

Evaluación de los sistemas dunares de la Costa Brava

JOSEP PINTÓ, CAROLINA MARTÍ, ROSA M. FRAGUELL¹

Resumen

Se presenta un método de evaluación del estado actual de los sistemas dunares que se ha testado en la Costa Brava (Cataluña, NE España) y que puede ser de utilidad para el diseño de estrategias de conservación y gestión de las dunas litorales en las costas desarrolladas. El método de evaluación está basado en tres aspectos que consideramos clave en la gestión del paisaje dunar: la morfología del sistema, la diversidad de las especies dunares y los impactos de origen antrópico soportados.

La evaluación muestra que los sistemas dunares analizados están en unas condiciones precarias. Esto se debe al hecho de que la mayoría de sistemas se encuentran emplazados en playas urbanas y suburbanas. Los sistemas dunares mejor conservados se corresponden con los de mayor extensión, desarrollados en playas seminaturales o semiurbanas y sometidos a una presión humana más débil, como es el caso de can Comes, la Fonollera y Pals.

1. Introducción

Los sistemas dunares de las costas desarrolladas han sufrido numerosos impactos causados por la actividad humana a lo largo del tiempo. Según Nordstrom *et al.* (2011) y De Luca *et al.* (2011) la mayoría de ellos están relacionados con la construcción de edificios, paseos marítimos, cámpings y áreas de aparcamiento para el acceso a las playas.

En la actualidad, en buena parte de las playas mediterráneas las dunas han desaparecido o han reducido extraordinariamente su antigua extensión. En el

1 Para los tres autores: Laboratori d'Anàlisi i Gestió del Paisatge (LAGP) Universitat de Girona. Pl. Ferrater Mora, 1. 17071-Girona

caso de las costas ibéricas, Gómez Pina *et al.* (2002) ha llegado a identificar hasta trece factores que han ejercido un impacto negativo sobre las dunas, entre los cuales destacan el desarrollo del turismo litoral de masas, la construcción de vías de comunicación y paseos marítimos, la extracción de arena de las dunas con propósitos comerciales y la erosión costera.

En otros casos, los impactos sobre el sistema dunar han sido producidos por prácticas de gestión de playas inadecuadas para la buena conservación de las dunas. Un ejemplo de ello es la limpieza de playa efectuada con maquinaria pesada (Roig-Munar *et al.*, 2012). Esta actuación destruye las dunas incipientes, impide el desarrollo de las comunidades vegetales de la playa seca y a menudo erosiona la parte delantera del cordón dunar.

En España, las dunas costeras han pertenecido al dominio público marítimo-terrestre desde la aprobación de la Ley de Costas en 1988. Sin embargo, la Ley de Protección y Uso Sostenible del Litoral, actualmente en trámite parlamentario, que va a modificar la Ley de Costas de 1988, pone en cuestión la protección de los sistemas dunares algunos de los cuales pueden dejar de pertenecer al dominio público.

Sin embargo, las dunas proporcionan una serie de bienes y servicios entre los que destacan la función de protección de los bienes materiales costeros frente a los oleajes y la erosión marina, la provisión de un hábitat adecuado para las especies adaptadas a condiciones extremas, y la oferta de refugio para varios tipos de invertebrados y otros tipos de vida silvestre (Nordstrom, 2008). Además de los valores paisajísticos que se les reconocen, derivados de unas formas de relieve y de vegetación singulares.

Debido a ese conjunto de valores, bienes y servicios proporcionados por las dunas costeras, en este trabajo se asume la necesidad de preservar y conservar los sistemas dunares que aún permanecen en las costas mediterráneas, así como su restauración en las playas en las que ello todavía es posible. De acuerdo con estas consideraciones, este trabajo presenta un método de evaluación del estado actual de los sistemas dunares que se ha testado para el caso de la Costa Brava (Cataluña) y que puede ser de utilidad para el diseño de estrategias de conservación y gestión de las dunas litorales en las costas desarrolladas.

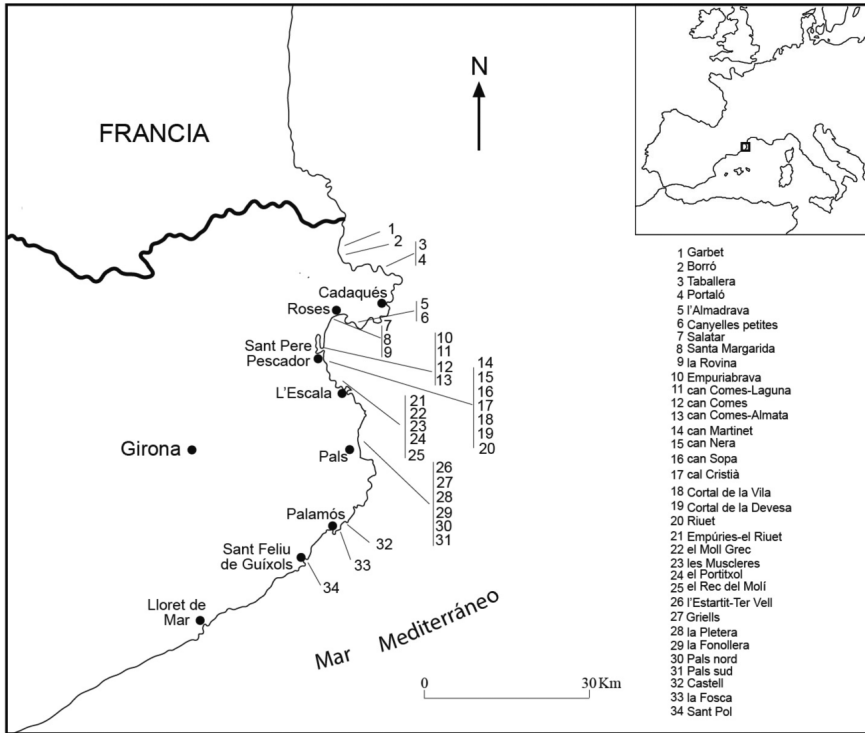
El método de evaluación está basado en tres aspectos que consideramos clave en la gestión del paisaje dunar: la morfología del sistema, la diversidad de las especies dunares y los impactos de origen antrópico soportados.

1.1. El área de estudio

La evaluación se ha llevado a cabo en los 35 sistemas dunares que se han identificado en la Costa Brava. Situada en el noreste de la Península Ibérica,

la Costa Brava es una de las zonas costeras más importantes para el turismo en el Mediterráneo noroccidental (figura 1). Tiene un litoral con una longitud de aproximadamente 200 km, compuesto por una amplia variedad de morfologías costeras, incluyendo acantilados, playas encajadas, grandes bahías y largas playas abiertas. En la mayoría de los casos, las playas están formadas por arenas gruesas y medianas.

Figura 1. Localización de los sistemas dunares de la Costa Brava



Algunas de los sistemas dunares evaluados se encuentran en playas urbanas. Las playas urbanas se han definido en este trabajo como aquellas que se hallan envueltas por los núcleos urbanos de pueblos y ciudades, con una gran densidad de edificios en el entorno que rodea la playa. Las playas semiurbanas o urbanizadas se encuentran ubicadas en sectores residenciales situados generalmente en las afueras de los núcleos urbanos, con una baja densidad de edificios en su entorno próximo (Sardá *et al.*, 2009). Finalmente, otros sistemas dunares se hallan en playas seminaturales, alejadas de los núcleos y con un entorno en el que predominan los campos de cultivo y/o las áreas de vegetación natural.

2. Metodología

El método de evaluación propuesto consiste en la utilización de un conjunto de indicadores relacionados con las tres principales características de los paisajes dunares: la morfología, la vegetación y los impactos de origen humano. Los indicadores fueron seleccionados a partir de la revisión de diversos trabajos conteniendo la opinión de expertos sobre la evaluación del estado de los sistemas dunares (Heslenfeld, Jungerius y Klijn, 2004; Nordstrom, 2008; Nordstrom, Lampe y Vandemark 2000; Nordstrom *et al.*, 2011) y la consideración de los principales problemas relacionados con la gestión de las playas y dunas en la Costa Brava (Ariza, Jiménez y Sardá, 2008; Jimenez *et al.*, 2012; Pintó, 2012; Roca, Villares y Ortego, 2009; Roig-Munar, 2008; Sardá *et al.*, 2009). La mayoría de indicadores están interrelacionados, conveniencia sugerida por autores como Niemeijer y de Groot (2008), en el sentido que integran procesos y funciones ecosistémicas.

2.1. Las morfologías dunares

El reconocimiento sistemático de la costa catalana nos ha permitido la identificación de los distintos tipos de formas dunares existentes en la actualidad. Se parte de considerar como duna a cualquier tipo de acumulación eólica de arena depositada en la playa alta o seca.

Debe tenerse en cuenta que en un sistema dunar pueden coexistir más de un tipo de morfologías, al responder a procesos evolutivos condicionados por la presencia de factores diversos, como se comentará a continuación. Las formas dunares halladas en las playas de la Costa Brava y que se han utilizado como indicadores del estado evolutivo del sistema son las siguientes:

Duna incipiente o embrionaria: pequeña acumulación de arena de origen fitogénico debida a la pérdida de velocidad del viento, provocada por la interposición al flujo eólico de los vegetales que crecen en la playa alta. Los depósitos eólicos de este tipo no suelen tener más que unos pocos decímetros de altura. Estas formas se generan en todas las playas pero la limpieza mecánica las destruye y también los temporales si se encuentran en una posición cercana al mar. En la Costa Brava este es el único tipo de morfología dunar que se encuentra en las calas de Tamariua, Tavallera y Portaló en el cabo de Creus, así como en alguna de las playas de Roses, Empuriabrava y cala Castell (Palamós).

Tabla 1. Sistema de valoración de los indicadores morfológicos y de impacto antrópico

Indicadores	Valoración		
	1	2	3
Parámetros morfológicos			
(Dt) Tipo de duna	Duna incipiente, en rampa, escalante	Cordón dunar	C. dunar y duna semiestabilizada
(Da) Área sistema dunar (ha)	<5	5-15	>15
(DI) Longitud duna / Frente de playa (%)	<25	25-75	>75
(Dh) Altura media cresta dunar (m)	<1	1-2	>2
Impactos antrópicos			
(Ee) Entorno edificado (% superf.)	Ninguno	<20	>20
(Ap) Parking / Circulación sobre la duna (%)	Ninguno	<20	>20
(Ra) Rastrillado mecánico de la playa	Nunca	--	Estación turística
(Se) Densidad senderos de erosión (nº/área)	<5·10 ⁻⁵	5·10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	>10 ⁻⁴
(Dd) Discontinuidades del cordón dunar (m)	<5	5-10	>10
(Ei) Recubrimiento de las esp. invasoras (%)	<5	5-10	>10
(Df) Dunas fijadas (%)	<25	25-50	>50

Duna en rampa: acumulación eólica inducida por la presencia de un obstáculo al flujo eólico. La arena se deposita en el límite interior de la playa alta y adopta una morfología de plano inclinado apoyado en un escarpe o talud vertical o subvertical, de origen natural o humano y de altura variable, que cierra la playa por su costado terrestre. Este tipo de morfología se observa en algunas playas urbanas o semiurbanas, donde la arena se acumula adosada a escarpes o al muro del paseo marítimo, como en las playas de l'Almadrava y Canyelles petites (Roses) respectivamente.

Duna escalante: manto de arena que se deposita sobre la pendiente de taludes o vertientes que limitan interiormente la playa. La acción del viento puede extender la arena a lo largo de toda la pendiente o solo depositarla en la base o los primeros metros, en función del grado de la pendiente, la disponibilidad de arena y la velocidad del viento. Este tipo de duna está presente en la cala de Garbet (Colera), en la cala Borró, como prolongación tierra adentro del sistema dunar, y también en el extremo norte de la playa de la Fosca (Palamós).

Cordón o cresta dunar: acumulación de arena que se forma en el límite interior de la playa alta y que en la Costa Brava presenta unas alturas comprendidas entre 1 y 4 metros. Se dispone festoneando la playa en paralelo con la línea de

costa. Generalmente se ha formado por evolución de dunas incipientes que al aumentar de tamaño han entrado en coalescencia, llegando a formar el cordón dunar continuo. En algunos casos, como en las playas d'Empúries, han sido inducidos por la acción humana para impedir el avance de los depósitos eólicos tierra adentro.

Los cordones dunares pueden llegar a formar parte de sistemas dunares más complejos, con varias alineaciones de crestas, sectores de arenas semiestabilizadas y pequeñas depresiones interdunares. Sin embargo, en muchos sistemas dunares de la Costa Brava solo se mantiene una única cresta dunar, adosada en muchos casos a cámpings, zonas de aparcamiento o usos agrícolas del suelo. Este es el caso de las crestas dunares de las playas de cal Cristià, el cortal de la Vila y el cortal de la Devesa en el municipio de Sant Pere Pescador; de algunos tramos de las dunas de la playa de la Fonollera (Torroella de Montgrí), y de Pals y de los sectores de cresta dunar remanente que se encuentran en la playa de l'Estartit y en la playa de Sant Pol (Sant Feliu de Guíxols).

Duna semiestabilizada: A sotavento de la cresta dunar se extiende un manto de arena que al quedar más resguardado del viento facilita que la colonización vegetal sea más densa, permitiendo la entrada de algunas especies leñosas, y que en consecuencia se produzca una mayor fijación de las partículas de arena. Este tipo de morfología dunar es muy escasa debido a que en muchos sistemas dunares la urbanización litoral la ha hecho desaparecer. Sin embargo, se observa en los sistemas dunares de la Rovina, can Comas, la Fonollera y Pals.

Domas, barkhans y otros tipos de dunas libres: morfologías dunares de esta clase solo se forman en playas anchas con abundante arena a disposición del viento. En la Costa Brava se pueden observar *barkhans* en las playas de can Comas y Sant Pere Pescador, donde son modeladas por la tramontana. Se trata sin embargo de formas efímeras, ya que bien sea por el oleaje o por la limpieza mecánica de la playa, se impide su consolidación.

Dunas fijadas: en algunas playas se observan mantos de arena, y más raramente algunas otras morfologías dunares más desarrolladas, que fueron fijadas mediante la plantación de pinares, generalmente de *Pinus pinea*, hace ya muchas décadas para evitar el desplazamiento de la arena tierra adentro. Estos pinares, de extensión y grado de conservación variable, son visibles en las playas d'Empúries, l'Estartit y Pals. En otras playas como Platja d'Aro y S'Abanell estos pinares fueron urbanizados y actualmente solo se observan sus restos formando parte de los jardines de residencias privadas, campos de golf o cámpings. Debido a su localización interior no se han tomado en consideración en este trabajo las grandes dunas continentales del Montgrí

y de Begur, fijadas mediante extensas plantaciones de pinos a finales del siglo XIX y comienzos del XX, respectivamente. Su valor natural, ecológico e histórico las hace merecedoras de un nivel de protección superior al que tienen actualmente.

Además del tipo de morfología dunar, se han considerado otros indicadores como la superficie ocupada por las dunas, la longitud del frente dunar en relación con la longitud de la playa, y la altura de la cresta dunar. Todos ellos están en relación con un mayor o menor desarrollo del sistema dunar.

2.1.1. Área ocupada por las dunas

La superficie ocupada por las acumulaciones eólicas de arena en cada playa ha sido obtenida por fotointerpretación sobre los ortofotomapas digitales en color, escala 1:5000, año 2010, producidos por el ICC. Posteriormente, el área fue digitalizada en pantalla mediante el software ArcView/ArcMap 10, el cual permitió el cálculo de la superficie de cada uno de los polígonos obtenidos. Los sistemas con mayor superficie poseen un funcionamiento más natural y una mayor diversidad morfológica y de hábitats.

2.1.2. Longitud del sistema dunar

También se ha tenido en cuenta la longitud que posee el sistema dunar en relación con la longitud de la playa. Mientras que algunos sistemas dunares bordean toda la playa otros se extienden solo parcialmente, ya sea por un insuficiente desarrollo o bien porque la modificación del paisaje litoral las ha hecho desaparecer.

2.1.3. Altura de las dunas

La altura de las dunas es un factor que refleja la dinámica del sistema dunar. Las mayores dunas están relacionadas con fuertes vientos y un suministro de arena abundante. La altura de las crestas dunares es un factor que incrementa el valor estético del paisaje dunar y es un elemento morfológico de gran importancia en la dinámica del sistema (Grafals-Soto y Nordstrom, 2009).

La tabla 1 muestra la valoración que se ha otorgado a cada uno de los indicadores de tipo morfológico.

2.2. La vegetación de las dunas

Los sistemas dunares se puede considerar que consisten en un mosaico de ecótopos relacionados con el gradiente ambiental que introducen factores como el viento, la salinidad, la movilidad del sustrato, la textura del suelo, la humedad y la disponibilidad de nutrientes. El resultado es un mosaico de hábitats que son colonizados por una gran variedad de especies vegetales,

algunas de las cuales han sido utilizadas como indicadoras de ambientes estables o móviles de arena (Levin, Kidron y Ben Dor, 2008).

Para la evaluación del estado de los sistemas dunares se han tomado en cuenta las especies que tienen como hábitat exclusivo las dunas costeras. Este grupo de plantas es el más amenazado por la degradación y desnaturalización de las playas y dunas. Además, el hecho de que el sistema playa-duna sea su hábitat exclusivo las hace extraordinariamente vulnerables a los impactos y perturbaciones ambientales, tanto de origen natural como humano.

La lista de las especies de plantas restringidas a los hábitats dunares se estableció en base a las siguientes fuentes: a) los inventarios florísticos publicados de las comunidades vegetales de dunas, b) los datos sobre las comunidades vegetales de dunas que figuran en el Banco de Datos de Biodiversidad de Cataluña, y c) los datos de campo propios recogidos durante 2010 y 2011.

Tabla 2. Plantas exclusivas de las dunas costeras en la Costa Brava

<i>Ammophila arenaria</i>	<i>Malcolmia littorea</i>
<i>Anthemis maritima</i>	<i>Malcolmia ramosissima</i>
<i>Cakile maritima ssp. maritima</i>	<i>Matthiola sinuata ssp. sinuata</i>
<i>Calystegia soldanella</i>	<i>Medicago marina</i>
<i>Desmazeria marina</i>	<i>Ononis natrix ssp. ramosissima</i>
<i>Crucianella maritima</i>	<i>Pancratium maritimum</i>
<i>Cutandia maritima</i>	<i>Phleum arenarium</i>
<i>Cyperus capitatus</i>	<i>Polygonum maritimum</i>
<i>Echinophora spinosa</i>	<i>Pseudorlaya pumila</i>
<i>Elymus farctus</i>	
<i>Eryngium maritimum</i>	<i>Silene nicaeensis</i>
<i>Euphorbia paralias</i>	<i>Sporobolus pungens</i>
<i>Euphorbia peplis</i>	<i>Stachys maritima</i>
<i>Koeleria pubescens</i>	<i>Vulpia membranacea</i>
Sectores Biogeográficos	Número de especies dunares posibles
Cabo de Creus	22
De la bahía de Roses a Pals	27
De Begur a Blanes	18

Como resultado, se obtuvo una lista de 27 especies que colonizan única y exclusivamente los hábitats dunares de la Costa Brava (tabla 2). Estas especies son las más amenazadas por la degradación y destrucción de las dunas, y su incapacidad para colonizar otros tipos de hábitat hace que sean un valioso indicador del estado del medio ambiente dunar. Debido a la limitada distribución geográfica de algunas de las especies, la costa se dividió en tres sectores biogeográficos. El número total de especies dunares presentes en cada sector se muestra también en la tabla 2.

Para evaluar el estado de la vegetación de los sistemas dunares, se construyó un índice de representatividad específico que relaciona el número de especies halladas respecto al número total que sería posible encontrar, de acuerdo con su ubicación en un sector biogeográfico particular. Se utilizó el algoritmo siguiente para este índice:

$$H_d = \frac{n}{N} * 10$$

Donde H_d es el índice de representatividad dunar; n es el número de especies exclusivas de las dunas halladas en un sistema y N es el número total que sería posible encontrar en el sector biogeográfico al cual pertenece el sistema en cuestión.

2.3. Impactos antrópicos sobre el sistema dunar

Las playas de las costas turísticas han sufrido un gran número de impactos debidos a la intervención humana a lo largo del tiempo. Un grupo de ellos está relacionado con la ocupación de parte de la superficie de la playa para la construcción de edificios, paseos marítimos, viales de acceso, zonas de aparcamiento de vehículos y campings. Otro tipo de impactos está relacionado con las tareas de limpieza de la arena de las playas, en las cuales se involucra maquinaria pesada que remueve la arena, socava la base de las dunas e impide cualquier tipo de desarrollo de las comunidades bióticas propias de la playa seca. Finalmente, están los impactos debidos a la alta frecuentación humana de estos espacios, principalmente en la estación turística pero también fuera de ella, ya que cada vez es más frecuente el uso de las playas como lugar de ocio durante todo el año.

Gran parte de los impactos son de tipo permanente y, tal como ha indicado Nordstrom (2008), son irreversibles bajo las condiciones legales y socioeconómicas actuales. En este trabajo, por tanto, solo se han tenido en cuenta los impactos temporales, ya que un objetivo del mismo es que el método

de evaluación que aquí se sugiere sirva a los gestores de playas para diseñar estrategias que hagan reversibles los estadios de degradación observados, así como para mejorar el bajo nivel de conocimiento y sensibilización que muestran los usuarios de playa sobre los valores ambientales de las mismas.

Los principales impactos detectados sobre los sistemas dunares y que se han utilizado como indicadores son los siguientes:

Urbanización del entorno dunar (Be): refleja la intensidad de la urbanización en las áreas que rodean el sistema dunar y es una medida indirecta de la presión humana, oscila desde los entornos urbanos hasta los que permanecen en su estado natural.

Estacionamiento (Cp) y circulación de vehículos sobre las dunas (Dd): actividades que además de reducir la superficie del sistema dunar causan su remodelación estructural y ecológica. Además, como han subrayado Nordstrom *et al.* (2011), el estacionamiento y la conducción de vehículos en las dunas crea una imagen poco natural de los sistemas dunares que puede socavar los intentos de transmitir una imagen de los paisajes dunares como paisajes naturales.

Limpeza mecánica de la playa (Br): indicador que refleja la frecuencia con la que se lleva a cabo el rastrillado mecánico de la playa. El uso de maquinaria pesada para eliminar los residuos de la playa elimina las dunas incipientes y socava la base del cordón dunar.

Senderos de erosión (Ep): el pisoteo causado por las personas que frecuentan las dunas, produce la compactación de la arena y crea canales de deflación que facilitan el trabajo erosivo del viento.

Discontinuidades del cordón dunar (Br): Cuando los senderos de erosión toman una anchura considerable, o cuando se ha producido un arrasamiento de las dunas en algunos sectores, se crean amplias discontinuidades en el cordón dunar que contribuyen a la reducción de la superficie ocupada por el sistema.

Especies invasoras (Si): Una de las amenazas más graves a la vegetación dunar es la proliferación de especies invasoras como las pertenecientes al género *Carpobrotus*, que se encuentran actualmente entre las amenazas más graves a los ecosistemas costeros y las floras nativas a partir de su exitosa invasión de los hábitats costeros mediterráneos (Suehs, Affre y Médail, 2005).

Dunas fijadas (Fd): Algunos sistemas dunares, o parte de ellos, han sido fijados para contener el avance de las dunas tierra adentro. Actualmente constituyen pinares de *Pinus pinea* y *Pinus halepensis* sobre pastizales y matorrales mediterráneos.

En la tabla 1 se muestra el sistema de valoración de cada uno de los indicadores de impacto antrópico.

3. Resultados y discusión

En la tabla 3 se muestra la valoración obtenida por cada uno de los sistemas dunares de la Costa Brava en aplicación de los indicadores morfológicos, de diversidad y de impacto antes comentados. La matriz resultante de estos valores fue sometida a un análisis de clusters utilizando la distancia euclidiana entre miembros y aplicando el método de aglomeración de Ward, con el objetivo de agrupar los sistemas dunares con similares características. El resultado muestra un agrupamiento en cinco grupos que presentan las siguientes características comunes.

Los sistemas dunares del Grupo I (n=10) son aquellos que muestran un menor desarrollo, tanto de tipo morfológico, como de diversidad de especies. Este es el caso de algunas calas del cabo de Creus, pero también de algunas playas urbanas donde se acumulan montículos de arena en el límite interno de la misma como en el caso de la playa de Empuriabrava, en la que se observaron hasta 9 especies de plantas dunares. También se incluyen en este grupo las dunas en rampa que se forman contra los muros del paseo marítimo, como en Canyelles petites.

El Grupo II (n=8) reúne los sistemas dunares que se encuentran en mejor estado, tanto por poseer un mayor desarrollo morfológico como por ocupar una superficie y una longitud de playa mayores. También son los sistemas que albergan un mayor número de especies dunares. Se corresponden con cordones dunares y dunas semiestabilizadas que se encuentran en largas playas abiertas, en un entorno semiurbano, del golfo de Roses y del Baix Empordà como es el caso, por ejemplo, de las playas de la Rovina, can Comes, la Fonollera o Pals.

Los sistemas dunares del Grupo III (n=5) se localizan todos ellos en las playas d'Empúries. Son unas dunas particulares caracterizadas por poseer una superficie considerable de dunas fijadas, construidas artificialmente a comienzos de siglo xx para contener el avance de las arenas tierra adentro. Son unas playas que, además de estar situadas en un entorno semiurbano, son muy frecuentadas durante todo el año.

Las dunas del Grupo IV (n=8) se caracterizan por ser exclusivamente crestas dunares, que limitan interiormente con algún tipo de construcción o infraestructuras, en muchos casos con campings. Los cordones dunares de este grupo suelen presentar discontinuidades y otro tipo de impactos antrópicos, como áreas de aparcamiento, viales de circulación, etc. Las dunas de este grupo se localizan en algunas playas de los municipios de Castelló d'Empúries, Sant Pere Pescador y Torroella de Montgrí.

Tabla 3. Valores de los indicadores en cada uno de los sistemas dunares evaluados (según el método descrito en la tabla 1).

		Dt	Dh	Da	Dl	Hd	Ue	Cp	Lm	Se	Dd	Iv	Df
1	Garbet	1	2	1	1	2,3	2	1	3	3	1	1	1
2	Borró	3	1	1	3	5,5	1	1	1	3	1	1	2
3	Taballera	1	1	1	1	2,3	1	1	1	1	1	1	1
4	Portaló	1	1	1	1	3,2	1	1	1	1	2	1	1
5	l'Almadrava	1	2	1	2	1,4	2	1	3	3	2	2	1
6	Canyelles Petites	1	2	1	2	1,4	3	1	3	3	2	2	1
7	Salatar	1	1	1	1	1,9	3	1	3	1	1	1	1
8	Santa Margarida	1	1	1	1	1,9	3	1	3	3	2	1	1
9	la Rovina	3	2	2	3	7,7	2	3	3	3	3	1	1
10	Empuriabrava	1	1	1	1	3,8	3	1	3	1	1	1	1
11	can Comes-Laguna	2	2	1	2	3,8	3	2	3	3	2	1	1
12	can Comes	3	2	2	3	6,9	1	2	3	1	3	1	1
13	can Comes-Almata	2	2	1	2	4,2	3	1	3	3	3	1	1
14	can Martinet	3	2	2	3	2,3	2	2	3	3	3	1	1
15	can Nera	2	2	1	3	1,9	2	1	3	3	3	1	1
16	can Sopa	2	2	1	3	5,0	3	1	3	3	3	1	1
17	cal Cristià	2	3	1	3	6,5	2	1	3	3	3	1	1
18	Cortal de la Vila	2	3	1	3	5,8	2	3	3	3	2	1	1
19	Cortal de la Devesa	2	3	1	3	6,2	3	1	3	3	3	1	1
20	Riuet	2	2	1	3	4,6	2	1	3	3	2	1	1
21	Empúries-el Riuet	2	2	1	3	3,8	2	1	3	2	1	2	3
22	el Moll Grec	2	2	1	2	5,4	2	1	3	1	3	1	3
23	les Muscleres	1	2	1	2	4,2	2	1	3	1	3	2	3
24	el Portitxol	2	2	1	1	4,6	2	1	3	2	3	1	3
25	el Rec del Molí	2	3	1	3	5,8	2	1	3	1	1	1	3
26	l'Estartit-Ter Vell	2	1	1	1	2,7	3	3	3	2	3	1	3
27	Griells	2	2	1	2	2,7	3	2	3	3	3	1	1
28	la Pletera	2	2	2	3	4,2	2	1	3	3	2	1	1
29	la Fonollera	3	3	2	3	6,5	3	2	3	2	3	1	1
30	Pals nord	3	3	1	3	6,9	3	1	3	3	2	1	1
31	Pals sud	3	3	3	3	6,9	2	1	3	1	1	1	3
32	Castell	2	1	1	2	7,2	1	1	3	3	1	1	1
33	la Fosca	1	1	1	1	3,3	3	1	3	1	1	1	1
34	Sant Pol	2	2	1	1	5,6	3	2	3	3	1	1	1

Dt: tipo de duna; Dh: altura cresta dunar; Da: superficie; Dl: longitud. Hd: índice diversidad dunar; Ur: urbanización del entorno; Cp: estacionamiento y conducción sobre las dunas; Lm: rastrillado mecánico de la playa; Se: senderos de erosión; Dd: discontinuidades del cordón dunar; Iv: especies invasoras; Df: dunas fijadas.

Finalmente, el Grupo V (n=3) reúne tres pequeños sistemas dunares que se encuentran en cala Borró, cala Castell y la playa de Sant Pol (Sant Feliu de Guíxols), que a pesar de sus dimensiones limitadas presentan unas morfologías desarrolladas hasta el estado de cresta dunar, además de una buena representatividad de las especies de duna que las colonizan.

La metodología utilizada muestra que los sistemas dunares analizados están en unas condiciones precarias. Esto se debe al hecho de que la mayoría de sistemas se encuentran emplazados en playas urbanas y suburbanas. En ese sentido, estos resultados son algo peores que los presentados por García-Mora *et al.* (2001), sobre la vulnerabilidad de las dunas del Golfo de Cádiz.

Los sistemas dunares mejor conservados se corresponden con los de mayor extensión, desarrollados en playas seminaturales o semiurbanas con una presión humana más débil, como es el caso de can Comes, la Fonollera y Pals.

En el caso de la diversidad de especies ninguna duna supera el 77% de las especies posibles. Hallándose la mayoría en valores cercanos al 50%. Que esos valores fueran relativamente bajos en la mayoría de los sistemas puede ser debido a alteraciones del hábitat causadas por el impacto humano sobre las dunas, teniendo en cuenta que son playas muy frecuentadas, no solo en la estación turística. Las especies exclusivas de las dunas son muy sensibles a la perturbación del hábitat y son expulsadas o reemplazadas por otros grupos funcionales de plantas, hecho también observado por García-Mora, Gallego Fernández y García-Novo (2000) en las dunas del Golfo de Cádiz.

Estos datos indican que la recuperación de la diversidad de la vegetación de duna es un elemento con mucho recorrido para su recuperación y es un indicador importante para evaluar los cambios en la calidad de los sistemas de dunas a lo largo del tiempo, aspecto también subrayado por Espejel *et al.* (2004), en un estudio de los sistemas dunares de la baja California.

Los resultados de los indicadores de impacto antrópico muestran que las políticas de gestión de playas utilizadas hasta la fecha no han incidido en una mejora del estado de los sistemas dunares. La intensa urbanización del entorno de las playas, la limpieza mecánica, la presencia de senderos de erosión y las interrupciones del cordón dunar son los indicadores con unos valores más negativos. Hay una falta de protección adecuada para los sistemas de dunas en todos los tipos de playa, no solo en las urbanas que sufren los niveles más altos de frecuentación, donde los impactos en las dunas son numerosos, sino también en las playas semiurbanas y naturales.

4. Conclusiones

El gran número de factores, agentes y elementos implicados en el medio ambiente costero, junto con la diversidad de organizaciones públicas y privadas que tienen algo que decir en su gestión, condiciona la tarea de formular una respuesta adecuada y efectiva a la degradación de los hábitats de playa y duna en las costas desarrolladas. La falta de herramientas adecuadas para la evaluación de los sistemas dunares a disposición de los gestores de playas es una dificultad añadida. Para solucionar en parte este problema hemos sugerido un conjunto de indicadores del estado del sistema dunar que pueden ser obtenidos sin gran dificultad por parte de los gestores de playas, y pueden ayudar a proporcionar una precisa evaluación del estado de los sistemas dunares.

Los indicadores son sensibles al grado de degradación del sistema dunar, ya sea por causas naturales o antrópicas, al integrar procesos y funciones de los ecosistemas.

Los resultados de la evaluación pueden ser utilizados para identificar las prioridades de conservación, así como para efectuar un seguimiento de la evolución de los sistemas dunares a lo largo del tiempo, tanto en conjunto como en cada uno de los componentes morfológicos y de vegetación, también en el caso de los impactos recibidos.

A pesar de que los sistemas dunares desarrollados en las costas están generalmente en un estado avanzado de degradación, uno de los principales objetivos de las políticas de gestión de playa en estos lugares debería ser la conservación de las morfologías dunares existentes, independientemente de la superficie que ocupen, junto con la adopción de medidas para ayudar a elevar el grado de concienciación de los usuarios de playa acerca de los valores ecológicos y paisajísticos de las dunas costeras.