

DUNAS

Costeras

MANUAL DE PROTECCIÓN Y MEJORA DE DUNAS
PARA LA COSTA DEL GOLFO DE TEXAS - 6ª EDICIÓN



LEYES Y CÓDIGOS DE TEXAS CON COMENTARIOS DE VERNON
CÓDIGO DE RECURSOS NATURALES
TÍTULO 2. DOMINIO PÚBLICO
SUBTÍTULO E. PLAYAS Y DUNAS
CAPÍTULO 63. DUNAS

SUBCAPÍTULO A. DISPOSICIONES GENERALES

SEC. 63.001. DETERMINACIONES DE HECHO

La legislatura establece:

(1) que la costa continental del golfo, las islas barrera y las penínsulas de este estado contienen una parte significativa de los recursos humanos, naturales y recreativos del estado;

(2) que estas áreas están e históricamente han estado total o parcialmente protegidas de la acción del agua del Golfo de México y de las tormentas en el Golfo por un sistema de dunas de arena con y sin vegetación que proporcionan una barrera protectora para las tierras adyacentes y las aguas y tierras interiores contra la acción de la arena, el viento y el agua;

(3) que determinadas personas han modificado o destruido de vez en cuando la eficacia de las barreras protectoras y han causado daños ambientales en el proceso de desarrollo del litoral para diversos fines;

(4) que la circulación de vehículos recreativos y otras actividades sobre estas dunas han destruido la vegetación natural de las mismas;

(5) que estas prácticas constituyen graves amenazas para la seguridad de las propiedades adyacentes, para las vías públicas, para la base gravable de las propiedades adyacentes y constituyen un peligro real para los recursos naturales y para la salud, la seguridad y el bienestar de las personas que viven, visitan o residen en la zona;

(6) que es necesario proteger estas dunas según lo dispuesto en este capítulo porque las dunas estabilizadas y con vegetación ofrecen la mejor defensa natural contra las tormentas y son zonas de una diversidad biológica importante;

(7) que las dunas estabilizadas y con vegetación ayudan a preservar las playas y costas de propiedad estatal protegiéndolas contra la erosión del litoral; y

(8) que diferentes zonas de la costa se caracterizan por dunas de diversos tipos y valores, todas las cuales deben ser objeto de protección.

Ley de 1977, 65ª legislatura, p. 2499, cap. 871, art. 1, sec. 1, ef. 1 de septiembre de 1977.

Modificada por la Ley de 1985, 69ª legislatura, cap. 814, sec. 1, ef. 26 de agosto de 1985; Ley de 1991, 72ª legislatura, cap. 295, sec. 18, ef. 7 de junio de 1991.

ÍNDICE

Prólogo	1
Introducción	2
Playas y dunas	3
Terminología	3
El ciclo de la arena	4
Daños de las dunas	5
Dunas de la costa de Texas	8
Construcción, mejora y reparación de dunas	11
Uso de la vegetación	12
Panicum amarum.....	15
Avena de mar	15
Spartina patens	16
Otras plantas	17
Uso de vallas de arena	17
Material orgánico de matorrales.....	19
Construcción con arena importada.....	20
Mitigación o compensación de los impactos en las dunas y la vegetación dunar.....	22
Paseos de dunas.....	24
Normas de construcción	24
Diseño de los paseos.....	26
Acceso a la playa y drenaje	27
Vías de acceso.....	27
Drenaje	28
Mantenimiento de la playa	28
Sargazo	29
Leyes de acceso a la playa y protección de dunas.....	29
Directrices federales	29
Leyes estatales	30
Certificado de construcción frente a la playa y permiso de protección de dunas	30
Plan de gestión costera de Texas	31
Ley de planificación y respuesta frente a la erosión costera	31
Eliminación de sedimentos	31

Dónde obtener ayuda	32
Federal.....	32
Estadual	32
Condados costeros	32
Municipios costeros.....	32
Fuentes de información sobre la vegetación	33
Información sobre la calidad de la arena de la playa	33
Referencias	34
Colaboradores	35
Agradecimientos	35



Una publicación de la Oficina General de Tierras de Texas en virtud de la concesión nº NA19NOS419016 de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica.

PRÓLOGO

La costa de Texas es un tesoro ambiental y económico compuesto por sistemas ecológicos interrelacionados e interdependientes. Las dunas de arena costeras son una parte crucial de ese sistema. Las dunas no solo son un hábitat vital para numerosas plantas y animales autóctonos, sino también un recurso recreativo insustituible que el ser humano debe pisar con cuidado.

Pero la costa está cambiando. Con cada huracán o tormenta tropical que pasa, nuestro litoral se va alterando físicamente por la erosión y la acreción. Los nuevos sistemas cartográficos y las nuevas tecnologías nos ayudan a predecir y mitigar el efecto de estos cambios. Al considerar estos cambios, también debemos tener en cuenta el efecto del desarrollo humano a lo largo de la costa. Por eso es tan importante este manual.

Mediante definiciones útiles, estándares concisos y ejemplos fotográficos, este libro pretende sensibilizar sobre el frágil sistema de playas/dunas y proporcionar directrices concisas para la protección y mejora de las dunas a lo largo de la costa del Golfo de Texas. Ahora en su sexta edición, esta publicación sigue actualizándose para reflejar las necesidades de la costa de Texas que cambia continuamente. La costa de Texas le pertenece. Considere esto su Manual del Propietario. Utilícelo bien.



INTRODUCCIÓN

Como barrera natural resiliente frente a las fuerzas destructivas del viento y las olas, las dunas de arena son la defensa menos costosa y más eficaz contra las inundaciones provocadas por las tormentas y la erosión de las playas. Las dunas absorben el impacto de las marejadas ciclónicas y las olas altas, lo que impide o retrasa la intrusión de las aguas en las zonas del interior. Las dunas retienen la arena que sustituye a las playas erosionadas tras las tormentas y amortiguan la arena arrastrada por el viento y la niebla salina. Esta defensa natural puede reforzarse aumentando la altura y la estabilidad de las dunas existentes y construyendo dunas nuevas.

La protección de playas y dunas es importante a lo largo de la costa del Golfo de Texas, sobre todo en zonas que sufren la erosión de la ribera y un desarrollo urbano concentrado.

El crecimiento de los núcleos de población costeros continentales y el creciente desarrollo y uso recreativo de las islas barrera pueden afectar la estabilidad del entorno dunar. La construcción y el uso recreativo intensivo de las playas pueden contribuir a la fragmentación del sistema de playas/dunas y al deterioro de las dunas. La vegetación que asegura la arena se destruye, la arena se pierde y la línea de dunas se rompe por los caminos, senderos y escorrentías de las tormentas. Los daños en las dunas provocados por las actividades humanas aceleran los daños causados por la erosión del viento y las olas.

Las zonas del interior se vuelven más vulnerables a los huracanes y tormentas tropicales cuando la línea de dunas se debilita. Proteger las dunas ayuda a evitar la pérdida de vidas y bienes durante las tormentas y salvaguarda el suministro de arena que frena la erosión del litoral. Proteger las dunas también preserva y realza la belleza de la costa y los ecosistemas costeros.

Para tener éxito, los esfuerzos de mejora y protección de las dunas deben ser emprendidos por entidades gubernamentales federales, estatales y locales. Pero aún más valiosos son los esfuerzos de quienes viven en la costa.

La costa de Texas seguirá atrayendo a tejanos y otros visitantes en cantidades cada vez mayores durante los próximos años. Este manual describe las medidas que los propietarios de terrenos, los planificadores de condados y urbanistas, los constructores o promotores inmobiliarios y la industria pueden utilizar para preservar las dunas de arena y promover la restauración de las dunas en la costa, de modo que las generaciones futuras puedan disfrutar de la belleza natural de la costa de Texas.

PLAYAS Y DUNAS

TERMINOLOGÍA

La **playa** se extiende desde la línea de bajamar media hasta la línea de vegetación natural a lo largo de la costa (Figura 1).

La **playa baja** (playa húmeda) es la zona afectada por las mareas diarias normales.

La **playa alta** (playa seca) se inunda con las mareas de tormenta y las mareas vivas altas. La playa alta también suministra arena a las dunas.

Los **montículos de dunas**, las fases iniciales del crecimiento de las dunas, se forman a medida que la arena se acumula en el lado a sotavento de las plantas y otros obstáculos situados en la playa o inmediatamente adyacentes a ella. Los montículos son una fuente de arena que se intercambia a través del agua con las barras de alta mar. Los montículos de dunas pueden vegetar y, con el tiempo, aumentar en altura y convertirse en dunas frontales.

Las **dunas frontales** (también denominadas dunas anteislas o dunas primarias) son las primeras formaciones dunares con vegetación claramente distinguibles en tierra firme. También son las primeras en disipar la energía de las olas y las corrientes generadas por las tormentas. Aunque las dunas primarias pueden ser grandes y continuas, suelen ser lomas redondeadas separadas.

La **cresta dunar frontal** es alta, continua y está bien estabilizada por la vegetación. Normalmente, esta cresta se eleva bruscamente hacia la tierra desde la zona de dunas frontales, pero puede elevarse directamente desde una playa plana, cortada por las olas inmediatamente después de la playa. La cresta de las dunas frontales ayuda a bloquear las mareas de las tormentas e impide que se desplacen tierra adentro.

Las **zonas de dunas críticas** son todas las partes del sistema de playas/dunas que contienen dunas y complejos de dunas (incluidos montículos de dunas, dunas frontales, crestas dunares frontales, dunas posteriores y cunetas) que son esenciales para la protección de playas públicas, terrenos sumergidos y terrenos de propiedad estatal. Las zonas de dunas críticas incluyen, entre otras, las dunas que almacenan arena para reponer las playas públicas que se erosionan.

Las **dunas posteriores** son aquellas situadas tierra adentro de la cresta de las dunas frontales, que suelen estar bien cubiertas de vegetación, aunque también pueden estar sin vegetación y ser migratorias. Estas dunas aportan sedimentos a la playa después de que las dunas primarias y la cresta dunar frontal hayan sido destruidas por actividades naturales o humanas.

Una **línea de protección de dunas** es establecida por un gobierno local para preservar las dunas críticas y puede fijarse a no más de 1000 pies (304 metros) hacia tierra de pleamar media del Golfo de México. Se aplican criterios especiales a las actividades de construcción en el mar a partir de esta línea.

El **sistema de playas/dunas** incluye todo el terreno desde la línea de bajamar media hasta el límite hacia tierra de la formación de dunas.

Una **playa pública** es cualquier playa, ya sea de propiedad pública o privada, que se extienda tierra adentro desde la línea de la marea baja media hasta la línea natural de vegetación que bordea el Golfo de México o una zona contigua más amplia a la que el público haya adquirido el derecho de uso. Esta definición no incluye las playas a las que no se puede acceder por un camino público o un transbordador público.

Una **deflación** es una brecha en las dunas causada por la erosión del viento.

Las **zonas de inundaciones** son áreas bajas adyacentes a las playas e inundadas por las olas y las mareas de tormenta del Golfo de México. Las inundaciones pueden encontrarse en canales de marea abandonados o donde las dunas frontales están poco desarrolladas o rotas por las mareas tormentosas y la erosión eólica.

Las **cunetas** son zonas bajas dentro de un complejo de dunas situadas en algunas partes de la costa de Texas que funcionan como zonas naturales de recolección de aguas pluviales y son una parte esencial del complejo dunar.

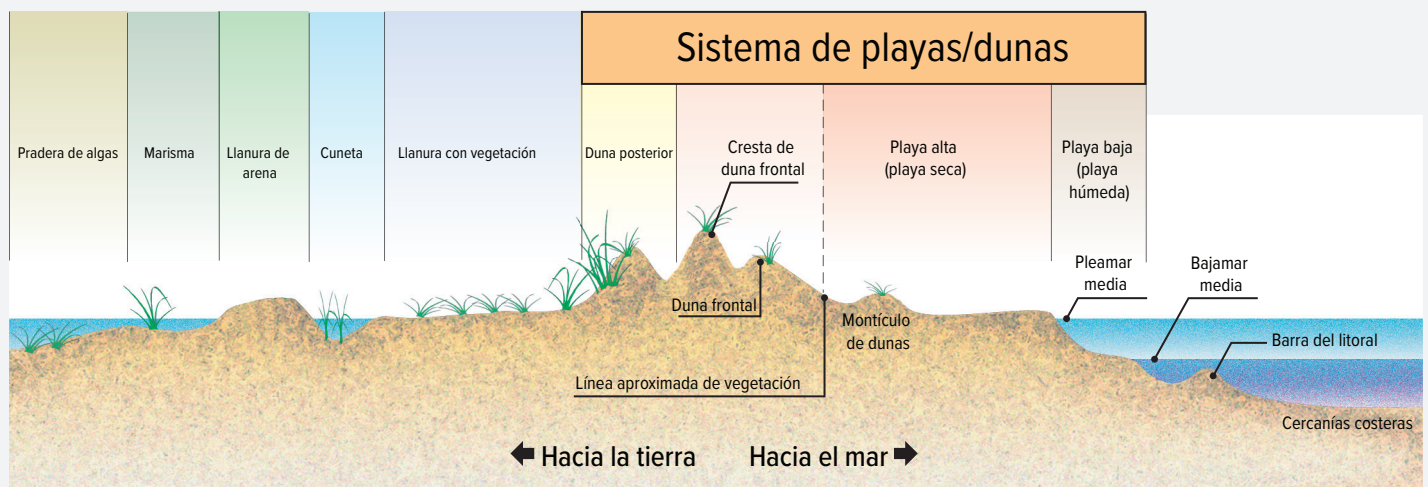


Figura 1. Sección transversal típica de una isla barrera de Texas. Las condiciones reales pueden variar.

EL CICLO DE LA ARENA

Las playas y dunas son partes esenciales de un entorno dinámico en el que la arena se intercambia constantemente.

Durante las condiciones de calma que prevalecen durante la mayor parte del año en la costa de Texas, las olas alcanzan una altura media de dos a cuatro pies (0,6 a 1,2 metros) y son menos frecuentes que durante las tormentas. Estas olas más tranquilas transportan arena desde los bancos oceánicos y la zona de oleaje hasta la playa, y así hacen que la playa crezca gradualmente. Con el tiempo, la arena es arrastrada por el viento hasta las dunas frontales, donde queda atrapada por la vegetación y almacenada hasta que es desplazada por las tormentas.

Durante una tormenta, las olas de gran energía aplanan la playa. Las olas que azotan la base de las dunas frontales erosionan la arena, y así socavan y derrumban la cara de la duna que da al mar. En caso de fuertes tormentas, la cara de la duna suele retroceder varias yardas —en casos extremos hasta 100 yardas (aproximadamente 90 metros)— lo que deja un acantilado abrupto (Figura 2). A veces, las dunas quedan completamente destruidas. Las olas en retirada arrastran la arena erosionada mar adentro y la depositan justo antes de la zona de oleaje en grandes bancos.

Este proceso de erosión de las dunas y movimiento de la arena disipa gran parte de la energía de las olas de las tormentas. Los bancos de arena también disipan la energía de las olas de las tormentas haciendo que las olas rompan más mar adentro, lo que disminuye el avance de las olas y el ataque a las dunas o a los entornos de playas altas o secas.

Si el suministro de arena se mantiene constante, el intercambio natural entre la playa, las dunas y las zonas costeras reparará y reconstruirá las dunas hasta alcanzar una altura y una anchura de equilibrio determinadas por las condiciones locales. Sin embargo, la pérdida de la vegetación que atrapa y retiene la arena hace que la playa y las dunas sean más susceptibles a la erosión eólica e hídrica, lo que impide su recuperación tras las tormentas. Las bahías, canales, marismas y praderas situados detrás de las dunas frontales debilitadas están expuestos a las inundaciones provocadas por las tormentas y a la acumulación de arena arrastrada por el viento.

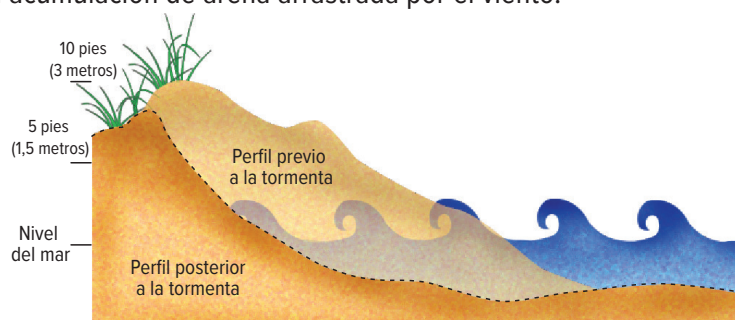


Figura 2. Resultado de olas de tormenta en playas y dunas frontales.

DAÑOS DE LAS DUNAS

Cuando la altura de las olas de tormenta que se aproximan supera la altura de las depresiones a lo largo de la cresta dunar, el agua desborda los puntos bajos y baña el lado de tierra de las dunas, de manera que erosiona la arena y la lleva tierra adentro (**Figuras 3 y 4**). Estas zonas de inundaciones (o sobrelavado) se profundizan y ensanchan bajo el ataque continuo de las olas, lo que permite que mayores volúmenes de agua se derramen a través de la línea de dunas y fluyan más tierra adentro. La arena erosionada puede depositarse detrás de las dunas o ser arrastrada hacia la bahía, el canal, la marisma o la llanura de hierba. En tormentas muy fuertes, las aguas de inundación pueden llegar a inundar zonas terrestres interiores.

Las zonas de grandes inundaciones frecuentes pueden regenerar las dunas lentamente debido al volumen de arena eliminado por la erosión y a que la vegetación ha sido arrastrada. El desarrollo de las dunas puede verse obstaculizado si la arena de una inundación está demasiado húmeda para ser arrastrada por el viento. En muchas de las islas barrera de Texas se observan huellas de las inundaciones provocadas por los huracanes (**Figura 4**).

Las tormentas también pueden producir lavados en las zonas de dunas. Son similares a las inundaciones, pero difieren principalmente en la dirección de las aguas erosionantes. Por lo general, la escorrentía pluvial de las islas barrera y las penínsulas se dirige hacia las bahías. Sin embargo, si hay brechas o depresiones en las dunas, el agua de lluvia que se acumula en las cunetas (valles entre las dunas) puede canalizarse a través de estos puntos bajos y desbordarse hacia la playa, arrastrando arena consigo.

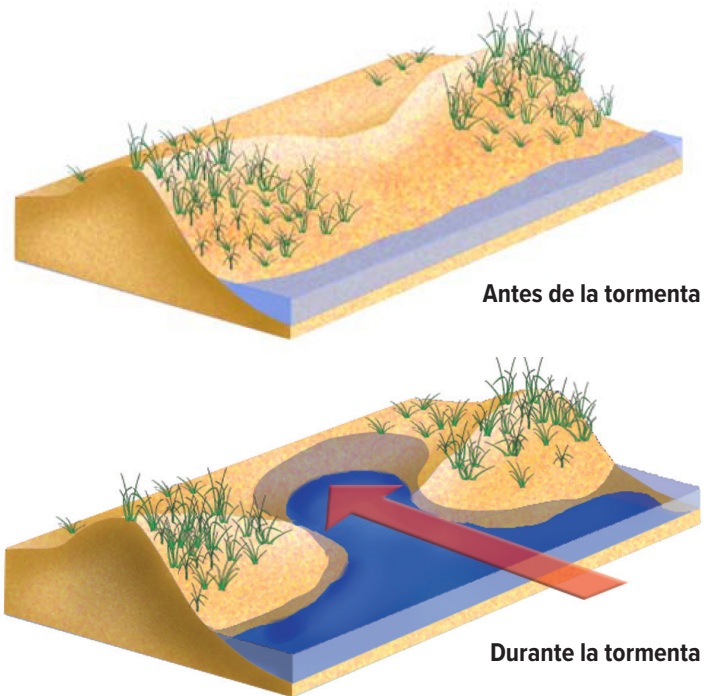


Figura 3. Inundación por marejada ciclónica.



Figura 4. Foto aérea oblicua de los canales de inundación de la isla del Padre tras el paso del huracán Brett en agosto de 1999. Foto cortesía de David M. Stephens.

También pueden generarse lavados por el retroceso de las aguas de la bahía. Los huracanes, sobre todo los de movimiento lento, pueden acumular agua en los sistemas de bahías. Si los canales naturales hacia el Golfo son demasiado estrechos para dar paso al agua que se retira de las bahías, los lavados pueden cortar las zonas bajas de menor resistencia de las islas barrera.

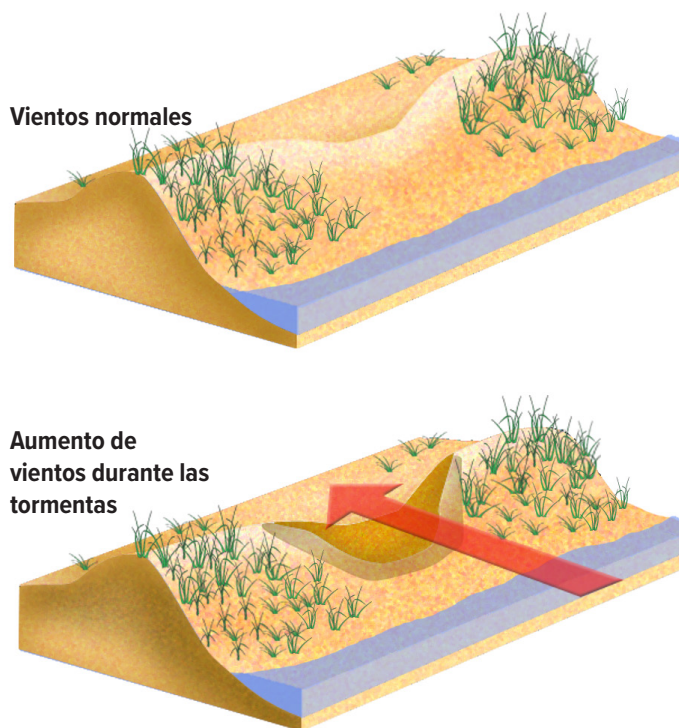


Figura 5. Formación de una deflación por el viento en la zona de una duna con poca cubierta vegetal.

Las deflaciones son brechas en las dunas causadas por la erosión del viento. Se alinean con los vientos predominantes del sureste y a menudo se cortan hasta el nivel freático (**Figura 5**). Durante las tormentas, las deflaciones pueden convertirse en canales para las aguas de las mareas de tormenta procedentes del Golfo.

Con el tiempo, después de una tormenta, el sistema natural de playas/dunas puede recuperar su forma anterior a la tormenta si hay suficientes sedimentos disponibles en el sistema litoral. En Texas, este proceso puede durar hasta cinco años, primero por acreción de la playa y después por formación de dunas, expansión y colonización de la vegetación. A este proceso se ve interrumpido por estructuras, edificios, que impiden que los vientos arrastren la necesaria para que se formen las dunas.

Las actividades humanas también afectan a las dunas. La construcción, las actividades recreativas y el pastoreo de animales pueden acelerar o agravar los daños naturales a las dunas destruyendo la cubierta vegetal y favoreciendo el desarrollo de brechas.

Los diques, mamparos y espigones o rompeolas pueden proteger los bienes situados frente a ellos contra la erosión. Sin embargo, si el oleaje persiste, estas estructuras pueden aumentar la erosión costera de las propiedades adyacentes y de la playa hacia el mar de las estructuras. Al retener la arena que de otro modo sería transportada a lo largo de la costa, las estructuras de control de la erosión, como los espigones o rompeolas, inhiben el desarrollo de las dunas en las zonas situadas aguas abajo. En general, las estructuras rígidas son menos eficaces que las dunas naturalmente resistentes como defensa de la playa contra las marejadas ciclónicas. La playa situada justo delante de un dique vertical puede ser erosionada por las olas que rebotan en la estructura durante las tormentas. Con el tiempo, el propio dique puede verse socavado por el oleaje en la base del muro, creando una base inestable para la estructura.

La perturbación de las dunas frontales por vehículos, peatones, obras de construcción o animales de pastoreo puede favorecer también la erosión eólica del entorno de las dunas posteriores. Si no se controla, esta erosión puede llevar a la eliminación casi completa de las dunas, lo que agotaría el suministro de arena disponible para el intercambio durante las tormentas. A veces se arrasan dunas enteras para nivelar una construcción o colocar tuberías. En estos casos, los daños no se limitan al lugar inmediato, ya que las dunas adyacentes también estarán expuestas a una mayor erosión eólica sin la protección previa de las dunas vecinas.

Con el tiempo, la pérdida de vegetación de las dunas puede ser tan perjudicial como la eliminación directa o la retención de arena. Cuando se desbroza una obra, a menudo se elimina la vegetación de una zona extensa. Las plantas son pisoteadas y arrancadas por peatones, vehículos de motor, caballos y ganado (**Figura 6**). A medida que se establecen senderos a lo largo de rutas de uso frecuente a través de las dunas, se destruye la vegetación y el viento empieza a arrastrar la arena de la zona expuesta.

La continua pérdida de arena hace más hondo el sendero. El desprendimiento de arena de los lados del sendero lo ensancha. A medida que aumenta la superficie expuesta a la erosión eólica, puede producirse una deflación, un lavado o una inundación.

Los caminos de acceso a la playa a través de las dunas están sujetos a los mismos procesos erosivos y pueden convertirse en canales de marejadas ciclónicas.



Figura 6. Influencia humana en la estabilidad de las dunas; acceso a través de zonas de dunas críticas en la isla Mustang.

Dunas de la costa de Texas

La costa de Texas está formada por islas barrera, antiguos promontorios y penínsulas deltaicas, bahías y estuarios, y pasos naturales y artificiales (**Figura 7**). Se trata de entornos móviles, constantemente remodelados por los procesos de erosión y acreción.



Figura 7. La costa de Texas.

El desarrollo de las dunas varía en función del aporte de sedimentos a la playa. El suministro viene determinado por la cantidad de arena de la plataforma interior transportada a tierra por las olas y el viento, la cantidad y el tipo de sedimentos vertidos por los ríos y el grado de interferencia humana en el transporte natural de arena (por ejemplo, la interrupción de las corrientes litorales por muelles y rompeolas). Las dunas tienen más probabilidades de desarrollarse cuando las olas y el viento traen a la costa una gran cantidad de arena. El régimen de precipitaciones también afecta al desarrollo de las dunas al influir en el crecimiento y la densidad de la vegetación dunar. La vegetación dunar tiene menos probabilidades de arraigar en zonas con menos precipitaciones.

En la costa superior, en los condados de Jefferson y Chambers, el desarrollo de playas y dunas es limitado. El río Sabine transporta a la costa limo en lugar de arena. El litoral se caracteriza por marismas bajas y llanuras de marea con crestas intermitentes de arena fina y lineal (llanura de chenier). Las dunas también son escasas a lo largo de la cabecera del río Brazos-Colorado (la parte sur de la costa del condado de Brazoria). También aquí, la corriente litoral dispone de poca arena para la formación de dunas.

En la isla de Galveston y en partes de la isla de Follets, se pueden encontrar pocas dunas naturales y de menor tamaño porque muchas de las dunas frontales fueron arrasadas durante el huracán Alicia en 1983 y tormentas posteriores como la tormenta tropical Francis en 1999, el huracán Claudette en 2003 y el huracán Ike en 2008. El desarrollo del litoral y los altos índices de erosión han impedido la recuperación de las dunas **(Figura 8)**.

En la isla Mustang y la isla del Padre Norte hay dunas con vegetación y relativamente estables. En las islas de Matagorda y San José, donde el desarrollo de la costa es limitado, existe una cresta dunar frontal continua y bien definida con una altura media de entre 15 y 20 pies (entre 4,5 y 6 metros) sobre el nivel del mar. Las formaciones dunares más desarrolladas se encuentran en los condados de Nueces y el norte de Kleberg, donde hay una cresta dunar frontal formada por varias hileras de dunas de una altura media de 20 a 25 pies (6 a 7,5 metros). Algunas dunas alcanzan una altura de 40 pies (12 metros). También son características de esta región las llanuras arenosas y las zonas de montículos bajos de dunas **(Figura 9)**.

A medida que las precipitaciones disminuyen hacia el sur a lo largo de la costa de Texas, las dunas tienen menos de la cubierta vegetal necesaria para la estabilización. Las dunas migratorias — desprovistas de vegetación y muy susceptibles a la erosión eólica— son comunes en el entorno árido de la costa baja **(Figura 10)**. Dunas de este tipo se forman en la Isla del Padre. En los condados de Kenedy, Willacy y Cameron, la cresta dunar frontal suele estar poco desarrollada y agrietada por numerosas inundaciones y deflaciones. En la ciudad de South Padre Island, en el condado de Cameron, los proyectos de restauración de dunas, incluidos los financiados por los programas de la Oficina General de Tierras de Texas (GLO por su sigla en inglés), han ayudado a estabilizar y restaurar el sistema de dunas.

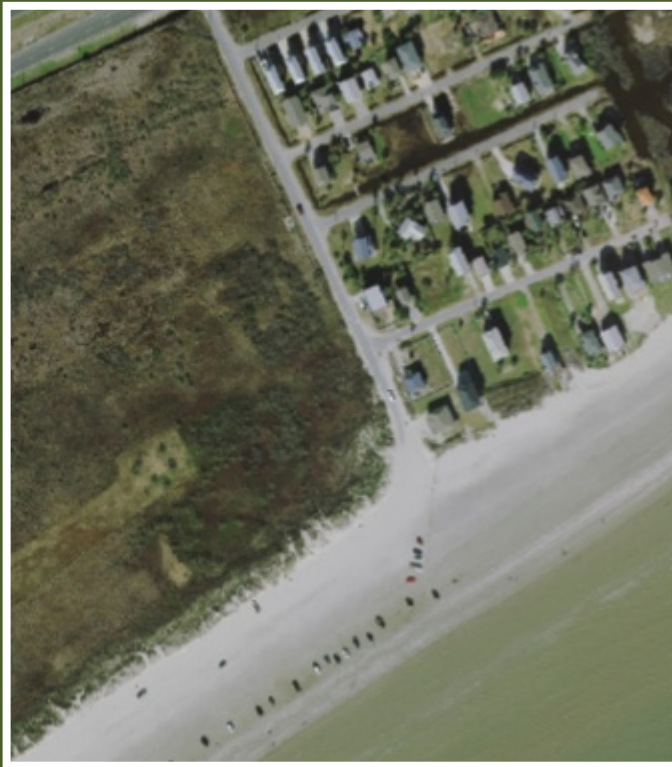


Figura 8. Imágenes aéreas de la formación de dunas naturales adyacentes a la urbanización costera de la isla de Galveston. Las dunas naturales existen donde hay espacio para que las dunas migren.



Figura 9. Formaciones de dunas naturales en la Isla del Padre, en el condado de Kleberg.



Figura 10. Duna migratoria en la Costa Nacional de la Isla del Padre.

CONSTRUCCIÓN, MEJORA Y REPARACIÓN DE DUNAS

Se pueden utilizar varios métodos para aumentar la altura y la estabilidad de las dunas existentes, reparar las dunas dañadas, fomentar la acumulación de arena más cerca de la playa o establecer dunas donde un bajo suministro de arena ha inhibido la formación de dunas o donde las dunas han sido destruidas.

Cuando los depósitos de arena fresca alrededor de obstrucciones como macizos de hierba muestran condiciones propicias para la formación natural de dunas, pueden utilizarse plantaciones de vegetación autóctona o barreras estructurales, como vallas de arena, para iniciar y acelerar la acumulación de arena. La plantación de vegetación autóctona debe ser el método principal para la construcción, mejora y reparación de dunas. Se debe plantar la vegetación en la pendiente natural de la región seca del litoral y cerca de la línea de vegetación existente. Las vallas de arena pueden ayudar a atrapar la arena y estabilizar las dunas, pero deben utilizarse como último recurso y retirarse cuando se asiente la vegetación.

En las zonas donde el suministro local de arena es insuficiente para que estos dos métodos de captación de arena sean eficaces, se pueden construir dunas artificiales con arena importada. Toda la arena que se traiga al lugar debe ser de calidad de playa, del tamaño de grano correcto para construir dunas, y debe vegetarse inmediatamente para mantener la estabilidad.

Los proyectos de restauración de dunas no deben extenderse más de 20 pies (6 metros) hacia el mar desde la línea de vegetación en la mayoría de los casos ni interferir con la facilitación de acceso o uso de la playa pública, independientemente del tipo de restauración de dunas que se esté llevando a cabo. Todos los proyectos de restauración de dunas que se realicen hacia el mar a partir de la línea de vegetación deberán recibir la aprobación previa de la GLO.

Antes de emplear cualquiera de los siguientes procedimientos para la construcción de dunas o la estabilización de la costa, consulte con el funcionario local de construcción o la Oficina General de Tierras de Texas para evitar la violación de leyes estatales (véase "Leyes de acceso a la playa y protección de dunas").

USO DE LA VEGETACIÓN

En los proyectos de restauración de dunas solo podrá utilizarse vegetación dunar autóctona del sistema dunar de la zona en la que se vaya a plantar la vegetación. Se recomiendan tres especies de gramíneas para los proyectos de restauración de dunas en cualquier punto de la costa de Texas: panicum amargo (*Panicum amarum*), avena de mar (*Uniola paniculata*) y esparto (*Spartina patens*). La **Tabla 1** enumera otras especies de vegetación de dunas que pueden utilizarse en los proyectos de restauración de dunas, como el boniato de playa, y señala el lugar del sistema de dunas de playa donde debe plantarse cada especie.

TABLA 1

Especies vegetales para la restauración de dunas costeras en Texas

Especie	Sitio recomendado	Comentarios
Esparto <i>Spartina patens</i>	Duna frontal y duna posterior	Distancia recomendada entre plantas: Centro de 1-3 pies (30-90 cm) Variedad recomendada: 'Costa del Golfo', 'Sharp'
Panicum amargo <i>Panicum amarum</i>	Zonas medias y altas de dunas frontales y posteriores	Distancia recomendada entre plantas: Centro de 2-3 pies (60-90 cm) Plantar en alto porcentaje con avena de mar debido a su capacidad de fijación al suelo. Porcentaje de plantación recomendado: 20% avena de mar, 80% panicum amarum. Variedad recomendada: Germoplasma Fourchon, 'Northpa', 'Southpa'
Avena de mar <i>Uniola paniculata</i>	Zonas medias y altas de dunas frontales y posteriores	Distancia recomendada entre plantas: Centro de 2-3 pies (60-90 cm) Plantar en alto porcentaje con panicum amarum debido a su capacidad de fijación al suelo. Porcentaje de plantación recomendado: 20% avena de mar, 80% panicum amarum. Variedad recomendada: Caminada Germplasm
Boniato de playa <i>Ipomea pes-caprae;</i> <i>Ipomea imperati</i>	Zona inferior de dunas frontales	Distancia recomendada entre plantas: centro de 2-3 pies (60-90 cm)
Verdolaga de mar <i>Sesuvium portulacastrum</i>	Zona inferior de dunas frontales y posteriores	Distancia recomendada entre plantas: centro de 2-3 pies (60-90 cm)
Pasto de salitre <i>Sporobolus virginicus</i>	Zonas medias y altas de dunas frontales y posteriores	Distancia recomendada entre plantas: centro de 1-3 pies (30-90 cm)
Gramma de agua <i>Paspalum vaginatum</i>	Dunas posteriores	Distancia recomendada entre plantas: Centros de 1-3 pies (30-90 cm); generalmente Port Lavaca hacia el norte Variedad recomendada: Brazoria Germplasm

Las plantas de dunas no siempre están disponibles comercialmente en Texas y pueden trasplantarse a partir de rodales naturales si se sigue el procedimiento adecuado. Los trasplantes procedentes de las proximidades de la zona del proyecto tienen más probabilidades de sobrevivir que los importados. Si no se pueden encontrar rodales adecuados en la propiedad en la que se va a realizar el proyecto de vegetación, puede ser posible obtener plantas de propiedades vecinas mediante acuerdo con los propietarios o de un vendedor comercial de la región. Es posible que se necesite un permiso del tribunal de comisionados del condado o de una ciudad si el lugar de tala o plantación se encuentra frente al mar de una línea de protección de dunas (véase "Leyes de acceso a la playa y protección de dunas").

La mejor época para trasplantar vegetación al sur de Corpus Christi es enero o febrero. La época óptima para el trasplante al norte de Corpus Christi es febrero, marzo o abril. Las plantas que se vayan a trasplantar solo deben tomarse de rodales densos en zonas que no estén expuestas a la erosión y no deben tomarse de montículos de dunas o de dunas frontales con escasa vegetación. Tenga cuidado de no pisotear las plantas. Retire las plantas de forma individual y dispersa a intervalos no inferiores a dos pies (60 centímetros). Desentiérrelas con una pala de punta "sharpshooter". Arrancar las plantas daña las pequeñas raíces pilosas necesarias para su restablecimiento. Consiga una buena estructura radicular para garantizar la supervivencia de la planta.

La mejor forma de vegetar las zonas del proyecto es a mano, para no afectar a las dunas circundantes ni a la vegetación de las dunas. Coloque las plantas individuales en agujeros individuales de al menos 6 pulgadas (15 cm) de profundidad hechos con una pala o una barreta y rellene cada plantación con firmeza. Cada especie debe plantarse en determinados lugares dentro del sistema dunar según su adaptación al entorno circundante (**Tabla 1**). Existen múltiples configuraciones de plantas que pueden utilizarse en una duna restaurada; se muestra un ejemplo en la **Figura 11**. En general, las

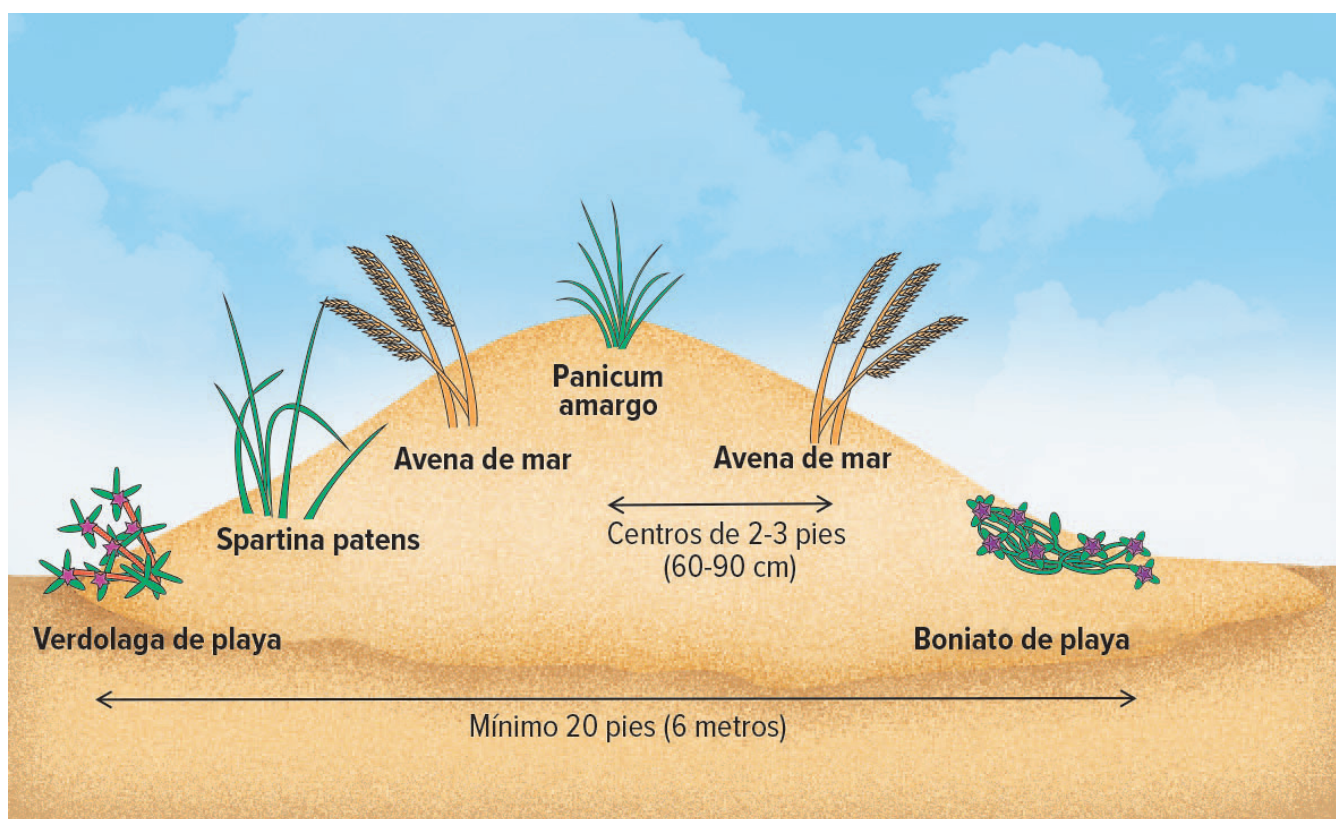


Figura 11. Ejemplo de configuración vegetal en una duna restaurada.



Figura 12. Vegetación dunar recién plantada.

especies herbáceas, como el *panicum amarum*, la avena marina y *spartina patens*, deben plantarse en las zonas más elevadas de la cresta dunar, mientras que las especies no herbáceas, como el boniato de playa y la verdolaga de playa, deben plantarse en las partes más bajas de la duna para proporcionar una cubierta vegetal que reduzca la erosión. Mil plantas estabilizarán un área de 50 por 40 pies (1,2 por 1 metros) en un año (**Figura 12**).

No es imprescindible regar inmediatamente los trasplantes, pero el éxito aumenta si la plantación se realiza después de una lluvia o si se riega la duna antes de la plantación. Se recomienda regar continuamente la vegetación recién plantada, especialmente en condiciones de sequía, para aumentar las probabilidades de supervivencia. Los

céspedes de las dunas no deben segarse nunca, ya que destruyen su capacidad para atrapar la arena y pueden matar las plantas.

Pueden aplicarse materiales estabilizadores antes o después de la plantación para minimizar la erosión eólica, moderar la temperatura del suelo y ayudar a retener la humedad. Para ello pueden utilizarse heno, algas y mallas de fibra natural. El heno es un material estabilizador económico cuando se utiliza correctamente, pero puede contener semillas o vegetación no autóctona y dispersarse fácilmente por la acción de las olas y el viento. Si se utiliza heno, debe ser de origen local y empaquetado en la arena para evitar que se vuele.

En las zonas donde son frecuentes los vientos fuertes, se recomienda utilizar mallas de fibra natural ancladas con estacas de madera en lugar de heno. Todos estos materiales son biodegradables y acaban descomponiéndose con el tiempo. No podrán utilizarse materiales estabilizadores que contengan semillas de vegetación dunar no autóctona.



Figura 13. Cartel para proyecto de restauración de dunas.

Se puede utilizar fertilización durante la plantación si lo permite el plan de acceso a la playa y protección de dunas del gobierno local. Un laboratorio autorizado de análisis del suelo puede proporcionar recomendaciones de abonado para un lugar concreto. En general, se puede colocar una pequeña cantidad de abono en el hoyo donde se coloca cada planta y, posteriormente, enterrarla con arena.

Las zonas plantadas pueden protegerse de vehículos, peatones y animales de pastoreo con vallas temporales. También pueden colocarse carteles en el lugar para explicar la finalidad y la importancia del proyecto (**Figura 13**). La colocación de cualquier valla en la zona situada hacia el mar a partir de la línea de protección de dunas deberá ser aprobada y autorizada previamente por la administración local.



Figura 14. Panicum amargo (panicum amarum).

Cabe esperar una tasa de supervivencia al trasplante de entre el 50 y el 80 por ciento. Si la tasa de supervivencia es inferior al 10 por ciento, deberá replantarse la zona. La vegetación debería ser bastante densa en uno o dos años. Las zonas desnudas que queden después de ese tiempo pueden replantarse con vegetación de los lugares bien establecidos.

Panicum amarum

El panicum amarum ha demostrado ser la mejor especie para la estabilización de dunas en la costa de Texas. Esta planta de playa autóctona tiene una mayor tolerancia a la sal que muchas otras especies costeras y es de crecimiento resistente. Sus hojas son lisas, de color verde azulado, de 1/4 a 1/2 pulgada (de 0,6 a 1,2 centímetros) de ancho y de

4 a 12 pulgadas (10 a 30 centímetros) de largo (**Figura 14**). Las nuevas plantas se generan a partir de esquejes, o brotes de los nudos de las raíces, o de cortes de tallos enraizados. Las semillas del panicum amarum son estériles y no propagan nuevas plantas.

Las plantas de panicum amarum que se tomen para proyectos de vegetación deben medir entre dos y tres pies (entre 60 y 90 centímetros) de altura. Se debe cortar la parte superior de las plantas cosechadas a un pie (30 centímetros) de las raíces para reducir la pérdida de agua (**Figura 15**). Las plantas pueden conservarse hasta cuatro semanas si se envuelven las raíces en paños húmedos o toallas de papel, o si se sumergen en agua fresca.

El panicum amarum puede asentarse en otoño con esquejes enraizados, a finales de invierno o principios de primavera con plantas en maceta, o a finales de primavera y principios de verano con esquejes pequeños o brotes de tallos. La supervivencia dependerá principalmente de una humedad adecuada. Las plantas pueden colocarse en el suelo en posición vertical u horizontal. En zonas de arena rápidamente movediza, la plantación vertical evitará que las plantas queden enterradas. Por lo general, las plantas deben plantarse a dos pies (60 centímetros) entre centros, pero se recomienda una colocación más cercana en las cimas de las dunas y en pendientes pronunciadas. Las plantas cultivadas en viveros deben plantarse a una profundidad de entre 8 y 10 pulgadas (entre 20 y 25 centímetros) en arena húmeda, pero los tallos sin enraizar solo deben plantarse a una profundidad de entre 4 y 6 pulgadas (entre 10 y 15 centímetros), dejando expuestas entre 6 y 10 pulgadas (entre 15 y 25 centímetros) del tallo. El lugar del trasplante debe protegerse de los animales de pastoreo, ya que el panicum amarum es apetecible para ellos.

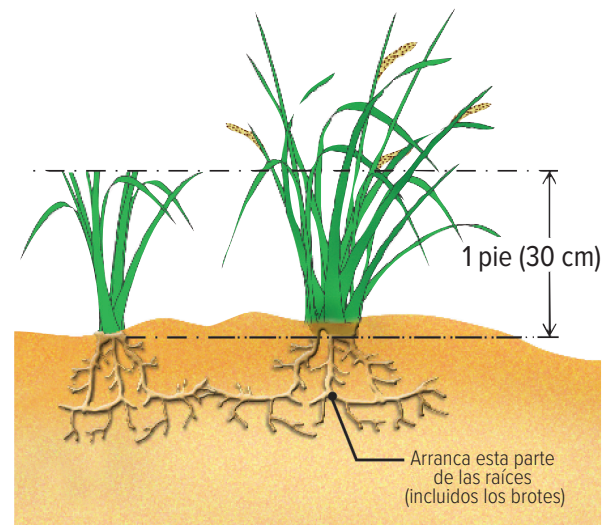


Figura 15. Cosecha y corte del panicum amargo.

Avena de mar

La avena de mar, también originaria de la costa de Texas, puede intercalarse entre las plantaciones de panicum amarum. Esta hierba tiene hojas resistentes de color verde pálido que mueren cada invierno y



Figura 16. Avena de mar (*Uniola paniculata*).

tallos rígidos con semillas que alcanzan tres pies (90 centímetros) o más de longitud (**Figura 16**). La avena de mar tolera menos la niebla salina que el *panicum amarum*, pero crece lo bastante rápido como para evitar ser asfixiada por la arena movediza. La avena de mar tiene un extenso sistema radicular subterráneo, que ayuda a estabilizar la arena. Interplantar avena de mar y *panicum amarum* reducirá el riesgo de enfermedades o plagas.

Coseche solo plantas sanas y vigorosas para el trasplante. La avena de mar más joven tiene más probabilidades de éxito que las plantas más viejas y con raíces más largas. No tome una planta que tenga una cabeza de semilla, ya que es probable que esta planta sea más vieja. Trasplante las plantas lo antes posible una vez cosechadas. Por lo general, las plantas permanecerán vivas hasta cuatro días si se envuelven las raíces en paños húmedos o toallas de papel, o si se sumergen en agua dulce. Al igual que con el *panicum amarum*, la parte superior de las plantas debe cortarse a menos de un pie (30 centímetros) de las raíces para reducir la pérdida de agua.



Figura 17. Esparto (*spartina patens*).
Foto cortesía de Frederique Perret.

Las plantas cultivadas en viveros pueden plantarse durante todo el año, pero la mejor época para hacerlo es entre mediados de invierno y principios de primavera. Los propágulos a raíz desnuda deben plantarse de noviembre a marzo. Coloque las plantas a una profundidad mínima de 8 a 10 pulgadas (de 20 a 25 centímetros) en centros de 18 pulgadas (45 centímetros) en la zona principal de la duna.

Lo mejor es mezclar una siembra de avena de mar con *panicum amarum* en una proporción de uno a cuatro. La avena de mar suele necesitar dos temporadas de crecimiento para estabilizar completamente una duna, mientras que el *panicum amarum*, que crece más rápidamente, puede establecerse en un año.

Spartina patens

Spartina patens es una pequeña planta perenne que se propaga por rizomas (**Figura 17**). Esta hierba se da bien en el lado de tierra de las dunas. Si se planta en el lado de la playa, la hierba queda fácilmente enterrada y destruida por las arenas movedizas. El uso más apropiado de *Spartina patens* es reparar las partes más estables de las dunas existentes y nuevas.

Desde finales del invierno hasta principios de la primavera es la mejor época para plantar *Spartina patens*. Coloca las plantas a una profundidad de 6 a 10 pulgadas (15 a 25 centímetros) y con

Foto cortesía de Frederique Perret.

una separación de 12 a 36 pulgadas (30 a 90 centímetros) para mantener húmeda la base de cada planta. Los mejores resultados se obtienen mezclando *Spartina patens* con plantaciones de *panicum amarum*.

Otras plantas

La avena de mar y el *panicum amarum*, que crecen comúnmente en la cara marítima de las dunas frontales, son muy resistentes a la erosión y se asientan con facilidad. Sin embargo, otras especies de plantas herbáceas también capturan la arena arrastrada por el viento y estabilizan las dunas.

El boniato de playa, la verdolaga de mar y la vid de uva de mar pueden formar una densa cubierta en las partes bajas de una duna en unas pocas temporadas de crecimiento, lo que proporciona una cubierta vegetal para la reducción de la erosión. Las plantas y arbustos de bajo crecimiento que se encuentran en la parte trasera de las dunas incluyen el tallo azul de la costa, el girasol de playa, la gallardia rosa, el guisante de perdis, el nopal y la lantana. Muchas de ellas son plantas con flores, una alternativa atractiva a las hierbas de las dunas aunque menos eficaces como estabilizadoras de dunas.

Algunas de estas especies se comercializan en Texas. Póngase en contacto con la Oficina General de Tierras de Texas, el Centro de Materiales Vegetales de Texas Kika de la Garza o el Centro Nacional de Flores Silvestres Lady Bird Johnson si tiene preguntas sobre el uso de una especie vegetal específica para un proyecto de restauración de dunas (véase "Dónde obtener ayuda").

USO DE VALLAS DE ARENA

Las vallas de arena solo pueden instalarse con el fin de construir dunas de arena atrapando la arena arrastrada por el viento y la protección de las dunas y la vegetación dunar. La plantación de vegetación autóctona para atrapar la arena es siempre preferible al uso de estructuras artificiales, pero pueden utilizarse vallas de arena temporales y discontinuas como material de restauración de dunas cuando las condiciones del lugar lo permitan. Las vallas de arena son más eficaces como método de restauración de dunas cuando se colocan en lugares donde hay una gran cantidad de viento y arena arrastrada por el viento y a una elevación lo suficientemente alta como para evitar la acción regular de las olas y los lavados. Las vallas discontinuas de arena crean corredores de viento y arena para la deposición de arena entre las vallas y también permiten que la fauna salvaje, como las tortugas marinas, pueda acceder al hábitat situado detrás de las vallas.

Por razones de estética, seguridad y posible interrupción del acceso público, las vallas de arena deben retirarse en cuanto hayan cumplido su función, hayan quedado enterradas por la arena al menos en un 50 por ciento, estén dañadas o hayan dejado de funcionar. Aunque las vallas de arena pueden ayudar a atrapar la arena y aumentar la anchura de la duna en la base de la valla, también pueden impedir la acumulación de arena en la zona detrás de la valla, de manera que limiten la extensión y la altura de las dunas en desarrollo y las dunas naturales detrás de la valla. Retirar o reubicar el vallado después de que esté semienterrado o dañado ayudará a que la arena acumulada migre hacia las dunas naturales.

Las vallas de arena estándar, que consisten en listones de madera unidos con alambre y con espacio entre sí, son un material ideal en la construcción de dunas porque han demostrado su eficacia y son baratas, fáciles de conseguir y de manejar, y se pueden montar y desmontar rápidamente.

Las vallas de arena suelen tener de 2 a 4 pies (0,6 a 1,2 metros) de altura medidos desde la superficie del suelo tras su instalación. En la mayoría de las zonas, se recomiendan vallas de arena de 3 pies (90 centímetros) de altura. En zonas donde la playa es estrecha o hay poca arena arrastrada por el viento, una altura de 2 pies (60 centímetros) es más apropiada.

La valla puede sostenerse con postes de madera a intervalos de 10 pies (3 metros). La longitud mínima práctica de los postes es de 6,5 pies (1,9 metros); la óptima es de 7 a 8 pies (2,1 a 2,4 metros). Los postes de madera no deben tener más de tres pulgadas (7,5 centímetros) de diámetro (**Figura 18**).

Asegure el material de vallado sujetándolo a cada poste con cuatro ataduras de alambre galvanizado (de calibre no inferior a 12), y teja el material entre los postes de modo que uno de cada dos postes tenga vallado en el lado que da al mar.

Si la base de una valla de arena se coloca al ras de suelo, las dunas se acumularán sobre la estructura. Si la base se eleva entre cuatro y seis pulgadas (entre 10 y 15 centímetros) por encima del suelo, las dunas se formarán en el lado de la estructura situado a sotavento, y la valla podrá recuperarse para reutilizarse a medida que se formen las dunas.

Las vallas de arena situadas en la playa pública deberán situarse lo más lejos posible de la costa y no podrán extenderse más de 20 pies (6 metros) hacia el mar desde la línea de vegetación, previa aprobación de la GLO.

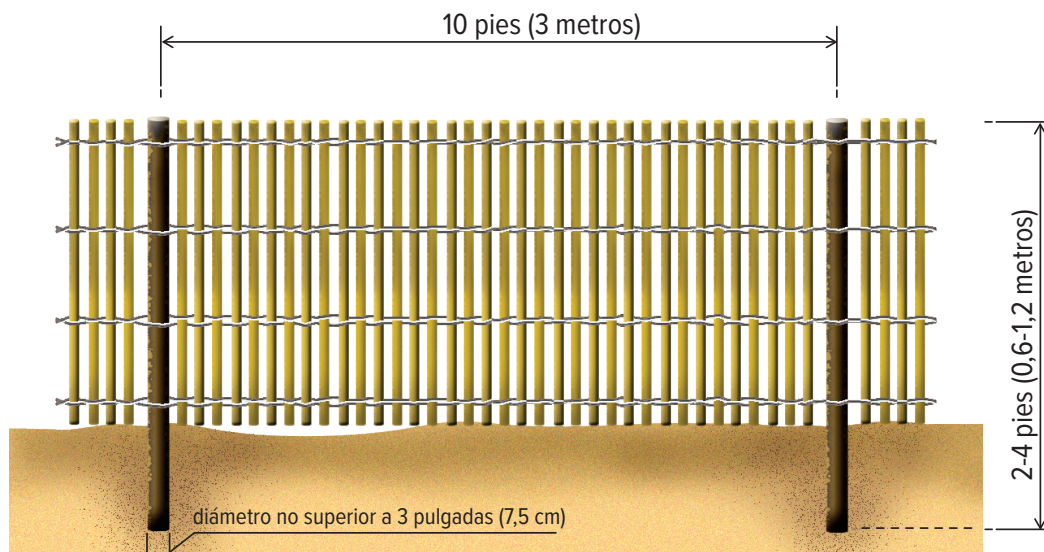


Figura 18. Especificaciones del vallado de arena para la construcción de dunas.

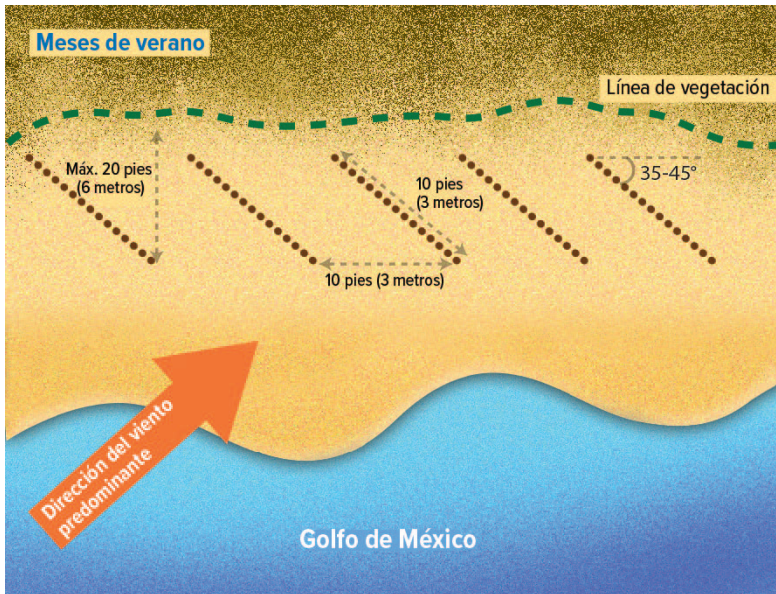


Figura 19. Colocación recomendada de vallas de arena durante la temporada de anidamiento de las tortugas marinas.

