

# Anexo. Relación de recursos gráficos



<b>Capítulo 2. Apartado 2.2.</b>	<b>Página</b>
<b>Figuras</b>	
• Figura 2.2.1. Zonación y elementos del perfil de playa.	22
• Figura 2.2.2. El perfil disipativo.	25
• Figura 2.2.3. El perfil reflejante.	25
• Figura 2.2.4. Formas en planta de escala media.	26
• Figura 2.2.5. Formas en planta de gran escala.	26
<b>Tablas</b>	
• Tabla 2.2.1. Definiciones sobre la morfología del perfil.	23
• Tabla 2.2.2. Formas en planta de las playas.	27
• Tabla 2.2.3. Escalas espaciales y temporales típicas de algunos cambios morfológicos de las playas.	28
• Tabla 2.2.4. Modelos de evolución de playas. (Cont.) Modelos de equilibrio de playas.	32-33
<b>Fotos</b>	
• Foto 2.2.1. Playa disipativa: Playa de Berria (Cantabria).	25
• Foto 2.2.2. Beach cusps y rotura del oleaje en una playa reflejante en pleamar.	25
• Foto 2.2.3. Erosión de pie de duna en un campo dunar en retroceso. Somo (Cantabria).	29
• Foto 2.2.4. Campo dunar en equilibrio. Liencres (Cantabria).	29
• Foto 2.2.5. Campo dunar progradante. Espigón de Huelva.	29
<b>Capítulo 2. Apartado 2.3.</b>	
<b>Figuras</b>	
• Figura 2.3.1. Morfología y terminología de una duna transversal simple.	38
• Figura 2.3.2. Diversas tipologías de dunas costeras. (Flor, 2004).	39
• Figura 2.3.3. Corte transversal típico de un sistema dunar costero.	41
• Figura 2.3.4. Tipos principales de dunas. Modificada de McKee (1979). Flechas: Vientos dominantes.	44
• Figura 2.3.5. Criterio de clasificación de los frentes dunares costeros en base al aporte sedimentario (Modificada de Carter, 1990).	47
• Figura 2.3.6. Clasificación de los frentes dunares costeros propuesta por Short y Hesp (1982).	48
• Figura 2.3.7. Tipos de dunas costeras. Bird, E.C.F. (1990).	50
• Figura 2.3.8. Etapas de la iniciación de dunas. Modificada de Kocurek <i>et al.</i> , 1992.	52
<b>Tablas</b>	
• Tabla 2.3.1. Clasificación de dunas costeras. Se mantienen la mayor parte de las denominaciones clásicas sobre los tipos de dunas existentes en la literatura. Flor (2004).	49

Fotos	Página
• Foto 2.3.1. Anteduna parcialmente estabilizada por barrón.	41
• Foto 2.3.2. Formación de una duna parabólica a partir de una depresión o casquete eólico.	46
<b>Capítulo 2. Apartado 2.4.</b>	
<b>Tablas</b>	
• Tabla 2.4.1. Terminología de la estadística gráfica de la clasificación y el sesgo de las arenas. Fuente: Folk and Ward, 1957.	56
• Tabla 2.4.2. Funciones de densidad más utilizadas para la distribución del tamaño del grano en dunas.	57
<b>Capítulo 2. Apartado 2.5.</b>	
<b>Figuras</b>	
• Figura 2.5.1. Relación entre el flujo de masa de sedimento y el contenido de humedad <i>W</i> . Modificada de Hotta <i>et al.</i> , 1984.	67
• Figura 2.5.2. Relación entre la relación de tensión tangencial, <i>R</i> , y la cobertura lateral de vegetación, <i>Lc</i> . Modificada de N. Lancaster, 1995. (después de Musick and Gillette, 1990).	69
• Figura 2.5.3. Relación entre el flujo de masa de sedimento y la pendiente. Modificada de Hardisty and Whitehouse (1988a).	71
<b>Tablas</b>	
• Tabla 2.5.1. Valores típicos de la longitud de rugosidad de varias superficies. Fuente: Blumberg and Greeley, 1993.	59
• Tabla 2.5.2. Modos de transporte eólico.	59
• Tabla 2.5.3. Factores que influyen en la velocidad de corte de inicio de movimiento.	63
• Tabla 2.5.4. Formulaciones de transporte de arena en dunas.	65
<b>Fotos</b>	
• Foto 2.5.1. Ripples de viento en una duna.	72
<b>Capítulo 3</b>	
<b>Figuras</b>	
• Figura 3.1. Gradientes abióticos en dunas costeras (modificado de Carter, 1988 y Brown & McLachlan, 1994).	77
• Figura 3.2. Sectorización transversal de un sistema dunar (modificado de van der Maarel, 1997).	87
• Figura 3.3. Zonación de la vegetación del sistema playa-primer cordón dunar en sectores de costa progradantes (Modificado de Doing, 1985).	87
<b>Tablas</b>	
• Tabla 3.1. Factores ambientales y adaptaciones de las plantas en el sistema playa – primer cordón dunar (Modificada de Hesp, 1991).	79
• Tabla 3.2. Principales características y especies de los tipos funcionales de plantas de sistemas costeros activos del Golfo de Cádiz (modificado de García Mora <i>et al.</i> , 1999).	85

