Research*, pp.620–631.

Van der Wal, D., 1998.

Effects of fetch and surface texture on aeolian sand transport on two nourished beaches. *Journal of Arid Environments*, 39(3), pp.533–547.

Van der Wal, D., 1999.

Aeolian transport of nourishment sand in beach–dune environments (pp. 1–157). Amsterdam, The Netherlands: University of Amsterdam.

Van Der Wal, D., 2004.

Beach–dune interactions in nourishment areas along the Dutch coast. *Journal of Coastal Research*, 20(1), pp.317–325.

Walker, I.J., Davidson-Arnott, R.G., Bauer, B.O., Hesp, P.A., Delgado-Fernandez, I., Ollerhead, J. y Smyth, T.A., 2017.

Scale-dependent perspectives on the geomorphology and evolution of beach–dune systems. *Earth-Science Reviews*, 171, pp.220–253.

Sterna nilotica
Autoría: Banco de imágenes Freepik



Abreviaturas

RB: región biogeográfica

EC: estado de conservación

EFC: estado favorable de conservación

VRF: valores favorables de referencia

HIC: tipo de hábitat de interés comunitario

DH: Directiva Hábitats

EM: Estados miembros

LIC: Lugar de importancia Comunitaria

Plan de acción para hábitats

2110 Dunas móviles embrionarias



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO