

USO SECTORIAL, PROBLEMAS Y RIESGOS EN LA ZONA COSTERA

Elisa Peresbarbosa Rojas, Patricia Moreno-Casasola y Ana Cecilia Travieso Bello

Los problemas costeros

Los **problemas costeros se definen como eventos** o procesos naturales o inducidos por el hombre que afectan al ambiente y a la sociedad de la zona costera (Viles y Spencer, 1995). Incluyen, entre otros, la contaminación de la playa, la erosión costera, el asolvamiento de cuerpos de agua y la pérdida de biodiversidad de ecosistemas costeros. Estos ejemplos muestran que muchos de ellos están asociados al uso que el hombre hace de la zona costera.

Además, hoy en día, el uso de la zona costera y los problemas que se generan tienen que abordarse teniendo en cuenta la elevación del nivel del mar que se está produciendo debido al calentamiento global (ver capítulo segundo sobre cambio climático global en la segunda sección). Aunque aún hay poca claridad y mucha discusión sobre la magnitud y tasas de elevación del mar y como es que cada costa en particular va a responder, es un hecho que este fenómeno existe. En este sentido, las respuestas ecológicas y geomorfológicas que tengan las zonas costeras en el ámbito local serán claves en el efecto que este incremento tenga en las poblaciones humanas y sus actividades.

El presente capítulo consta de varias secciones. En la primera se presentan los impactos que la gran diversidad de usos sectoriales producen en la zona costera. En la segunda aparecen un conjunto de recomendaciones mínimas que aseguran reducir el impacto de los usos sectoriales. La tercera describe los principales impactos y consecuencias de los usos sectoriales sobre el ambiente costero y analiza, para cada ecosistema costero, las degradaciones que el uso actual produce. Se concluye con un breve análisis sobre los peligros y amenazas para la zona costera.

Usos sectoriales de la zona costera

La zona costera es utilizada por múltiples actores y de diversas maneras. Estos usos generan problemas con dimensión ecológica, económica y social. La manera en que los múltiples actores de la zona costera interactúan y usan la costa tiene gran

importancia en la naturaleza y en las consecuencias de los problemas existentes. Muchos de los usos resultan antagónicos y generan conflictos entre usuarios que afectan una actividad u otra. Al mismo tiempo, tienen fuertes repercusiones ambientales.

Estas son actividades que implican el movimiento de diferentes tipos de embarcaciones a través de vías navegables de comunicación (ríos, lagunas, estuarios, esteros, mar territorial, canales artificiales).

Algunos de los principales impactos que se generan con esta actividad son: a) perturbación o destrucción de comunidades bentónicas debido al tránsito continuo de embarcaciones que ocasiona la resuspensión de sedimentos del fondo; b) contaminación del agua por aceites y otros productos que son liberados por descuidos en la operación y el transporte de embarcaciones; c) basura arrojada al agua desde barcos y otras embarcaciones; d) presencia de objetos flotantes que pueden traer problemas a la fauna acuática; e) desarrollo de infraestructura que apoya este tipo de actividades (muelles, embarcaderos, puertos, escolleras), cuya construcción ocasiona cambios en los flujos de agua y en los procesos de sedimentación.

Para el desarrollo de esta actividad de navegación, constantemente se llevan a cabo maniobras de dragado, reguladas por normas no actualizadas (que consideran a los sedimentos física y químicamente inertes). La actividad en sí misma ocasiona la destrucción de fondos y la alteración y destrucción de comunidades bentónicas. De haber comunidades arrecifales o pastos marinos cerca de las zonas de dragado, este tipo de comunidades se pueden ver seriamente afectadas por el incremento de los sedimentos en suspensión. El no considerar las recomendaciones de manejo puede traer como consecuencia la remoción y suspensión, así como la creación de rellenos altamente contaminados.

Otro de los problemas es la disposición del material dragado ya que tiene efectos directos e indirectos sobre otros ecosistemas. Frecuentemente su colocación en sitios inadecuados agrava más el problema.

Así mismo, se está incrementando el número de yates y botes de recreación, que demandan la construcción de facilidades, es decir, marinas y puertos de protección. En la mayor parte de nuestras costas aún no se da esta demanda, pero para poder contar con la categoría de gran turismo, se requiere la existencia de marinas y de campos de golf. En este sentido, se están impulsando mega proyectos que apuntan a la generación de este tipo de turismo, como es el caso de la escalera náutica en la costa oeste de Baja California y en el Golfo de California (ver capítulo sobre gestión del ordenamiento en la cuarta sección de este libro).

En resumen, algunos de los impactos que más preocupan por la mala planificación de este tipo de actividades son: el dragado y relleno de canales y fondeaderos; las alteraciones de humedales adyacentes que contienen especies importantes y que brindan servicios ambientales; los cambios en la circulación hidrológica que afectan las cargas de sedimentación y la calidad del agua; la alteración de los patrones de transporte biótico y abiótico; el impacto en la calidad del agua asociado a un aumento en desechos y derrames no periódicos de materiales peligrosos; una mayor demanda de agua dulce; el aumento en el número de empleos, el flujo demográfico; y los cambios en la base económica y en el carácter económico de la región.

El desarrollo de todo tipo de actividades en la zona costera (asentamientos humanos, turismo, puertos, ganadería y agricultura) requiere el contar con infraestructura que comunique a los diferentes poblados y ciudades. En general los costos de construcción de vías de comunicación en tierras bajas son más altos que en tierras altas, debido a la presencia de sedimentos blandos que no pueden soportar cargas y a la amenaza potencial de daños causados por tormentas, inundaciones y derrumbes. Uno de los principales problemas que se generan con la construcción de carreteras, terraplenes, colocación de ductos, puentes, etc., es que atraviesan ecosistemas costeros e interrumpen y transforman sus flujos de agua y sus ciclos hidrológicos. Este cierre da como resultado la rápida mortandad de plantas y animales debido al

estancamiento de agua, por un lado, y a la desecación de la otra parte que ya no recibe el flujo de agua de las escorrentías o del flujo de las mareas. Como efecto indirecto, también se modifica el arrastre de sedimentos que incrementa las tasas de asolvamiento en algunas partes del sistema. Si un área no se cierra totalmente, de igual forma, con el tiempo, se va deteriorando y transformando. Esto ocasiona pérdida y degradación de ecosistemas costeros, asolvamiento de cuerpos de agua, salinización o dulcificación de dichos cuerpos y disminución de la productividad de los ecosistemas.

Otro problema asociado es el que tiene que ver con el material de relleno que se utiliza para la construcción de la carretera, pues puede provenir de fuentes cercanas o de las tierras altas; en ambas situaciones se pueden estar generando problemas de erosión y deslaves. En otras los materiales de relleno provienen de áreas con altos grados de contaminación y a la larga van liberando a los ambientes contiguos los minerales y contaminantes.

En muchas ocasiones, se seleccionan inadecuadamente las zonas para la construcción de este tipo de infraestructura (se construye sobre materiales blandos y húmedos), y a largo plazo el resultado son hundimientos, ruptura de carreteras y un alto costo económico de mantenimiento. Para escoger el área sobre la que se coloca una carretera se deben conocer las características y dinámica de las zonas a lo largo del año, es decir, durante las distintas condiciones climáticas.

Operación de

Ésta es vital para el bienestar del hombre. La costa es un lugar favorito para esta industria debido a la protección que brindan los estuarios y lagunas, a la cantidad de agua disponible para el enfriamiento y a la disponibilidad de cuerpos de agua para la liberación de desechos. Ejemplo de ellos son las termoeléctricas y nucleoeeléctricas.

Algunos de los problemas identificados incluyen la muerte de fauna marina debido a las altas temperaturas de las aguas de descarga, al desecho de cenizas al aire, al desembarque de petróleo y carbón, al uso de compuestos químicos para limpiar los tubos condensadores dentro de la planta, la presencia de isótopos radioactivos creados por las plantas nucleares. En todos estos eventos, el monitoreo, es decir, el registro de lo que va ocurriendo a través del tiempo, es fundamental.

Un punto importante es la localización de este tipo de plantas en relación con la ubicación de ecosistemas costeros de gran importancia. Una planta mal situada puede causar mortandad de una gran cantidad de poblaciones de peces, organismos planc-tónicos, moluscos, microorganismos, además de causar el deterioro ecológico de las áreas aledañas.

Explotación de minerales.

En la zona costera existe una gran variedad de minerales que han sido utilizados y extraídos por el hombre desde hace siglos, como son: rocas, coral, conchas, arena, cal, fosfatos y bauxita. En general, los minerales marinos utilizados para la construc-ción son usados de manera local, mientras que los minerales industriales son amplia-mente exportados.

Los minerales de construcción como roca, arena, grava, conchas son utilizados en la preparación de cimientos para carreteras y edificios y en la composición de hormi-gón. La piedra caliza se usa como cal industrial, en la manufactura de acero y como ingrediente básico del cemento. Por lo general, los volúmenes utilizados son muy grandes y las fuentes preferidas están en la costa, en aguas relativamente someras.

Para obtener estos materiales, de forma regular los bancos son a) minados por medio de dragas mecánicas o hidráulicas; b) dinamitados; o c) extraídos por medio de ex-cavadoras, rozadoras y cargadoras. Algunos minerales deben ser separados mecáni-ca o químicamente del núcleo y los desechos deber ser liberados y llegan a repre-sentar problemas de contaminación. Otro problema es la extracción de corales para construcción, pues la fragilidad ecológica de estas comunidades y su lenta tasa de crecimiento hacen que deba evitarse su explotación.

Entre los problemas asociados con la explotación de minerales está la turbidez que resulta de los disturbios causados por los sedimentos del fondo y el goteo de agua cargada de sedimentos de limo. El exceso de turbidez tiene un efecto perjudicial sobre organismos filtradores, productores primarios, pastos marinos y comunidades arrecifales, entre otros. Los hoyos que son dejados como producto de la extracción se llenan de sedimentos blandos, que ocasionan que la vegetación asociada no pueda establecerse y produzca una continua resuspensión en caso de tormentas.

La explotación de arena de las playas puede traer consigo una severa erosión de las áreas corriente abajo que son normalmente alimentadas por los depósitos de arena extraídos. También trae consigo la alteración de la geomorfología de la costa, pérdida de litoral, desestabilización de dunas, problemas de erosión y de recesión del frente de playa.

La industria petrolera por lo general incluye operaciones de exploración, producción, refinación y transporte. Estas actividades generan amenazas para las pesquerías locales y los recursos costeros. Los derrames causados por explosiones de pozos, derrames de buques petroleros, rupturas de oleoductos y actividades de descarga pueden crear daños permanentes sobre los recursos costeros.

El petróleo es una sustancia natural formada a través de millones de años. Está constituido por miles de compuestos, entre ellos hidrocarburos alifáticos, aromáticos, policíclicos, heterocíclicos, etc. Los hidrocarburos policíclicos (HAP's) son los más tóxicos. Al ser una sustancia natural, hay algunas bacterias y hongos capaces de degradarlos, pero obviamente hay un límite a su capacidad. Los derrames agudos en general son resultado del transporte, ocasionando la muerte de varias hectáreas de ecosistemas costeros y de todos los organismos que ahí habitan, como puede ser el caso de manglares. Otro tipo de derrames es por la explosión de pozos petroleros fuera de la costa que trae consecuencias en el ambiente costero, ya que las manchas de petróleo son acarreadas al continente por las corrientes, el oleaje y las mareas. Otra causa es debida a rupturas en oleoductos.

Otro tipo de derrames son los crónicos, y están asociados a actividades: de refinación, operaciones de embarque y desembarque, y los causados por desechos arrojados en las perforaciones petroleras. Aunque el efecto de niveles bajos no es tan devastador como los derrames agudos, el potencial de bioacumulación y de absorción es muy alto. Los moluscos son un grupo de organismos que acumulan hidrocarburos y, por ello, se convierten en productos no aptos para el consumo humano.

Varía la sensibilidad que tienen los ecosistemas costeros a los diferentes tipos de derrames de petróleo. En general, entre mayor es el resguardo de la costa y mayor es el

tamaño de los granos de arena, mayor es la persistencia del petróleo derramado en las zonas intermareales. Los conflictos más fuertes entre recursos costeros e industria petrolera han ocurrido en regiones con grandes áreas de humedales costeros y presencia de pesquerías costeras. Los manglares más sensibles son los ribereños y los de cuenca.

El área de explotación petrolera y de generación de energía cuenta, en países desarrollados, con tecnologías adecuadas que reducen los impactos. A pesar de su alto costo, el beneficio que proporcionan en el cuidado del ambiente a la larga trae grandes beneficios económicos y sociales.

Existe una gran variedad de pesquerías tanto de agua dulce como de aguas costeras y marinas (ver capítulo 10 de la primera sección sobre la pesca en Veracruz); algunos de los problemas asociados a las pesquerías son la monoexplotación y la sobrepesca, aunados a la poca vigilancia y educación y a la escasez de mercados para especies alternativas, lo cual trae consigo el agotamiento de recursos y serios problemas para su recuperación. La descomposición interna de las cooperativas pesqueras ha reducido de manera importante su capacidad para controlar la actividad pesquera en sus localidades. Además, este manejo inadecuado puede alterar el equilibrio ecológico del sistema, permitiendo, por ejemplo, el incremento de depredadores, o afectando las poblaciones de otras especies como las aves.

El tipo de técnicas utilizadas para pescar puede ser dañino tanto para las especies que se capturan, como para la fauna de acompañamiento, para quien va a consumir ese recurso o para el hábitat. Por ejemplo, la pesca de arrastre destruye o trae cambios radicales en las comunidades biológicas y hay captura incidental de especies bajo protección especial. Por otro lado los descartes de pesca ocasionan contaminación orgánica.

Para el caso de la acuicultura, ésta ha traído consigo la desaparición y disminución de los ecosistemas costeros al cambiar el uso de suelo de vegetación nativa a acuicultura, sobre todo de manglares y humedales. Además, puede causar conflictos como la sobreexplotación de especies para su siembra, la contaminación del agua y la alteración de la microbiota por la liberación de químicos y desechos producto de

la actividad acuícola y la invasión de fauna exótica (ver el capítulo 2 de la sexta sección sobre acuicultura rústica).

Otra actividad que implica el uso de recursos naturales vivos es la explotación forestal. De manera particular resalta en la zona costera el aprovechamiento de las diferentes especies de manglar para múltiples actividades como la construcción, la pesca, la elaboración de las artes de pesca, la cocina con leña, la preparación de carbón, las actividades agrícolas como el cultivo del tomate, donde se usan las varas como soporte, entre otras. Estos usos están ocasionando una disminución en la cobertura de manglar.

Por su parte, la deforestación en la parte superior de la cuenca trae consigo la erosión del suelo. Este material se sedimenta en las partes bajas de las cuencas y favorece el asolve de los cuerpos de agua.

í

La asociación entre agricultura y estuarios es muy antigua. En las costas se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas, tanto en marismas como en otros tipos de ecosistemas costeros como humedales y dunas, lo que trae consigo destrucción de hábitat con vegetación y fauna nativa, al abrir tierras para esta actividad e introducir especies exóticas que se consideran más productivas.

El uso de agroquímicos, como fertilizantes, herbicidas y pesticidas, ocasiona serios problemas de eutroficación y contaminación de los cuerpos de agua y del suelo, y si es excesivo desarrolla resistencia en las plagas, aumentando las poblaciones de las mismas. Específicamente en los cuerpos de agua, la contaminación por agroquímicos y la eutroficación modifica las condiciones físico-químicas del agua, estimulando el desarrollo de ciertas especies que pueden llegar a convertirse en plagas, como es el caso de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) y el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*).

En los terrenos costeros abandonados o los terrenos utilizados por el ganado, con frecuencia se presentan problemas de compactación, salinización y desertificación de suelos que ocasionan una baja productividad.

Las actividades agrícolas y ganaderas que se desarrollan en la parte alta de la cuenca también producen serios problemas en la zona costera, ya sea por la alteración de los cauces de agua y la construcción de infraestructura hidráulica o por el acarreo de sedimentos y agroquímicos hacia la parte baja de la cuenca. Por otra parte, las actividades agrícolas que se desarrollan en zonas inundables aceleran los procesos de salinización del suelo.

Las construcciones de bordos y diques de contención de agua alteran los patrones de circulación hidrológica, tan importantes para la supervivencia de los ecosistemas costeros, y generan inundaciones en otros sitios. Todo ello aumenta la gravedad del problema.

Existe una enorme presión por incrementar la superficie de tierra para construcción (puertos, turismo, desarrollos urbanos, industria, generación de energía, actividades pecuarias, recreación). Generalmente se obtienen a partir de la transformación de ecosistemas costeros como dunas, humedales y manglares o bien creando o ganando tierra a los ecosistemas costeros intermareales para nuevos desarrollos.

Se ha comprobado que un gran porcentaje de la población vive en la zona costera, porque son sitios muy atractivos para el desarrollo de diversas actividades productivas y recreativas (ver capítulo sobre desarrollo socio-económico en la costa en la sección tres). Este movimiento poblacional hacia las costas genera un alta demanda de infraestructura y servicios urbanos, que en la mayoría de los casos no son suficientes.

En general, el cambio de uso de suelo ocasiona una pérdida de paisajes nativos y de biodiversidad, así como la desaparición, disminución y degradación de ecosistemas costeros. La urbanización trae consigo la alteración de la geomorfología de la costa, pérdida de litoral y erosión, y los rellenos ocasionan la desaparición de lagunas temporales de agua dulce. Además, la construcción sin planificación y sin consideraciones estéticas obstruyen el acceso visual del mar, al igual que el acceso físico para la población.

Normalmente el crecimiento urbano se da de manera irregular. No se cuenta con la infraestructura necesaria para cubrir todos los servicios que se requieren, de tal forma que la mayoría de las descargas domésticas no reciben ningún tratamiento y generan problemas de eutroficación de aguas y aumento en la ocurrencia de mareas rojas y contaminación.

El estrecho límite de la zona federal marítimo terrestre (ver capítulo sobre zona federal marítimo terrestre en la sección cuarta) y la indefinición en la tenencia de la tierra pública y privada, trae consigo una ocupación de espacios no adecuados para la urbanización. Además, este crecimiento urbano se hace sin considerar la dinámica natural de la zona costera y se construye en espacios no adecuados o vulnerables lo que trae consigo un aumento de los riesgos por deslaves, inundaciones y transgresión marina, además de la pérdida de infraestructura costera.

Turismo

El turismo está entre la primeras tres actividades económicas con mayor aporte de divisas al país, por lo que se considera una actividad económicamente prioritaria. Las zonas costeras son espacios de recreación que día con día cobran mayor importancia, tanto desde el punto de vista local, como nacional e internacional.

Esta actividad genera destrucción de hábitats, desaparición de ecosistemas costeros, alteración de la geomorfología de la costa, pérdida de litoral y erosión por la instalación de infraestructura turística como son hoteles, restaurantes, marinas, centros comerciales, zonas residenciales, etc. Éstos, por mala planificación, frecuentemente requieren de obras de protección costera como espigones y muros de contención. Además, la construcción de la infraestructura ocasiona una pérdida de la calidad visual del paisaje.

La misma actividad turística no planificada y el incremento de asentamientos irregulares aumenta los desechos domésticos y municipales pues, al no contar con suficientes plantas de tratamiento de agua y rellenos sanitarios, se generan problemas de contaminación de los cuerpos de agua y de los mantos freáticos.

Aunado a esto, las actividades que se generan en torno a los centros turísticos como son uso de motos acuáticas, tránsito de embarcaciones para observar la naturaleza y

uso de playas, entre otras, ocasionan problemas como contaminación auditiva, perturbación de fauna, alteración de comunidades bentónicas, basura en el mar y las playas. Muchas veces estos problemas se dan por la escasez de vigilancia y por falta de educación ambiental.

INDUSTRIA

La expansión industrial no planificada produce serios problemas de contaminación por metales pesados provenientes de vertimientos directos a los cuerpos de agua, porque las plantas de tratamiento de agua no son suficientes, no son los diseños adecuados, no reciben mantenimiento con la periodicidad necesaria o liberan aguas que no están bien tratadas. Además, el transporte de residuos peligrosos trae riesgos de contaminación y, en ocasiones, éstos son arrojados al mar o albergados en terrenos de las zonas portuarias.

El crecimiento de industrias como la portuaria o las termoeléctricas tiene que ser analizado y planificado considerando la dinámica de la zona costera, así como las necesidades de conservación y protección de los procesos costeros y de la propia diversidad de los ecosistemas locales. Frecuentemente traen asociada la construcción de muelles y espigones que provocan serios problemas en la línea de costa, como se verá más adelante.

Aunque todavía con muy poca difusión y conocimiento por parte de la población, existen grupos interesados en proteger áreas específicas de la zona costera por su importancia como hábitat para la vida silvestre, para el mantenimiento de la diversidad biológica o para el disfrute y placer de los sistemas naturales no transformados. Es a través de las áreas naturales protegidas federales, estatales, municipales, privadas o comunales, que se ha buscado dar una seguridad jurídica a esas tierras para evitar su uso indiscriminado en actividades que alteran fuertemente el hábitat (ver capítulo ocho sobre áreas naturales protegidas en la sección cinco). Además de esta estrategia proteccionista, se han generado otras de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales con la finalidad de incentivar a los grupos locales y poseedores de las tierras a conservar y proteger sus recursos (ver capítulo nueve sobre el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en la sección cinco).

En caso de querer apoyar el desarrollo de la zona costera dentro de su municipio, es muy importante que conozca estas pautas mínimas de manejo (Snedaker y Getter, 1985; Clark, 1996). Esto permitirá que dicha zona mantenga sus principales características y funcionalidad, lo cual repercutirá en una mejor calidad de vida para todos sus habitantes.

1. Antes de autorizar cualquier obra o actividad, es necesario contar con un estudio que determine las principales características funcionales de la zona costera como son: circulación de las corrientes litorales, patrones de circulación hidrológica, vientos dominantes en las diferentes épocas del año, comportamiento de los principales flujos de agua (ríos, corrientes, arroyos, caños), comportamiento del nivel del mar, registro de zonas de inundación, batimetría del cuerpo de agua o zona marina, topografía y morfología del área, las especies que existen así como sus necesidades ecológicas, sus movimientos y patrones migratorios.
2. Cualquier obra o actividad que se quiera desarrollar en la zona costera deberá poner especial atención en no modificar o alterar los patrones de comportamiento de los siguientes parámetros: movimiento de sedimentos, flujos de agua, calidad del agua, salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, concentraciones de nitrógeno y fósforo.
3. Recuerde que prácticamente todas las obras que se desarrollan en la zona costera deberán contar con una manifestación de impacto ambiental en el ámbito federal. Así que no se deberá dar ninguna autorización de construcción, cambio de uso de suelo u otra, sin antes verificar que cuenta con la autorización de la manifestación de impacto ambiental otorgada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
4. Frecuentemente, para cualquier obra o medida de mitigación hay diversas opciones. Es importante analizarlas todas y ver el balance entre el costo de realizarlas y la preservación del ambiente.

1. Cualquier descarga de aguas (municipales, industriales u otra) deberá contar indispensablemente con un tratamiento (primario, secundario o terciario). Por ningún motivo se deberá descargar desechos sin tratamiento al mar, ríos, arroyos, caños, lagunas costeras, lagos costeros, humedales de agua dulce o cualquier otro cuerpo de agua.
2. Para llevar a cabo una descarga es sumamente importante evaluar los sitios donde se pretende hacer, conocer la composición de los desechos que se quieran liberar, y la tasa a la cual se propone hacer la descarga. La evaluación del sitio deberá contemplar la siguiente información: qué especies hacen uso del hábitat; conocer si hay especies que utilizan el sitio para reproducirse, desovar, descansar o alimentarse; conocer la dinámica hidrológica del sitio (cómo y hacia dónde fluyen las aguas); conocer el estado actual y la variación natural en al menos un ciclo anual de los siguientes parámetros en el cuerpo de agua: temperatura, oxígeno disuelto, concentraciones de nitrógeno, fósforo y constituyentes orgánicos y transparencia del agua. También es importante saber si alguna comunidad hace uso de ese cuerpo de agua con fines domésticos, recreativos o productivos.
3. Las descargas de aguas municipales deberán ser tratadas antes de ser vertidas a un cuerpo de agua, para reducir al máximo la fertilización excesiva de las aguas costeras y la entrada al sistema de patógenos humanos. Si no se cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales, los desechos pueden ser introducidos a un sistema de lagunas artificiales para producir su descomposición natural. Estas lagunas deberán ubicarse en sitios de muy baja percolación para evitar contaminación de acuíferos subterráneos. También existe la tecnología para que los humedales sirvan como plantas de tratamiento secundario (ver capítulo cuatro sobre humedales como alternativa para la limpieza de aguas residuales en la sección siete).
4. Todas las aguas derivadas de la actividad acuícola y que vayan a ser descargadas a los cuerpos de agua adyacentes deberán recibir tratamiento previo.
5. Por ningún motivo deberán descargarse desechos nucleares y sustancias tóxicas a los cuerpos de agua, ya que fácilmente pueden ingresar a la cadena alimenticia y generar serios problemas irreversibles en la población humana.

1. Antes de autorizar cualquier obra de dragado se deberá conocer la dinámica hidrológica del sitio, los patrones de circulación litoral y oceánica, y el comportamiento de las olas y mareas.
2. Es muy importante realizar un análisis de bioensayo, bioacumulación y toxicidad a los sedimentos antes de realizar cualquier obra de dragado; sobre todo si el área tiene algún antecedente histórico de haber sido utilizada para descargar aguas contaminadas. Su remoción y resuspensión puede ocasionar serios problemas a los ecosistemas costeros, o la mortandad masiva de alguna especie de fauna así como problemas de salud pública.
3. En las operaciones de dragado se deberán considerar los posibles impactos a las especies generados por niveles reducidos de oxígeno disuelto en el agua y por incremento en la turbidez (en especial para las especies bentónicas, las comunidades arrecifales y los pastos marinos).
4. En los sitios donde pretenda llevarse a cabo actividades de dragado se deberán colocar cortinas especiales que ayuden a retener sedimentos y a prevenir una excesiva dispersión de sedimentos finos.
5. Todo proyecto que contemple actividades de dragado deberá planear con antelación el sitio en donde se depositarán dichos sedimentos. Deberá seleccionarse con mucho cuidado su ubicación. La primera opción es llevarlos a tierras altas, lo más lejano de la zona costera, asegurándose de que no serán transportados por las primeras lluvias.
6. No se deberán llevar a cabo actividades de dragado cerca de zonas de desove o crianza de especies de importancia pesquera.
7. Si las actividades de dragado o la eliminación de desechos producto del dragado se va a llevar a cabo en aguas marinas (plataforma continental o aguas oceánicas), deberán de ser programadas para que no coincidan con períodos críticos de migración, desove y/o crecimiento de especies importantes. Deberá consultarse la reglamentación que tiene la Secretaría de Marina sobre distancia mínima de vertimiento.
8. La selección de la draga es un factor importante, ya que no todas generan el mismo impacto. Éstos varían considerablemente dependiendo del tipo de sustrato, las condiciones del agua y la biota circundante. Es preferible utilizar aquellas dragas que liberen la menor cantidad de partículas finas, como por

ejemplo las dragas de succión.

9. Las obras de dragado deberán suspenderse ante la presencia de eventos naturales como tormentas o corrientes excesivas.

10. Hoy en día existe la tecnología y el equipo necesario y adecuado para remover, transportar y disponer material de dragado de una manera eficiente y ambientalmente aceptable. Por favor infórmese.

Construcción de infraestructura de protección

(muros, espigones, rompeolas)

1. Antes de autorizar modificaciones de la playa o construcciones sobre la misma, es importante entender el funcionamiento de playas en la región. Para conseguir información al respecto puede usted contactar a la Secretaría de Marina y a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

2. Ningún tipo de construcción, aunque sea considerada obra de protección, debe alterar los patrones de disponibilidad y movimiento de sedimentos y la circulación hidrológica (flujos de agua, dirección, frecuencia, intensidad). El diseño de todo tipo de infraestructura deberá mantener estos patrones.

3. Es importante conocer el comportamiento histórico de la evolución de la línea de costa en nuestro municipio, para poder entender la dinámica natural y así predecir su comportamiento frente a construcciones hechas por el hombre.

4. Después de una tormenta, las playas suelen cambiar de configuración. No hay que entrar en pánico. Hay que permitir que los ciclos naturales restablezcan las playas. He aquí la importancia de contar con fuentes cercanas de sedimentos, como es el caso de playas y dunas.

5. La ubicación y configuración de estructuras costeras como malecones, espigones, rompeolas, etc. puede traer consigo costos exorbitantes de mantenimiento si se altera el balance entre acumulación y erosión de sedimentos. De construirse, se deberán dejar pasos para el transporte de arena. Estos sistemas tienen un bajo costo comparado con los costos que pueden generarse en el futuro de no haberlos considerado. Siempre que sea posible, deberá hacerse uso de la ingeniería flexible (sacos de arena) en lugar de construcciones permanentes (muros).

6. Las obras de protección normalmente tienen un tiempo de vida de entre 5 y 10 años, dando la falsa ilusión de que proveen seguridad. Sin embargo, a

futuro, los desastres que se generan son mayores a los que se generarían sin este tipo de obras.

7. Cualquier construcción en la línea de costa, que implique la remoción de arena de la playa, trae consigo un problema de erosión o retroceso de los frentes de playa.

8. Las playas cambian continuamente a lo largo del año, entre tormentas, vientos, mareas y corrientes litorales, por lo que construir sobre la playa tiene muchos riesgos. El costo de la pérdida de propiedades y de vidas humanas puede ser muy alto, si no se construye a una distancia adecuada sobre la playa (ver capítulo cuatro sobre Playas y dunas en la sección dos).

1. Antes de planear la ubicación de asentamientos humanos en la costa, deberá conocerse el comportamiento de esa franja costera frente al cambio climático global, así como el riesgo de inundaciones debidas a tormentas y huracanes, con la finalidad de no exponer ni a la población, ni a su infraestructura ante este tipo de desastres naturales.

2. En las construcciones que se hagan sobre la costa se evitará la modificación de la zona de dunas o médanos, ya que estas áreas juegan un papel importante como fuente de sedimentos para la dinámica propia de la naturaleza. Todas las construcciones deberán ubicarse por detrás de la cresta de la primera duna y nunca enfrente, ni encima. En el área restringida se pueden colocar estructuras temporales como palapas y asoleaderos.

3. Las construcciones sobre grandes campos de dunas deberán restringirse y obedecer estrictas medidas de mitigación.

4. El acceso a una playa por una zona de dunas deberá hacerse con andadores elevados que no obstruyan el paso de la arena.

5. En caso de presentarse problemas por contar con dunas activas (ver capítulo de Playas y dunas en la segunda sección de este libro), se puede promover su restauración y rehabilitación a través de cercas y programas de revegetación. Las cercas deberán tener aperturas de menos de 5 cm de ancho, y se recomienda colocarlas en línea recta perpendicular a la dirección predominante del viento.

6. Para revegetar se recomienda utilizar plantas nativas y propias de las dunas.

Hasta donde sea posible, se debe evitar el uso de las Casuarinas.

7. Se recomienda no utilizar para la construcción arenas de playa. Deberán ubicarse los bancos de materiales que cuenten con autorización tierra adentro. Por ningún motivo se deberá sacar arena de dunas, ya que es muy fácil que el viento las erosione y las destruya por completo, generándose en otros sitios cercanos problemas de sedimentación.

8. Se deberá recordar que un cordón de dunas estabilizadas puede servir de protección para los asentamientos humanos que se ubican tierra adentro.

10.3.3 Infraestructura urbana, turística e industrial

1. Si se quiere construir cualquier tipo de infraestructura cerca de algún cuerpo de agua (laguna, mar, río), es ampliamente recomendable dejar un buffer natural (franja natural). Éste permitirá generar las condiciones necesarias para interceptar los desechos de la industria, el hotel o la ciudad antes de que lleguen al cuerpo de agua y, de esta forma, poder recibir el tratamiento adecuado.

2. Cuando se vaya a construir en zonas sujetas a inundación, se recomienda hacer construcciones de tipo palafito, en donde el primer piso de la casa esté situado por arriba de la altura máxima alcanzada por el oleaje. Los cimientos deberán ser en forma de pilotes y estar enterrados a una profundidad adecuada para que resistan las fuerzas verticales y horizontales de los vientos huracanados.

3. En áreas de tormentas, construir viviendas con suficiente ventilación para evitar que se cree un exceso de presión, es lo adecuado.

4. Deberá evitarse cualquier construcción sobre humedales. Tampoco se deberán rellenar humedales.

5. Las construcciones deberán diseñarse en espacios agrupados, para concentrar los servicios y disminuir el área de impacto. Así, el resto de las áreas se utilizan como áreas verdes.

6. Al momento de construir cualquier obra cerca o aledaña a cuerpos de agua (ríos, arroyos, lagunas), deberán colocarse barreras y mallas temporales para evitar el escurrimiento de materiales hacia los mismos.

7. La ubicación de industrias en la zona costera deberá permitirse sólo en casos excepcionales, es decir, cuando el uso de la costa por la industria sea un factor determinante para su operación o funcionamiento.

8. La ubicación de cualquier tipo de infraestructura, sea urbana, turística o industrial, deberá evitar hacer uso de áreas que se consideren hábitats sensibles y críticos para la flora y la fauna. La de tipo industrial deberá ubicarse lo más alejado posible de los sistemas estuarinos, de preferencia en costas con mar abierto.

9. Industrias que produzcan altos niveles de contaminantes no deberán ubicarse en la zona costera. Y aquellas que producen agua caliente deberán tener sistemas de enfriamiento cerrado y medidas para evitar la contaminación térmica que produce mortandad de organismos marinos.

10. Las industrias que potencialmente puedan tener derrames accidentales de materiales altamente contaminantes deberán contar con planes de contingencia y personal capacitado para atender emergencias.

1. Los puertos y atracaderos deberán localizarse en áreas en donde las tasas de flujo y reflujos de agua sean las más altas disponibles. Los canales de acceso deben ser diseñados para que haya un cambio mínimo en la circulación del agua y, de esta manera, pueda crearse una columna de agua estancada.

2. Deberán evaluarse las múltiples opciones para el diseño del tamaño de los canales de navegación. Por ejemplo, si con el fin de disminuir la cantidad de material a ser dragado se reduce el ancho de un canal, se corre el riesgo de que por ser un canal pequeño se incrementen las probabilidades de que las embarcaciones tengan accidentes y posibles derrames de materiales peligrosos y contaminantes. En este punto es importante ver la sección sobre dragados.

3. Los puertos, canales, atracaderos, fondeaderos y actividades asociadas deberán planearse para evitar al máximo la interacción de estos sitios y sus actividades con recursos costeros críticos. Por ejemplo, es fundamental trazar y geoposicionar los rumbos de navegación de las embarcaciones alrededor de los arrecifes de coral y los pastos marinos.

4. Los puertos e infraestructura asociada deberá incorporar instalaciones apropiadas de alcantarillado y sistemas de tratamiento y confinación de desechos industriales.

1. En el diseño de todo tipo de vías de comunicación e infraestructura asociada deberá considerarse tres aspectos importantes 1) no eliminar manglares ni ningún tipo de humedales costeros; 2) mantener las patrones de circulación hidrológica; y 3) no desestabilizar campos de dunas costeras.
2. Todas las carreteras que se construyan en la zona costera deberán colocarse en función de la topografía y alterar lo menos posible los suelos y la vegetación. Deberán proveerse de canales de drenaje y alcantarillas. El tamaño de los pasos de agua puede ser calculado de manera tal que el flujo total se asemeje a las condiciones locales, teniendo en cuenta las grandes avenidas durante las inundaciones. No se deberá concentrar en uno o dos sitios los pasos del agua sino distribuirlos de manera que se mantenga la planicie de inundación y la cantidad de flujo de agua que se producía previa a la construcción de la carretera.
3. Muchas veces las carreteras son construidas sin contemplar tecnologías apropiadas. Funcionan como barreras pues bloquean la circulación de agua y el intercambio de nutrientes y organismos, alterando el funcionamiento de los ecosistemas y disminuyendo la biodiversidad de la zona costera. Para evitar estos problemas, la carretera se deberá construir de manera elevada en vez de utilizar materiales sólidos para rellenar; además, se deben colocar pasos de agua y alcantarillas, por ejemplo en aquellos casos en que hay que cruzar humedales.
4. Todos los materiales utilizados para los rellenos y taludes de las vías de comunicación deberán estar libres de contaminantes. Deberá tenerse especial cuidado cuando los sedimentos provienen de dragados de vías navegables de comunicación, en donde, históricamente, las industrias hayan liberado desechos o residuos urbanos.
5. Al construir cualquier vía de comunicación cerca o sobre un cuerpo de agua deberá tenerse mucho cuidado en cómo se manejan los sedimentos, los equipos y los materiales para que no se vaya a contaminar o asolvar el cuerpo de agua con sedimentos o residuos de la construcción. Tampoco se deberá dejar porciones de terrenos libres de vegetación, ya que se incrementa la erosión y el acarreo de sedimentos al cuerpo de agua. Es indispensable colocar estructuras temporales de contención para evitar el arrastre de sedimentos durante la construcción.