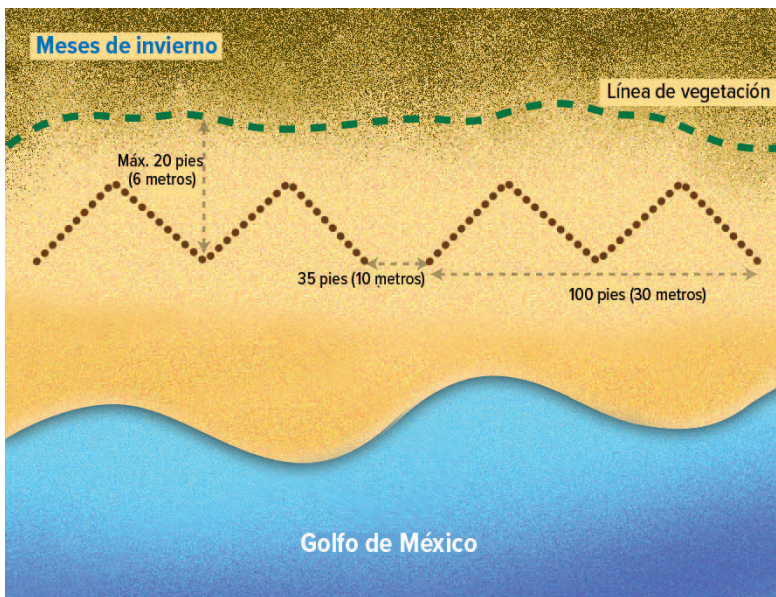


Figura 20. Colocación opcional de vallas de arena fuera de la temporada de anidamiento de las tortugas marinas.

Durante la temporada de anidación de tortugas marinas en Texas, del 15 de marzo al 1 de octubre, las vallas de arena no deben medir más de 10 pies (3 metros) de largo y deben colocarse en segmentos espaciados a una distancia mínima de 10 pies (3 metros) (**Figura 19**). El vallado de arena también debe colocarse de cara a la dirección predominante del viento y en un ángulo de 35 a 45 grados con respecto a la costa. Esta configuración es óptima para ayudar a proteger a las tortugas marinas que anidan, pero los expertos en tortugas marinas siguen recomendando no utilizar vallas de arena durante los meses de marzo a septiembre, ya que las tortugas marinas que anidan pueden quedar atrapadas o inhibidas fácilmente por las vallas. El vallado discontinuo de arena también crea corredores de viento y arena para la deposición entre el vallado.

Del 1 de octubre al 14 de marzo, las vallas de arena pueden disponerse paralelas a la orilla en forma de V siempre que no superen los 100 pies (30 metros) de longitud y se coloquen en segmentos con una separación mínima de 35 pies (10 metros) (**Figura 20**).

Se pueden utilizar configuraciones alternativas de vallas de arena para reparar brechas en el complejo de dunas o zonas de lavado con la aprobación de la GLO.

Material orgánico de matorrales

Los matorrales y las algas también pueden utilizarse para construir dunas, siempre que los montones no sean demasiado densos y el aire pueda fluir dentro de ellos. Los montones de material orgánico de matorrales demasiado densos o grandes pueden provocar la socavación o erosión de las propiedades adyacentes. Los árboles de Navidad también pueden ser un material eficaz para construir dunas si se utilizan en una región con gran cantidad de arena arrastrada por el viento y se colocan a una altura suficiente para evitar la acción de las olas. Los árboles de Navidad, las algas y los matorrales pueden sujetarse con estacas de un material orgánico y biodegradable, como la madera.

No podrán utilizarse para la construcción de dunas restos inorgánicos como sacos de arena, rocas, mamparos, escollera, escombros de asfalto, hormigón o neumáticos. Estos materiales no son biodegradables y suponen un riesgo para la seguridad.

CONSTRUCCIÓN CON ARENA IMPORTADA

Algunas playas de Texas, sobre todo en la costa alta, carecen de arena. La acumulación natural de arena se produce muy lentamente, y pueden pasar hasta 20 años para que se forme una duna de seis pies (dos metros) de altura. Incluso con las estructuras de construcción de dunas, el proceso es lento. En las zonas donde el suministro de arena es limitado, la arena está saturada o se impide que sopla, las dunas pueden construirse con arena importada.

La arena para la construcción de dunas no debe extraerse de la playa ya que si se hace esto, se priva a las zonas donantes del material necesario para el mantenimiento de la playa y las dunas, y puede aumentar la erosión. La retirada de arena y otros materiales de las islas y penínsulas de barrera está estrictamente regulada por las leyes estatales (véase "Leyes de acceso a la playa y protección de dunas"). La arena para la construcción de dunas puede obtenerse de proveedores de materiales de construcción o empresas cementeras (véase "Dónde obtener ayuda" para obtener una lista de posibles proveedores de arena de calidad de playa en su zona).

El contenido de sal de la arena utilizada para construir dunas no debe superar las cuatro partes por mil (ppt). Las concentraciones de sal más elevadas inhibirán el crecimiento de las plantas. Por este motivo, el material de desecho recién dragado no suele ser una buena fuente de arena para los proyectos de construcción de dunas. Si se va a utilizar material dragado, se puede reducir su salinidad dejándolo reposar hasta que la lluvia drene la sal. Dependiendo del material, puede tardar entre seis meses y tres años. Un laboratorio local de análisis de suelos puede realizar pruebas de salinidad en un lugar determinado (véase "Dónde obtener ayuda").

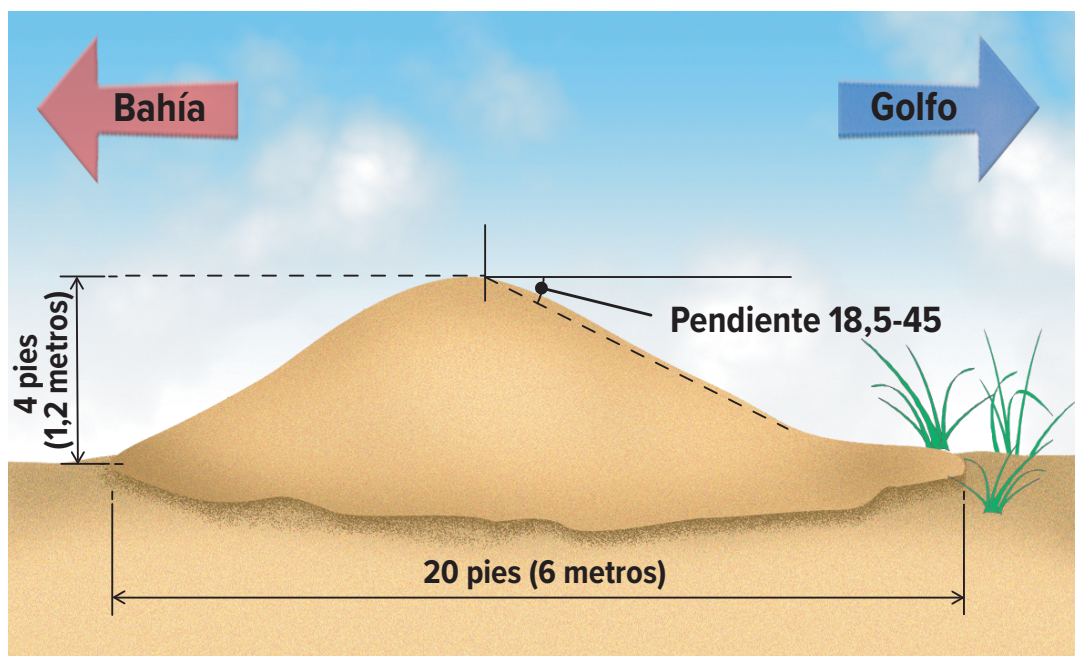


Figura 21. Altura, anchura y pendiente mínimas de una duna construida con arena importada.

La arena importada debe ser similar en color, tamaño de grano y contenido mineral a la arena del lugar de construcción de la duna. Si la arena nativa se cubre con sedimentos más finos importados, estos se erosionarán rápidamente.

Las dunas artificiales deben tener en general la misma altura, pendiente, anchura y forma que las dunas naturales de los alrededores. Por lo general, no deben tener menos de cuatro pies (1,2 metros) de altura con una inclinación de no más de 45 grados (una elevación de un pie, o 30 centímetros, por cada pie horizontal). Es preferible una pendiente de unos 18,5 grados (una elevación de un pie, o 30 centímetros, por cada tres pies, o 90 centímetros, horizontales). La anchura inicial de la base de la duna debe ser de al menos 20 pies (6 metros). Una duna con una base más pequeña no alcanzará una altura suficiente para proteger de las tormentas (**Figura 21**).

Más concretamente, en el condado de Nueces y en la ciudad de Corpus Christi, se recomienda una cresta dunar frontal continua de al menos 14 pies (4,3 metros) de altura con una anchura mínima de 350 pies (106 metros) y una cubierta vegetal de al menos el 50 por ciento. En la ciudad de Port Aransas, se recomienda una cresta dunar frontal continua con una altura mínima de 10 pies (3 metros), una anchura mínima de 100 pies (30 metros) y una cubierta vegetal del 85 por ciento. En la ciudad de Galveston y en el condado de Galveston, las dunas restauradas deben construirse con una pendiente de 3:1, a una altura media del 75 por ciento de la cota de inundación base de la isla, con una cubierta vegetal superior al 50 por ciento y sin extenderse hacia el mar más allá de una elevación de 4,1 pies (1,2 metros) desde el nivel medio del mar. En la ciudad de South Padre Island, se recomienda un sistema de dunas con una cubierta vegetal mínima del 85 por ciento y con elevaciones de dunas primarias e interdunas de 10 pies (3 metros), con algunas dunas que alcancen una elevación óptima de 12 pies (3,7 metros) o superior. En el condado de Cameron, se recomienda una cresta de dunas continua con una altura de al menos 16 pies (4,9 metros) y un ancho de base mínimo de 200 pies (60 metros) que contenga 575 pies cúbicos (175 metros cúbicos) de volumen de arena por pie/metro lineal por encima de la elevación de la inundación base. Estas recomendaciones se encuentran en el Plan de Respuesta a la Erosión de cada gobierno local.

Cuando haya suficiente arena, construya dunas ligeramente hacia tierra desde el lugar donde se formarían dunas frontales de forma natural para permitir la expansión natural hacia el mar. Por lo general, las dunas no pueden construirse a más de 20 pies (6 metros) hacia el mar de la línea de vegetación, a menos que exista una demostración de que las dunas se formarían naturalmente más hacia el mar y no interferirán con la capacidad del público para utilizar la playa durante la actividad de marea normal. Las dunas construidas demasiado cerca del Golfo pueden ser destruidas por la acción de las olas incluso durante tormentas menores y pueden interferir con el acceso público a lo largo de la playa.

Los sedimentos finos, arcillosos o limosos, las estructuras duras o de ingeniería y los materiales como mamparos, escolleras, hormigón, asfalto u otros elementos no biodegradables no podrán utilizarse para restaurar las dunas.

Se han colocado estructuras de protección del litoral, como diques y escolleras, a lo largo de diferentes partes de la costa. Aunque estas estructuras protegen las infraestructuras públicas y las propiedades situadas frente a ellas, no se consideran dunas y no deben utilizarse como método o núcleo para la restauración de dunas. Estas estructuras no proporcionan el mismo hábitat para la flora y la fauna que las dunas, ni almacenan y suministran arena al sistema de playas.

MITIGACIÓN O COMPENSACIÓN DE LOS IMPACTOS EN LAS DUNAS Y VEGETACIÓN DUNAR

Cuando se construyen viviendas u otras estructuras en la zona de dunas críticas, a menudo se producen impactos adversos inevitables sobre las dunas y la vegetación de dunas. Si las dunas y la vegetación de dunas se ven afectadas negativamente por la construcción, la Ley de Protección de Dunas exige la mitigación, o restauración, de esos daños.

Al mismo tiempo que se obtiene un certificado de construcción frente a la playa y un permiso de protección de dunas, debe presentarse al gobierno local y a la GLO un plan de mitigación que demuestre que se seguirán los siguientes pasos, denominados secuencia de mitigación:

- 1. Evasión:** evitar por completo los efectos negativos sobre las dunas y la vegetación dunar no realizando una determinada acción o partes de una acción. Ejemplo: localizar la construcción en una zona donde no se encuentran dunas críticas ni vegetación dunar.
- 2. Minimización:** reducir al mínimo los efectos negativos sobre las dunas y la vegetación dunar limitando el grado o la magnitud de la acción y su ejecución. Ejemplo: reducir el tamaño de la zona que se verá afectada.
- 3. Mitigación:** reparar, rehabilitar o restaurar las dunas y la vegetación dunar dañadas.
- 4. Compensación:** sustituir las dunas y la vegetación dunar, ya sea in situ o fuera de las dunas.

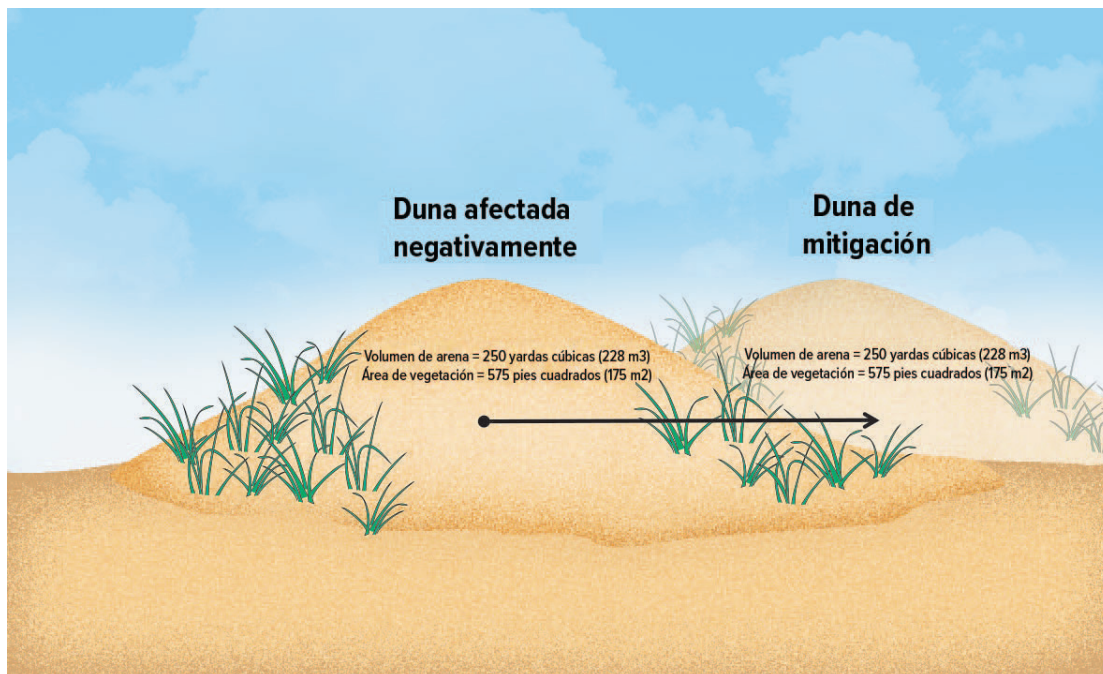


Figura 22. Un ejemplo de mitigación 1:1.