	Página
• Tabla 3.3. Relación de especies de plantas de los sistemas dunares costeros activos de España. Elaborado a partir de Asensi, A. & Diez, B. (1993); Crespo y Manso (1990); Gallego Fernández <i>et al.</i> , (2006); Izco (1993); Izco, Amigo & García-San León (2000); Lorient Escallada (1974); Rivas Martínez <i>et al.</i> , (1980). La presencia de especies en las costas de Cataluña proceden de inventarios recogidos en el Banco de Datos de Biodiversidad de Cataluña (BDBC-Departamento de Medio Ambiente).	89-90
• Tabla 3.4. Catálogo nacional y catálogos autonómicos de especies de flora amenazada.	99
• Tabla 3.5. Figuras de protección de la Ley 4/89 de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres.	100
• Tabla 3.6. Especies de flora dunar protegida por la legislación estatal y autonómica. (Categorías de protección: 1: Peligro de Extinción; 2: Sensible a la alteración de su hábitat; 3: Vulnerable; 4: De interés especial).	101
• Tabla 3.7. Especies exóticas registradas en dunas costeras activas en diferentes estudios realizados en el País Vasco y Andalucía (Campos <i>et al.</i> , 2004; Gallego Fernández <i>et al.</i> , 2006).	109

#### Fotos

• Foto 3.1. Coalescencia de montículos formados por la vegetación pionera que darán lugar a una duna embrionaria.	75
• Foto 3.2. Campo de nebkas que no dará lugar a la formación de un cordón dunar continuo.	75
• Foto 3.3. En primer término, primer cordón dunar costero dominado por <i>Ammophila arenaria</i> , continuando hacia el mar con una duna embrionaria, con <i>A. arenaria</i> y <i>Elymus farctus</i> , y una banda de montículos efimeros formados por <i>Salsola kali</i> y <i>Cakile</i> marítima. Playa de Nueva Umbría, Lepe (Huelva).	76
• Foto 3.4. Vegetación de playa seca formada por especies anuales como <i>Salsola kali</i> y <i>Cakile marítima</i> .	76
• Foto 3.5. <i>Ammophila arenaria</i> y <i>Euphorbia paralias</i> en dunas con gran aporte de arena, Valdevaqueros, Tarifa (Cádiz).	82
• Foto 3.6. Efectos de un temporal sobre la duna costera. Eliminación de vegetación y exposición de sistemas radicales de las plantas. En este caso, bulbos de <i>Pancratium maritimum</i> , que pueden ser dispersados por el mar a otras zonas de la costa.	83
• Foto 3.7. Semillas de <i>Pancratium maritimum</i> germinando en la playa seca tras ser transportadas por el mar.	83
• Foto 3.8. <i>Carpobrotus edulis</i> , especie exótica invasora sudafricana.	106
• Foto 3.9. <i>Oenothera drummondii</i> , especie exótica invasora americana.	106
• Foto 3.10. A Jardinamiento con especies exóticas en Tres Piedras. Chipiona (Cádiz).	106
• Foto 3.11. <i>Opuntia tuna</i> (chumbera) sobre dunas.	107