Cada paso de la secuencia de mitigación debe demostrarse en el plan de mitigación. Si los impactos adversos sobre las dunas y la vegetación dunar han sido (1) evitados y (2) minimizados en lo más posible, entonces los impactos deben contabilizarse ya sea reparando o restaurando las dunas y la vegetación dunar dañadas en un (3) proyecto de mitigación o proporcionando dunas y vegetación dunar sustitutivas en un (4) proyecto de compensación.

El volumen de dunas y los pies o metros cuadrados de vegetación de dunas en un proyecto de mitigación o compensación deben ser iguales o superiores al volumen de dunas y los pies o metros cuadrados de vegetación de dunas que resultaron dañados o perjudicados. Esto se llama mitigación 1: 1 (**Figura 22**)

Los proyectos de mitigación y compensación deben situarse lo más cerca posible de la zona en la que las dunas y la vegetación dunar sufrieron el impacto negativo, con el fin de proporcionar un nivel similar de protección frente al Golfo. Los proyectos de indemnización solo pueden llevarse a cabo fuera del emplazamiento (es decir, en una propiedad distinta de donde se produjeron los daños) si no es posible ubicar la indemnización en el mismo lugar.

Al elaborar un plan de mitigación, el proceso de construcción y restauración de dunas debe seguir los mismos métodos descritos en este documento de orientación. La ubicación, el contorno, el volumen, la elevación, la cubierta vegetal y el contenido de sedimentos de las dunas en los proyectos de mitigación y compensación deben ser similares a las dunas formadas naturalmente en la zona.

La mitigación o compensación de los efectos adversos sobre las dunas y la vegetación dunar debe comenzar antes o al mismo tiempo que la construcción y debe continuar hasta que las dunas y la vegetación dunar restauradas sean iguales o superiores a las dunas y la vegetación dunar preexistentes. Las dunas de mitigación o compensación y la vegetación de las dunas deben preservarse y mantenerse hasta que el gobierno local determine que el proyecto de mitigación o compensación se ha completado, lo que significa que la forma, el tamaño y la cubierta vegetal del proyecto de restauración de dunas será igual o mayor que los de las dunas naturales circundantes.

El tiempo necesario para restaurar las dunas y la vegetación dunar puede variar en función del clima, la época del año, la humedad del suelo, la estabilidad de las plantas y la actividad de las tormentas. Por este motivo, los titulares de permisos disponen de tres años para completar la mitigación o compensación tras iniciar los esfuerzos de restauración.

PASEOS DE DUNAS

Los daños causados a las dunas por el tráfico peatonal pueden evitarse utilizando pasarelas elevadas para acceder a la playa. Si los pasos peatonales están convenientemente situados cerca de los caminos de acceso, las zonas de aparcamiento, las subdivisiones frente a la playa y las instalaciones públicas, será menos probable que los peatones recorran senderos a través de las dunas. Además, la realización de paseos puede aumentar la concienciación pública sobre la importancia de las dunas y fomentar la apreciación de la sensibilidad del entorno dunar (**Figura 23**). Los paseos por las dunas deben ser compartidos entre múltiples propietarios y subdivisiones cuando sea posible, con el fin de reducir los impactos en el sistema de dunas por la proliferación de senderos.

El paseo debe comenzar detrás de la zona de dunas críticas y terminar justo al lado del mar de las dunas o de la línea de vegetación, donde no interfiera con el uso público de la playa durante la marea alta normal. La estructura debe orientarse en ángulo respecto a la dirección predominante del viento. De lo contrario, el viento que sopla directamente hacia arriba en la trayectoria del paseo puede impedir el crecimiento de la vegetación bajo él, erosionar la arena del extremo que da al mar y aumentar la posibilidad de que se produzcan lavados o deflaciones.

NORMAS DE CONSTRUCCIÓN

La madera es el material de construcción preferido para los pasos de peatones porque es menos costosa que el metal, no acumula ni retiene el calor como este y se adapta fácilmente a diversos diseños. Aunque hay algunas pasarelas fabricadas con plástico polivinílico, se puede utilizar madera tratada y tornillos galvanizados. Se desaconseja el uso de madera tratada con productos peligrosos o tóxicos, como la creosota. Las directrices estructurales básicas para los paseos se detallan en la **Figura 24**.

La anchura de un paseo de dunas o estructura similar debe limitarse a cuatro pies (1,2 metros) de ancho. Una anchura mayor de hasta seis pies (1,8 metros), excluidas las zonas de paso limitadas, solo debería permitirse para los paseos de acceso público, los paseos compartidos para tres o más residencias, o para el uso de sillas de ruedas o carritos de golf. Los paseos de dunas con una anchura superior a seis pies (1,8 metros) deben limitarse a los paseos de dunas públicos. Si el paseo se utiliza con poca frecuencia, se recomienda una anchura de dos pies (60 centímetros).



Figura 23. Paseo de duna.

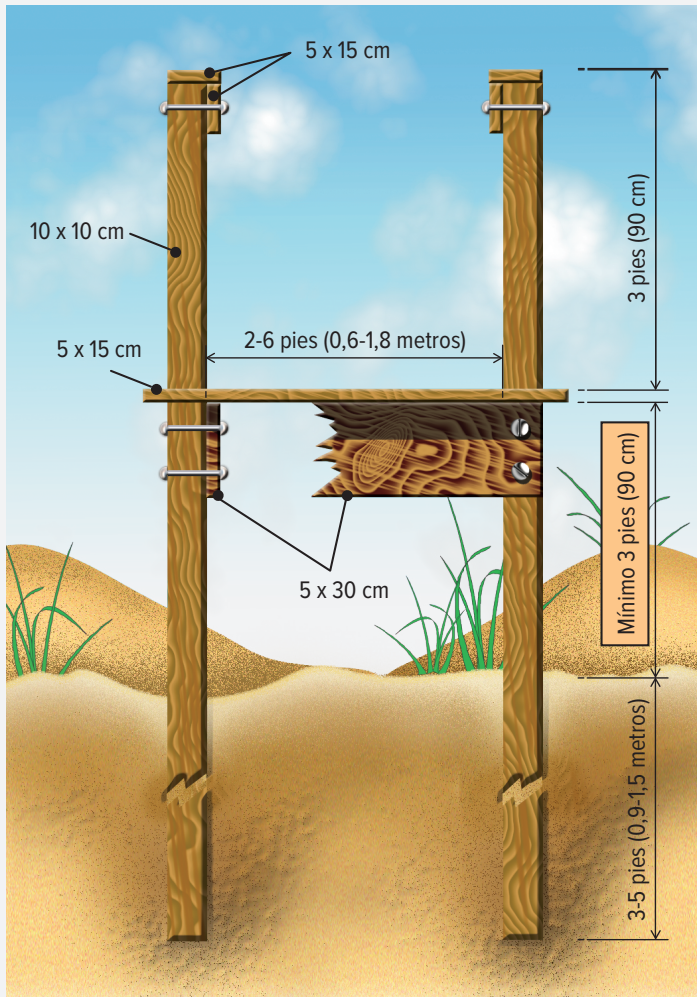


Figura 24. Detalles de construcción de un paseo de dunas.

El nivel más bajo del paseo debe tener una elevación suficiente para acomodar los aumentos previstos en la altura de las dunas. Como mínimo, el nivel más bajo de un paseo de dunas con una anchura de cuatro pies (1,2 metros) o menos debe construirse a una altura de al menos tres pies (90 centímetros) por encima del punto más alto de la cresta de la duna más alta por debajo e inmediatamente adyacente al paseo de dunas. El nivel más bajo de un paseo de dunas con una anchura superior a cuatro pies (1,2 metros) debe construirse a una altura de al menos cuatro pies (1,2 metros) por encima del punto más alto de la cresta de la duna más alta.

Separe los listones que forman la cubierta del paseo elevado 1/2 pulgada (1,2 centímetros) para que la luz del sol y la lluvia puedan penetrar hasta la vegetación que hay debajo y para que no se acumule arena en la cubierta.

Coloque los pilares de apoyo lo más separados posible a lo largo de la estructura. Se recomienda una distancia de al menos seis pies (1,8 metros) entre pares de pilares. Implante los pilares al menos tres pies (90 centímetros) en el suelo para garantizar la estabilidad. Se aconseja una profundidad de cinco pies (metro y medio) o más para permitir la erosión alrededor de los muelles durante las tormentas. Instale los pilares con una barrena manual o una excavadora de hoyos en lugar de con un tractor.

Los pilares del paseo no deben colocarse con cemento, ya que está prohibido el uso de hormigón para estabilizar los pilotes del paseo de las dunas. Cualquier daño en la zona de dunas debe ser autorizado por el gobierno local y reparado lo antes posible.

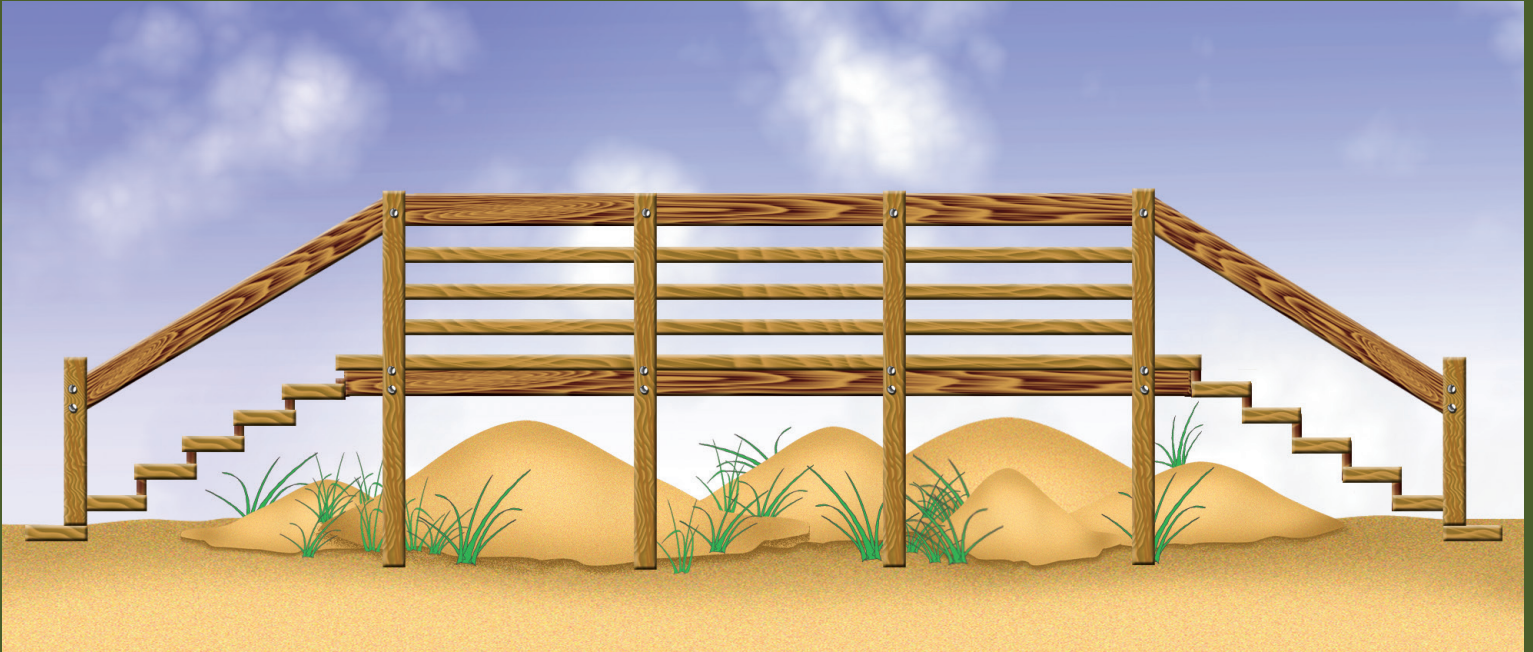
Se recomienda instalar barandillas a ambos lados del paseo como medida de seguridad y para disuadir a la gente de saltar a las dunas. Las barandillas son especialmente recomendables en los paseos públicos y en los que se encuentran a gran altura del suelo. Las barandillas deben tener al menos tres pies (90 centímetros) de altura.

Para todas las nuevas construcciones de paseos de dunas públicas en zonas en las que esté prohibida la circulación de vehículos en la playa pública y a lo largo de la misma, los gobiernos locales deberán construir los senderos de forma que sean accesibles para las personas con discapacidad, siempre que sea factible. Las directrices para la construcción de un paseo de dunas accesible para personas con discapacidad se encuentran en la Guía de Accesibilidad a Playas de Texas de la GLO.

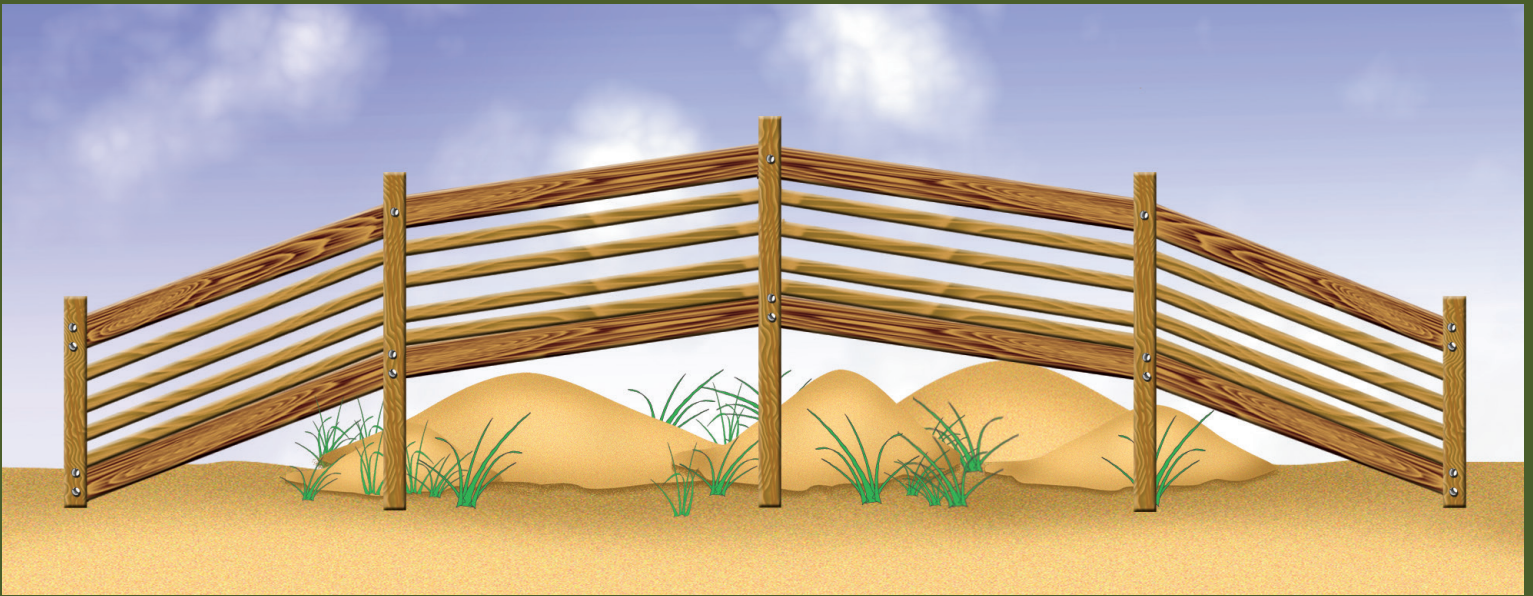
Los pasos de peatones deben inspeccionarse periódicamente y repararse con prontitud cuando sea necesario. Para evitar daños en las dunas, los trabajadores deberán acceder a la zona de dunas a pie y no en vehículo.

DISEÑOS DE LOS PASEOS

Las **Figuras 25 A y B** muestran dos de los diseños más comunes para paseos de dunas en Texas y son variaciones de la estructura común apoyada en pilares que emplea pilares de postes telefónicos o pilares de postes de vallas. El diseño A tiene una cubierta plana con escalones en cada extremo. El diseño B tiene rampas en lugar de escalones, y la cubierta está arqueada donde las formaciones de dunas son más altas. Antes de la construcción, consulte con el inspector de obras local las especificaciones preferidas para el paseo de dunas.



(A) Pilar apoyado con escalones



(B) Pilar apoyado con rampas

Figura 25. Diseños de los paseos de dunas.

ACCESO A LA PLAYA Y DRENAJE

VÍAS DE ACCESO

La necesidad de caminos públicos para proporcionar acceso a las playas a menudo entra en conflicto con la necesidad de proteger las dunas; sin embargo, el daño a las zonas de dunas por las vías de acceso puede reducirse al mínimo si los caminos están diseñados adecuadamente.

Los caminos construidos en paralelo a la costa deben situarse lo más lejos posible de las dunas. Siempre que sea posible, los caminos de acceso a la playa construidos perpendicularmente a esta deberán situarse en zonas de inundaciones o deflaciones, siguiendo los contornos naturales del terreno.

Los caminos de acceso a la playa deben orientarse en ángulo con la dirección predominante del viento. Esto reducirá la posibilidad de que el agua y el viento se canalicen a lo largo de ellos y erosionen las dunas a los lados de los cortes del camino (Figura 26). Las vías de acceso cercanas a las playas deben elevarse (de forma similar a un badén) cerca de la cresta dunar frontal para reducir la canalización del agua durante las mareas altas (Figura 27).

Para minimizar la destrucción de las dunas, los caminos de acceso deben ser lo más estrechos posible. Toda zona de dunas dañada durante la construcción del camino deberá ser revegetada. Se pueden utilizar vallas de arena para retardar la erosión a los lados de los caminos.

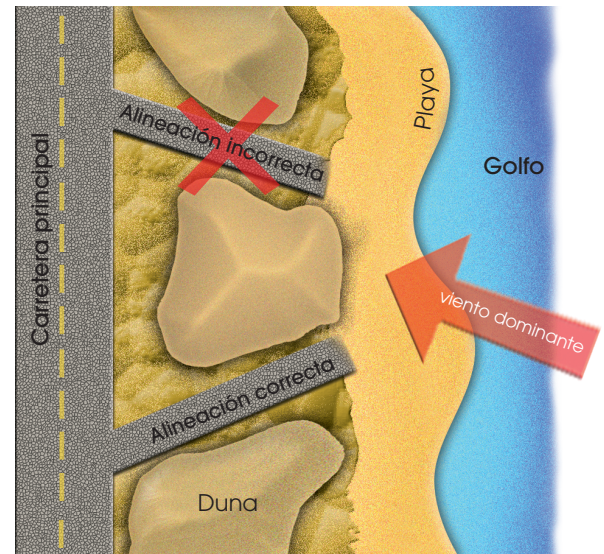


Figura 26. Alineación de las vías de acceso a la playa.

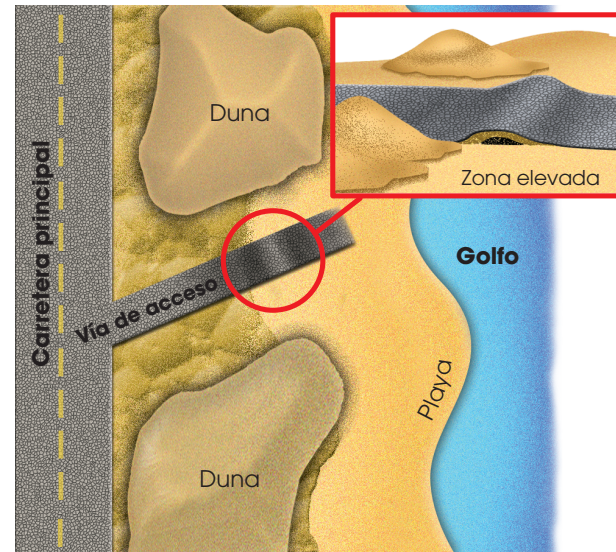


Figura 27. Elevación de las vías de acceso a la playa en el cruce de playas.

DRENAJE

En una isla barrera no urbanizada, el agua de lluvia suele filtrarse en el suelo o drenar hacia aguas abiertas. A medida que se desarrolla una isla y se cubre el terreno con edificios y pavimento, se reduce la cantidad de superficie terrestre permeable expuesta a absorber las precipitaciones y aumenta la escorrentía. En las islas barrera con un denso desarrollo urbano o en zonas donde se ha alterado el contorno del terreno, la escorrentía de las tormentas no sigue el curso natural hacia el Golfo y puede crear un lavado o desbordamiento, lo que provoca la inundación de propiedades situadas frente a la costa. Además, el lavado expone los terrenos y edificios situados detrás de las dunas a nuevas inundaciones por la marejada ciclónica.

Los patrones de drenaje resultantes de la construcción no deben erosionar las dunas, la playa pública ni las propiedades adyacentes. Las normas de la Oficina General de Tierras exigen que los nuevos canales se dirijan tierra adentro en lugar de atravesar las dunas críticas en dirección al golfo. Los daños a las dunas y a las propiedades situadas detrás de ellas pueden prevenirse o detenerse mediante la instalación de un estanque de retención que recoja y contenga el agua de lluvia hasta que pueda filtrarse al suelo. Las cunetas artificiales o naturales pueden servir para este fin. El estanque de retención debe ser lo suficientemente grande como para contener el volumen previsto de escorrentía y estar situado donde reciba la máxima cantidad de drenaje (**Figura 28**). Un profesional cualificado debe diseñar el sistema y supervisar su construcción.

Puede encontrar más información sobre la gestión de aguas pluviales y la contaminación costera por fuentes no puntuales en el sitio web Clean Coast de la GLO: cleancoast.texas.gov.

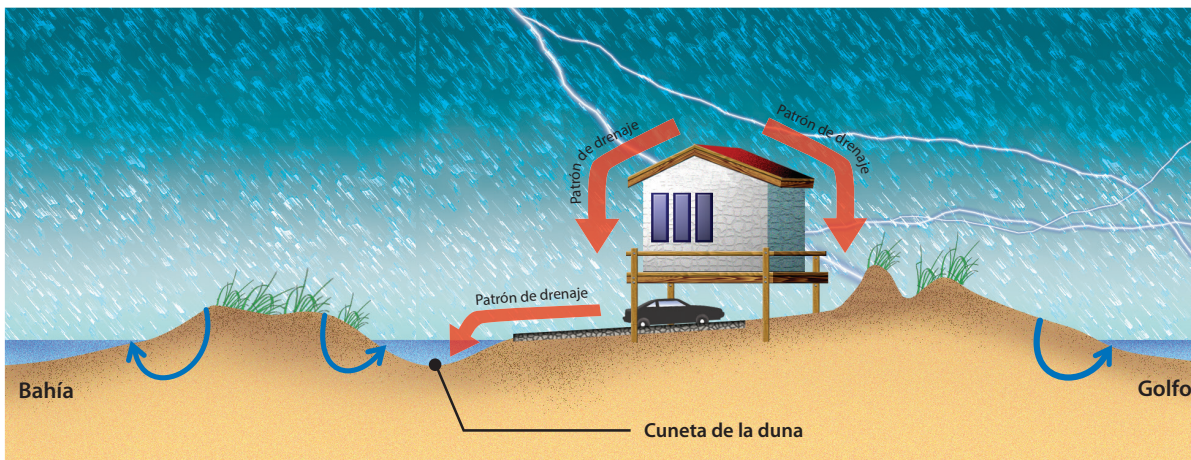


Figura 28. Utilización de un estanque de retención para el drenaje.

MANTENIMIENTO DE LA PLAYA

El mantenimiento de las playas se define como la limpieza o retirada de los residuos de la playa o la redistribución de las algas en la primera línea de playa mediante recogida manual, rastrillado o medios mecánicos. Los gobiernos locales pueden llevar a cabo o autorizar actividades de mantenimiento de las playas con el fin de facilitar el acceso a las mismas, siempre que tales actividades no debiliten materialmente las dunas o la vegetación dunar y no den lugar a una redistribución significativa de la arena ni alteren significativamente el perfil de la playa o la línea de vegetación.

La GLO anima a retirar la basura y otros residuos a mano o rastrillando y desaconseja encarecidamente el uso de máquinas que alteran el equilibrio natural de ganancias y pérdidas en el presupuesto de arena y el ciclo natural de nutrientes.

Sargazo

Una de las actividades de mantenimiento de playas más comunes es la redistribución de algas o *sargazo* del Golfo, a menudo por medios mecánicos. Las algas se retiran de la línea de algas y se colocan en zonas bajas o brechas dentro del complejo dunar primario o en el pie de las dunas inmediatamente adyacentes a la línea de vegetación.

El sargazo alberga muchos animales, incluidas las tortugas marinas, mientras flota en el agua y puede servir tanto de protección como de fuente de alimento en la playa. El *sargazo* también ayuda a proteger la arena de la erosión provocada por el viento y las olas, y favorece el desarrollo de dunas embrionarias o montículos de dunas. El *sargazo* puede ser beneficioso si se deja en la primera línea de playa, pero también puede ayudar a proteger y construir sistemas dunares si se coloca en la punta de las dunas.

LEYES DE ACCESO A LA PLAYA Y PROTECCIÓN DE DUNAS

Cualquier grupo o individuo que planea emprender un proyecto de protección o mejora de dunas en la costa de Texas debe conocer las leyes y normativas federales, estatales y locales que se aplican a la acción propuesta.

DIRECTRICES FEDERALES

En 1987, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU., el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EE. UU., la Agencia de Protección del Medioambiente de EE. UU. y el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de EE. UU. (entonces Servicio de Conservación de Suelos) redactaron el Manual Federal para la Identificación y Delimitación de Humedales Jurisdiccionales. Es necesario obtener permisos federales del Cuerpo de Ingenieros para realizar actividades en estas zonas. Los humedales jurisdiccionales se identifican en función del tipo de planta, suelo e hidrología local.

En muchos casos, las actividades en dunas de arena costeras no afectarán a humedales jurisdiccionales y no se requerirá ningún permiso federal; no obstante, las cunetas estacionalmente húmedas entre dunas pueden considerarse humedales. Las preguntas sobre los humedales jurisdiccionales en Texas y los procedimientos para obtener los permisos adecuados pueden dirigirse al tribunal de comisionados del condado local o al Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU., Distrito de Galveston (véase "Dónde obtener ayuda").

La Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA por su sigla en inglés) clasifica todas las dunas frontales como "zonas costeras de alto riesgo" o "zonas de alta velocidad" (zonas V). Una "zona V" se define como "un área especial de riesgo de inundación que se extiende desde alta mar hasta el límite interior de una duna frontal a lo largo de la costa abierta, y cualquier otra área sujeta a la acción de olas de alta velocidad de tormentas o fuentes sísmicas".

Las dunas frontales se incluyen en las zonas V porque absorben lo peor del ataque de las tormentas. La FEMA exige normas de construcción más rigurosas en las zonas V y también prohíbe "cualquier alteración de las dunas provocada por el hombre que pueda aumentar los daños potenciales de las inundaciones". Para más información

sobre las zonas V y para obtener mapas de inundaciones, póngase en contacto con un representante de la FEMA o con el coordinador local de zonas inundables. La Junta de Desarrollo de Agua de Texas es la Oficina Estatal de Coordinación del Programa Nacional de Seguros contra Inundaciones (véase "Dónde obtener ayuda").

LEYES ESTADUALES

La Ley de Playas Abiertas (Capítulo 61 del Código de Recursos Naturales de Texas), aprobada por la Legislatura de Texas en 1959, codificó el derecho consuetudinario del público a acceder libremente y sin restricciones a la "playa pública", que se extiende desde la línea de bajamar media hasta la línea de vegetación en la costa que bordea el Golfo de México. La ley prohíbe impedir o dificultar el acceso o el uso de las playas públicas erigiendo barreras o colocando carteles que declaren una playa cerrada al público. La ley también obliga a los gobiernos locales a crear planes de acceso y uso de las playas para preservar y mejorar el acceso y el uso de las playas públicas de su jurisdicción.

La Ley de Protección de Dunas (Capítulo 63 del Código de Recursos Naturales de Texas), promulgada en 1973 y modificada por la Legislatura de Texas en 1991, exige que el tribunal de comisionados de cualquier condado con playas públicas lindantes con el Golfo de México establezca una línea de protección de dunas en la costa del Golfo. Este requisito se aplica a la costa continental frente al Golfo abierto, así como a la costa del Golfo de islas y penínsulas. El condado puede permitir que el órgano de gobierno de un municipio asuma esta responsabilidad dentro de sus límites corporativos y jurisdicción extraterritorial. La línea de protección de dunas puede establecerse hasta 1000 pies (305 metros) hacia tierra desde la línea de pleamar media. Se requiere un permiso de protección de dunas del tribunal de comisionados del condado o de la ciudad para la mayoría de las actividades mar adentro de la línea.

Certificado de construcción frente a la playa y permiso de protección de dunas

Todas las actividades de construcción dentro de los 1000 pies (305 metros) de pleamar media o hacia el mar de la primera vía pública, lo que sea mayor, deben ser autorizadas por un certificado de construcción frente a la playa y todas las actividades hacia el mar de la línea local de protección de dunas deben ser autorizadas por un permiso de protección de dunas. La construcción implica la edificación, el terraplenado, el relleno, el desbroce, la excavación o la mejora o alteración sustancial del terreno o de cualquier estructura, e incluye cualquier impacto en las dunas de arena o en la vegetación dunar.