#### Cuadros

• Cuadro 3.1. Vegetación de dunas costeras progradantes. Sistema dunar Flecha litoral de El Rompido, Lepe-Huelva (Muñoz Vallés & Gallego Fernández, 2005).	93
• Cuadro 3.2. Vegetación de dunas costeras estables. Sistema dunar Flecha litoral de El Rompido, Lepe-Huelva (Muñoz Vallés & Gallego Fernández, 2005).	94
• Cuadro 3.3. Vegetación de dunas costeras erosivas. Sistema dunar Flecha litoral de El Rompido, Lepe-Huelva (Muñoz Vallés & Gallego Fernández, 2005).	95
• Cuadro 3.4. Comunidades fitosociológicas descritas en el sistema playa alta-primer cordón dunar de las dunas coste-	

- ras españolas (a partir de Rivas Martínez *et al.*, 2001). 97-98
- Cuadro 3.5. Hábitats naturales de dunas costeras recogidos en la Directiva 92/43/CEE existentes en España (\*hábitats naturales prioritarios). 103
- Cuadro 3.6. Breve descripción los tipos de hábitats correspondientes a dunas activas y dunas activas que fueron fijadas con plantaciones de pinos. 103

### Capítulo 4

#### Figuras

- Figura 4.1. Plantación de pinos piñoneros sobre las dunas realizada en 1905 en Enebrales de Punta Umbría (Huelva). 115

#### Fotos

- Foto 4.1. Yacimiento romano de Baelo Claudia en la Ensenada de Bolonia, Tarifa (Cádiz). 111
- Foto 4.2. Extracción extensiva de arenas en las dunas de Guadalquítón (San Roque, Cádiz). 113
- Foto 4.3. Eliminación de dunas para uso agrícola. Isla Cristina (Huelva). 113
- Foto 4.4. Pastoreo de ganado ovino del pastizal de dunas. 113
- Foto 4.5. Plantación de pinos en las dunas de Guardamar (Alicante). 114
- Foto 4.6. Destrucción de sistema dunar por la urbanización de La Antilla (Lepe, Huelva). 116
- Foto 4.7. Fragmentación del cordón dunar costero por visitantes de la playa (Camposoto, Cádiz). 117
- Foto 4.8. Fragmentación del sistema dunar por la creación de senderos a pie (Playa de la Hierbabuena, Barbate, Cádiz). 117
- Foto 4.9. Campo de Golf sobre las dunas de El Saler (Valencia). 117
- Foto 4.10. Construcción de diques y puertos en Guardamar (Alicante). 118

### Capítulo 5

#### Figuras

- Figura 5.1. Diagrama de los índices parciales de vulnerabilidad. Los valores de los distintos índices parciales de vulnerabilidad aumentan con la distancia al punto de intersección de los ejes. 133
- Figura 5.2. Tramos costeros con vulnerabilidad baja. En este caso, el origen de la vulnerabilidad se debe a las características geomorfológicas del sistema dunar. 134
- Figura 5.3. Tramos costeros con vulnerabilidad media. En este caso, el origen de la vulnerabilidad se debe a las características geomorfológicas del sistema dunar y a la dinámica sedimentaria erosiva. 134

#### Tablas

- Tabla 5.1. Lista de control aplicada en el estudio de vulnerabilidad del sistema dunar. . 123 a 127
- Tabla 5.2. Índices parciales y totales de vulnerabilidad. **IGD**: índice geomorfo-sedimentario del sistema dunar; **IIM**: índice de incidencia marina; **IIE**: índice de incidencia eólica; **ICV**: índice de características de la cubierta vegetal; **IPU**: índice de presión de uso. 133

<b>Capítulo 6</b>	<b>Página</b>
<b>Tablas</b>	
• Tabla 6.1. Actuaciones que deben contemplar los proyectos de restauración de sistemas dunares costeros.	139
• Tabla 6.2. Situaciones en las que se realizan actuaciones para la reconstrucción dunar.	140
• Tabla 6.2.A. Perfil teórico de un cordón dunar.	141
• Tabla 6.3. Ventajas y desventajas de los tipos de reconstrucción topográfica.	141
• Tabla 6.4. Posibilidades de reconstrucción del cordón dunar en relación con el balance sedimentario del sector costero.	142
• Tabla 6.5. Captadores de mimbre.	146
• Tabla 6.6. Captadores de espartina.	147
• Tabla 6.7. Tablestacas de madera.	148
• Tabla 6.8. Cerramiento de madera y malla metálica.	160
• Tabla 6.9. Cerramiento de madera o madera plástica.	161
• Tabla 6.10. Cerramiento de madera y cuerda.	162
• Tabla 6.11. Pasarelas llanas de madera sin barandilla.	166
• Tabla 6.12. Pasarelas llanas de madera con barandilla.	167
• Tabla 6.13. Pasarelas de madera en escalera con barandilla.	168
• Tabla 6.14. Pasarelas de madera adaptadas a discapacitados físicos.	169
<b>Fotos</b>	
• Foto 6.1. Sistema dunar degradado por sobrepresión turística.	138
• Foto 6.2. Brechas en un cordón dunar producidas por el paso de usuarios.	140
• Foto 6.3. Restos de un cordón dunar.	140
• Foto 6.4. Captadores estructurales.	143
• Foto 6.5. Captadores de apoyo.	143
• Foto 6.6. Efecto de los captadores.	144
• Foto 6.7. Instalación de los captadores. Distribución sobre el terreno.	144
• Foto 6.8. Instalación de los captadores. Apertura de zanja y colocación.	144
• Foto 6.9. Efecto de las tablestacas.	145
• Foto 6.10. Plantación de barrón. Apertura de hoyos.	150
• Foto 6.11. Plantación de barrón. Colocación de las plantas.	151
• Foto 6.12. Plantación de barrón al cabo de un año.	151
• Foto 6.13. La misma plantación al cabo de dos años.	151
• Foto 6.14. Pasarela de acceso a la playa.	164
• Foto 6.15. Cartel explicativo de los procesos de degradación.	170
• Foto 6.16. Cartel explicativo de la flora dunar.	170
<b>Cuadros</b>	
• Cuadro 6.1. Fertilizantes de liberación lenta.	155 a 157

### Capítulo 7

### Página

#### Tablas

- Tabla 7.1. Programa de producción del vivero de Loredó. 206
- Tabla 7.2. Especies dunares que se cultivan en España. 207 a 212

#### Fotos

- Foto 7.1. Espigas de barrón después de su recolección. 184
- Foto 7.2. Espigas extendidas para su secado. 185
- Foto 7.3. Semillas de barrón preparadas para su almacenamiento. 185
- Foto 7.4. Semillas de azucena de mar. 187
- Foto 7.5. Contenedores rellenos con sustrato antes de la colocación de la semilla. 188
- Foto 7.6. Distribución de las semillas en los contenedores. 188
- Foto 7.7. Contenedores sembrados. 188
- Foto 7.8. Comienzo del desarrollo de las plántulas en contenedor. 189
- Foto 7.9. Cultivo de barrón a los dos meses de la siembra. 189
- Foto 7.10. Contenedores en el exterior para su aclimatación. 189
- Foto 7.11. Parcela preparada para la siembra. 191
- Foto 7.12. Proceso de siembra. 191
- Foto 7.13. Plántulas de barrón a los pocos días de su germinación. 192
- Foto 7.14. Barrón a los nueve meses de la siembra. 192
- Foto 7.15. Barrón adulto preparado para su traslado a obra. 192
- Foto 7.16. Grama marina en estado natural. 193
- Foto 7.17. Cultivo de grama marina. 193
- Foto 7.18. Cultivo de azucena de mar. 194
- Foto 7.19. Cultivo de cardo marino. 195
- Foto 7.20. Cultivo de oruga de mar. 195
- Foto 7.21. Ataque de hongos en los contenedores. 204
- Foto 7.22. Sistema utilizado para la limpieza de la arena. 205

#### Cuadros

- Cuadro 7.1. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de reproducción. 178, 179
- Cuadro 7.2. Banco de semillas. 186

### Capítulo 8

#### 8.1. Liencres (Cantabria)

#### Fotos

- Foto 8.1.1. Vista aérea de la zona de estudio. 215
- Foto 8.1.2. Temporal en Liencres. 217

- Foto 8.1.3. Transporte masivo de arena hacia el interior. 217
- Foto 8.1.4. Detalle de fenómenos erosivos en el frente dunar. 217
- Foto 8.1.5. Aspecto general del arenal. 218
- Foto 8.1.6. Filas de captadores para regenerar la duna. 218
- Foto 8.1.7. Resultado de la revegetación del frente dunar. 218

### 8.2. El Saler (Valencia)

#### Fotos

- Foto 8.2.1. Sector costero restaurado. 219
- Foto 8.2.2. Proceso de montaje de los captadores de Spartina. 220
- Foto 8.2.3. Aspecto del cordón dunar restaurado. 221
- Foto 8.2.4. Detalle de la vegetación plantada entre los captadores. 221
- Foto 8.2.5. Otro detalle. 221
- Foto 8.2.6. Captación en la duna embrionaria. 222
- Foto 8.2.7. Aspecto general. 222
- Foto 8.2.8. Cierres realizados con cañizos. 222

### 8.3. Enebrales (Huelva)

#### Fotos

- Foto 8.3.1. Vista aérea de la zona de estudio. 223
- Foto 8.3.2. Aspecto general del cordón dunar de Los Enebrales. 224
- Foto 8.3.3. Enebro costero (*Juniperus oxycedrus* subsp *macrocarpa*). 224
- Foto 8.3.4. Sabina (*Juniperus phoenicea* subsp *turbinata*). 224
- Foto 8.3.5. Detalle de la erosión del frente dunar. 225
- Foto 8.3.6. Detalle del frente erosionado. 225
- Foto 8.3.7. Incipiente captación de arena en primera fila. 225
- Foto 8.3.8. Detalle del establecimiento de la vegetación. 226
- Foto 8.3.9. Detalle de pasarela sobre el cordón dunar. 226

### 8.4. El Espigón (Huelva)

#### Fotos

- Foto 8.4.1. Aspecto del área de estudio. 227
- Foto 8.4.2. Aspecto del perfil dunar antes de las obras. 228
- Foto 8.4.3. Detalle de la vegetación del frente dunar. 228
- Foto 8.4.4. Apertura de la zanja para la instalación de los captadores. 228
- Foto 8.4.5. Pasarelas de acceso a la playa. 229
- Foto 8.4.6. Detalle de la captación de arena en las primeras fases. 229
- Foto 8.4.7. Otro detalle de la captación. 229
- Foto 8.4.8. Aspecto del nuevo frente dunar con la vegetación establecida. 230











El '**Manual de restauración de dunas costeras**' aborda a lo largo de nueve capítulos, las principales técnicas para su restauración. Para ello, hace un extenso repaso a aspectos clave en el desarrollo y conservación de los sistemas dunares costeros como son los **Procesos Físicos**, analizados a través de la morfodinámica de las playas, la morfología de las dunas, los parámetros sedimentológicos y el transporte eólico. El capítulo dedicado a la **Ecología** ofrece una aproximación a la vegetación y la morfología dunar, las características ambientales del sistema playa-duna, las adaptaciones de las especies de plantas, los tipos funcionales de plantas frente al estrés ambiental costero, la zonación de vegetación, la descripción de las comunidades de vegetación, la conservación y protección de especies y comunidades y las especies exóticas.

En cuanto a los **Usos e Impactos**, cabe destacar la extracción de arenas y de agua freática, el uso agrícola y ganadero, las plantaciones forestales, la urbanización y las actividades recreativas, entre otros. El apartado denominado **Diagnóstico** plantea la evaluación del estado de conservación y la vulnerabilidad del sistema dunar. A continuación, las páginas destinadas a las **Técnicas de Restauración**, profundizan en la reconstrucción morfológica, la revegetación, la eliminación de la vegetación invasora, los sistemas de protección, el seguimiento de las obras de restauración y el mantenimiento de las mismas.

El capítulo 7 observa los **Métodos de Cultivo de Plantas Dunares** incluyendo los tipos de reproducción vegetal, las especies utilizadas, las características del cultivo, así como la producción de barrón, Grama marina y Azucena marina. Además, se incluyen varios ejemplos prácticos que sirven de manera ilustrativa al lector a la hora de plantearse los principios básicos de una restauración de dunas costeras.