Para obtener un certificado de construcción para la primera línea de playa y un permiso de protección de dunas, hay que presentar una solicitud a la administración local que concede los permisos. Una vez que el gobierno local recibe una solicitud completa que contiene toda la documentación necesaria, la solicitud se envía a la Oficina de Tierras para que la revise y formule observaciones. Una vez que el gobierno local haya recibido los comentarios de la Oficina de Tierras, podrá aprobar la construcción propuesta y expedir un certificado de construcción frente a la playa y un permiso de protección de dunas si determina que las actividades propuestas son coherentes con su plan de protección de dunas y acceso a la playa.

Las preguntas sobre la normativa de dunas de playa o el proceso de concesión de permisos deben dirigirse al tribunal de comisionados del condado, la ciudad o la Oficina de Tierras (véase "Dónde obtener ayuda").

Plan de gestión costera de Texas

El Programa de Gestión Costera de Texas (CMP por su sigla en inglés) es un programa en red aprobado por el gobierno federal que trabaja para mejorar la gestión de los recursos naturales costeros de Texas. El CMP une los conocimientos y la experiencia de ocho (8) agencias del estado y cuatro (4) representantes designados por el Comisionado, conocidos colectivamente como Comité Asesor de Coordinación Costera (CCAC por su sigla en inglés), para asesorar y tomar decisiones que garanticen la productividad ecológica y económica a largo plazo de la costa de Texas. El CMP recibe fondos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica que permiten a la Oficina de Tierras administrar subvenciones para proyectos costeros. Además, el CMP revisa las acciones, actividades, licencias, permisos y solicitudes de ayuda federal emitidas en el marco de otros programas federales para comprobar su coherencia con los objetivos y políticas del CMP. El CCAC puede examinar las solicitudes de certificados de construcción frente a la playa y permisos de protección de dunas expedidos por las administraciones locales, fondos para la restauración de dunas y paseos, y certificaciones de planes de protección de dunas y acceso a la playa de las administraciones locales.

Ley de planificación y respuesta frente a la erosión costera

En 1999, la Asamblea Legislativa de Texas aprobó la Ley de Planificación y Respuesta a la Erosión Costera (CEPRA por su sigla en inglés) con el fin de proporcionar financiación a las comunidades costeras para proyectos que frenen los efectos de la erosión costera y del litoral. Los proyectos de restauración de dunas y alimentación de playas pueden financiarse a través de este programa. Las comunidades pueden presentar propuestas a la Oficina de Tierras para este tipo de proyectos.

Eliminación de sedimentos

Las secciones 61.211 a 61.227 del Código de Recursos Naturales de Texas regulan la retirada de arena, marga, grava y conchas de islas, penínsulas y terrenos situados a menos de 1500 pies (457 metros) de playas públicas continentales fuera de los límites corporativos. Debe obtenerse un permiso del tribunal de comisionados del condado correspondiente para la excavación de cualquiera de estos materiales, a menos que el material vaya a ser trasladado por un propietario, o con el consentimiento de este, de un lugar a otro de la misma propiedad. No se requiere permiso si la retirada la realiza oficialmente una entidad gubernamental, ya sea federal, estadual o local. Una ciudad, pueblo o población incorporada no podrá autorizar la retirada de arena, marga, grava o conchas de una playa pública situada dentro de sus límites para ningún fin que no sea la construcción de una instalación recreativa patrocinada por el público o una estructura de protección del litoral.

El Departamento de Parques y Vida Silvestre de Texas, en virtud del capítulo 86 del Código de Parques y Vida Silvestre, regula la alteración y retirada de marga, arena, grava, conchas o conchas de fango que se encuentren dentro de zonas de marea para cualquier fin que no sea el necesario o accesorio para la navegación o el dragado bajo autoridad estadual o federal. Las preguntas pueden dirigirse directamente a este departamento (véase "Dónde obtener ayuda").

DÓNDE OBTENER AYUDA

FEDERAL

Para las normas de construcción en terrenos inundables y zonas costeras de alta velocidad:

Agencia Federal de Gestión de Emergencias, Región VI
(940) 898-5399
www.fema.gov

Para información sobre permisos en humedales jurisdiccionales:

Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU. del Distrito de Galveston
(409) 766-3004
www.swg.usace.army.mil

Cuerpo de Ingenieros – Corpus Christi
(361) 814-5847

Para información sobre especies en peligro de extinción:

Servicios Ecológicos Costeros de Texas del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EE. UU.
Oficina de Campo de Houston
(281) 286-8282
Oficina de Campo de Corpus Christi
(361) 994-9005

ESTADUAL

Para más información sobre permisos de construcción costera:

Oficina General de Tierras de Texas Recursos costeros
(800) 998-4456
www.glo.texas.gov

Para obtener información sobre permisos ambientales para actividades dentro de los límites de la gestión costera de Texas y la solicitud conjunta de permisos o en terrenos sumergidos de propiedad estatal:

Centro de servicio de permisos de Corpus Christi de la Oficina General de Tierras de Texas
602 N. Staples St., Suite 240
Corpus Christi, TX 78401
(361) 886-1630

Centro de Servicio de Permisos de Galveston de la Oficina General de Tierras de Texas
Texas A&M University Galveston Campus
1001 Texas Clipper Road, Edificio 3026,
Puerta 912
Galveston, TX 77533
(409) 741-4057

Para más información sobre la retirada de arena, marga y grava de las aguas de marea:

Departamento de Parques y Vida Silvestre de Texas
(512) 389-4864
www.tpwd.texas.gov

Para cuestiones generales relacionadas con inundaciones:

Junta de Desarrollo de Agua de Texas
(512) 463-7847
www.twdb.texas.gov

CONDADOS COSTEROS

Condados costeros que administran programas de protección de dunas y construcción frente a la playa:

Condado de Jefferson
1149 Pearl Street, 5th floor (piso 5)
Beaumont, TX 77701-3619
(409) 835-8584

Condado de Chambers
Apartado de correos 1180
201 Airport Road
Anahuac, Texas 77514-1708
(409) 267-3623

Condado de Galveston
722 Moody, Suite 200
Galveston, Texas 77550
(409) 766-2244

Condado de Brazoria
451 North Velasco, Suite 210
Angleton, Texas 77515
(979) 864-1295

Condado de Matagorda
2200 7th Street
Bay City, Texas 77414-0571
(979) 244-2717

Condado de Nueces
Apartado de correos 18608
Corpus Christi, TX 78480
(361) 949-8121
Condado de Cameron
Apartado de correos 2106
South Padre Island, TX 78597-2106
(956) 761-5493

MUNICIPIOS COSTEROS

Municipios costeros que administran programas de protección de dunas y construcción frente a la playa:

Ciudad de Galveston
3015 Market St.
Galveston, TX 77550
(409) 797-3660
coastalresources@galvestontx.gov

Ciudad de Jamaica Beach
5264 Jamaica Beach Road
Jamaica Beach, TX 77554-8674
(409) 737-1142

Localidad de Surfside Beach
1304 Monument Dr.
Surfside, TX 77541
(979) 233-1531

Localidad de Quintana
814 N. Lamar
Quintana, TX 77541
(979) 233-0848

Ciudad de Port Aransas
710 W Ave A
Port Aransas, TX 78373
(361) 749-4111

Ciudad de Corpus Christi
2406 Leopard Street
Corpus Christi, TX 78408
(361) 826-3240

Ciudad de South Padre Island
4601 Padre Blvd
South Padre Island, TX 78597
(956) 761-3044

Ciudad de Freeport
200 W 2nd Street
Freeport, TX 77541
(979) 233-3526

FUENTES DE INFORMACIÓN SOBRE LA VEGETACIÓN

Instalaciones para pruebas de análisis de sedimentos:*

Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura
(817) 774-1261
www.tx.nrcs.usda.gov

Terracon Consultants Inc.
11555 Clay Road
Houston, TX 77043
(713) 690-8989

Centro de Materiales Vegetales Kika de la Garza
3409 N. FM 1355
Kingsville, TX 78363
(361) 595-1313

1740 W 4th St., Suite 101
Freeport, TX 77541-5051
(979) 705-4942

Centro Nacional de Investigación de Flora Silvestre Lady Bird Johnson
4801 La Crosse Avenue
Austin, TX 78739-1702
(512) 292-4200
www.wildflower.org

**Esta lista puede no ser exhaustiva y no constituye una aprobación por parte de la GLO.*

Texas A&M University – Galveston
Departamento de Biología Marina
(409) 740-4528
www.tamug.tamu.edu/mars/

Servicio Ecológico Apache
27426 Dobbin Hufsmith Road
Magnolia, TX 77354
(281) 356-3135

INFORMACIÓN SOBRE LA CALIDAD DE LA ARENA DE LA PLAYA

Potenciales proveedores locales de arena de calidad de playa:*

Texas International Terminals
4800 Old Port Industrial Road
Galveston, TX 77554

Sorrell Construction, Equipment & Materials LLC
Apartado de correos 2049
Freeport, TX 77542

Olmito Sand Pit
5926 Maverick Rd
Brownsville, TX 78521

REFERENCIAS

- Barnett, M. R. y D. W. Crews**, editores. *An Introduction to Planting and Maintaining Selected Common Coastal Plants in Florida*. Florida Sea Grant Report No. 97. 1990.
- Carangelo, P. D.** *Biological Application for the Stabilization of Dredged Materials*, Corpus Christi, Texas: Upland Plantings. University of Texas Marine Science Institute, Port Aransas, Texas. 31 de agosto de 1979.
- Craig, R. M.** *Plants for Coastal Dunes of the Gulf and South Atlantic Coasts and Puerto Rico*. USDA, Soil Conservation Service Agriculture Information Bulletin 460. 1984.
- Dahl, B. E. y J. P. Goen.** *Monitoring of Foredunes on Padre Island, Texas*. Coastal Engineering Research Center. Miscellaneous Report No. 77-8. Ft. Belvoir, Virginia. Julio de 1977.
- Dahl, B.E. y D. W. Woodard.** *Construction of Texas Coastal Foredunes with Sea Oats (Uniola paniculata) and Bitter Panicum (Panicum amarum)*. Int. J. Biometeor, vol. 21, no. 3, pp. 267-275. 1977.
- Davis, Jr., R.A.** *Beaches of the Texas Gulf Coast*. Shore & Beach, vol. 81, no. 3. Verano de 2013.
- Department of Planning and Traffic, Galveston, Texas.** *Galveston Island Beach and Dune Management Plan*. Octubre de 1979.
- Department of Urban Planning and Transportation, Galveston, Texas.** *Dune Improvement Manual*. Septiembre de 1980.
- Feagin, R.A. y X. B. Wu.** *The Spatial Patterns of Functional Groups and Successional Direction in a Coastal Dune Community*. Rangeland Ecol. Manage. 60: 417-525. Julio de 2007.
- Jayschilz, S. A. y R. C. Wakefield.** *How to Build and Save Beaches and Dunes*. University of Rhode Island Agricultural Experiment Station. Marina Leaflet Series No. 4, Bulletin 408. 1971.
- Itzkin, M., L.J.M, P.R. y S.D.H.** *The effect of sand fencing on the morphology or natural dune systems*. Geomorphology, 352. Marzo de 2020.
- Knutson, P. L.** *Planting Guidelines for Dune Creation and Stabilization*. Coastal Engineering Research Center Technical Aide No. 77-4. Ft. Belvoir, Virginia. Septiembre de 1977.
- Mendelssohn, I. A., M. W. Hester, F. J. Monteferrant y F. Talbot.** *Experimental Dune Building and Vegetative Stabilization in Sand-deficient Barrier Island Setting on the Louisiana Coast*. Journal of Coastal Research, vol. 7, no. 1. 1991.
- Morton, R. A., J. G. Paine y J. C. Gibeaut.** *Stages and Durations of Post-Storm Beach Recovery, Southeastern Texas Coast, U.S.A.* Journal of Coastal Research, vol. 10, No. 4. 1994.
- Morton, R., O. Pilkey, Jr., O. Pilkey y W. Neal.** *Living with the Texas Shore*. Duke University Press. Durham, N.C. 1983.
- Nordstrom, K. F., Beaches and Dunes of Developed Coasts: Cambridge University Press, Reino Unido 2000.**
Richardson, A. *Wildflowers and Other Plants of Texas Beaches and Islands*. 2002.
- Sloss, C. R., M. Shepherd y P. Hesp.** *Coastal Dunes: Geomorphology*. Nature Education Knowledge 3(10): 2. 2012.
- USDA, NRCS.** *The PLANTS Database* (<http://plants.usda.gov>, 18 de agosto de 2021). National Plant Data Team, Greensboro, NC. 2021.
- USDA, NRCS.** *Coastal Shoreline and Dune Restoration, Plant Materials Technical Note No: TX-PM-08-01*. Revisado en julio de 2011.
- USDA, NRCS, E. Centro de Materiales Vegetales "Kika" de La Garza.** *Evaluation of Construction Techniques in the Establishment of Coastal Sand Dunes, Final Report*. Marzo de 2008.
- USDA, Soil Conservation Service, Angleton, Texas.** *Dunes, A Resource Worth Protecting*. Documento no publicado. 1980.
- Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU. Shore Protection Manual.** Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, Mississippi. Volúmenes I y II. 1984.
- Woodhouse, W. W., Jr.** *Dune Building and Stabilization with Vegetation*. Coastal Engineering Research Center (79-75889). Special Report No. 3. Ft. Belvoir, Virginia. Septiembre de 1978.

COLABORADORES

Los colaboradores originales de este manual fueron Michael H. McKann, Jerry McAtee, John Campbell, Eddie Seidensticker, Ray Quay, Craig Stafford, John Taylor y Kimberly K. McKenna. Revisiones de Michelle Culver y Natalie Bell.

AGRADECIMIENTOS

Las revisiones críticas realizadas por el Instituto de Investigación Harte para estudios del Golfo de México, el Laboratorio Geoespacial Costero y Marino (*Coastal & Marine Geospatial Lab*) y por el personal de Recursos Costeros y Servicios Jurídicos de la Oficina de Tierras mejoraron el contenido de este manual.



**El Manual de protección y mejora de
dunas es una publicación de
la Oficina General de Tierras de Texas**

Apartado de correos 12873
Austin, Texas 78711-2873
1-800-998-4GLO
Octubre de 2021

La Oficina General de Tierras de Texas no discrimina por motivos de raza, color, origen, sexo, orientación sexual, edad o discapacidad en el empleo o la prestación de servicios. Para solicitar adaptaciones especiales, llame a la Dirección de Recursos Humanos/Coordinación de ADA al (512) 463-0902. Para ponerse en contacto con nosotros por TDD llame al (512) 463-5330 o a través de Relevo Texas al 1-800-735-2988, o envíe su solicitud por correo al apartado de correos 12873, Austin, Texas 78711-2873.