6. Para los caminos, se recomienda utilizar materiales permeables (roca, grava, arena) y colocar suficientes alcantarillas y pasos de agua para no cortar el flujo hidrológico del sistema (ver el punto 2).
7. Se deberá dar especial consideración a la siembra de vegetación nativa sobre los taludes, para minimizar la erosión y los deslaves y evitar su destrucción o degradación, a los lados de la carretera, durante la construcción.

Actividades mineras

1. Muchos de los minerales que tienen origen geológico no son renovables, por lo que es necesario calcular los niveles de extracción y cosecha para lograr un rendimiento sostenido.
2. El minado vivo de corales debe prohibirse por completo, ya que los corales son organismos de crecimiento lento y no soportan las presiones extractivas.
3. El aprovechamiento de arena en playas y dunas debe evitarse. Si se autoriza, se deberá contar con estudios sobre dinámica de sedimentación y erosión en la costa, pues siempre se debe tener presente que si hay extracción de arena en un punto de la costa, en otro no muy lejano habrá problemas de erosión.
4. Antes de realizar cualquier aprovechamiento de arena se deberá contar con: a) una identificación de las reservas actuales; b) caracterización de los depósitos; c) caracterización del ambiente local; d) evaluación económica que justifique el aprovechamiento; y e) estudio de los patrones de sedimentación y erosión en la zona.
5. El minado submarino deberá llevarse a cabo en sitios que contengan suficiente agua profunda y lejos de la costa. El agua debe de estar suficientemente expuesta o abierta a corrientes oceánicas.
6. Todas las actividades de minado marino requieren de un plan de manejo integral y deberán proyectarse dentro de un contexto que contemple los componentes geofísicos, químicos, biológicos y las interconexiones entre los diferentes sistemas.
7. La selección del sitio deberá basarse en información sobre posibles alternativas, productividad biológica, área de influencia, dirección y velocidad de corrientes litorales y marinas y patrón de circulación atmosférica.
8. Antes de llevar a cabo el minado deberá realizarse un estudio de la zona que contemple las características físicas y químicas así como el nivel de tolerancia de las principales comunidades bióticas.

9. En el caso de explotación de sal, nunca se deberán construir estanques para su obtención sobre áreas de manglar.

Actividades petroleras

1. Deberá planificarse muy bien la localización y operación de todo tipo de operaciones petroleras. Su ubicación no debe generar cambios en los patrones de salinidad, temperatura y transparencia del agua. Se debe evitar el desecho de desperdicios que afecten estos parámetros.
2. La colocación de ductos no debe modificar los flujos hidrológicos en las planicies costeras y humedales.
3. Toda operación deberá evitar la descarga de petróleo o de grasa en el ambiente marino. Esto puede resolverse con una buena localización de sus plantas, un tratamiento efectivo de sus desagües, un mantenimiento periódico y una buena supervisión.
4. Se deberá desarrollar un plan detallado de contingencia para prevenir posibles derrames y llevar a cabo una evaluación minuciosa que incluya un modelado del destino y los efectos en la eventualidad de un derrame (daños previstos a humedales, especies amenazadas y recursos pesqueros).
5. Para las operaciones petroleras deberán preferirse los puertos en costa abierta que los ubicados en bahías.
6. La limpieza de las playas impregnadas de petróleo deberá comenzar sólo después de que todo el petróleo vertido haya hecho impacto sobre la costa. Deberá enfatizarse la limpieza a mano o por medios naturales y evitar usar maquinaria pesada, así como la remoción extensa de substratos o el uso de sustancias dispersantes que finalmente son tóxicas.
7. Deberá darse mantenimiento permanente y constante a las instalaciones y ductos de la industria petrolera.
8. Las instalaciones petroleras deberán estar, como mínimo, a 10 km de áreas de coral o pastos marinos y corriente debajo de estas comunidades.

1. Cualquier aprovechamiento pesquero debería de llevar consigo una continua evaluación del estado que guardan las poblaciones del recurso que se está extrayendo (cuántos individuos hay, cuál es su tasa de crecimiento, qué

tanto se están reproduciendo). Esto permitirá establecer de manera más precisa cuánto se puede extraer y de qué tallas y tamaños. A largo plazo esto aseguraría recursos para todos.

2. Incrementar la vigilancia para asegurar un buen uso de las artes de pesca, con el objeto de corroborar que se cuente con las autorizaciones correspondientes, que se respeten las vedas establecidas y que se cumplan las medidas de captura, entre otras.

3. Antes de autorizar el establecimiento de cualquier infraestructura acuícola se deberá contar con una evaluación de los flujos superficiales de agua, cantidad de materia orgánica en aguas adyacentes, niveles de nitrógeno en agua, conteos de bacterias en aguas adyacentes y especies presentes en las aguas y sedimentos adyacentes.

4. Se deberá dar prioridad a mejorar la eficiencia de las empresas de acuicultura que ya existen, en vez de apoyar la creación de nuevas instalaciones a costa de la destrucción del hábitat.

5. La construcción de estanques y, en general, de cualquier infraestructura acuícola no deberá interrumpir los patrones de flujo de agua superficial en los ecosistemas costeros.

6. No se deberá convertir, ni desmontar áreas de manglar para colocar estanques. Actualmente, ya ha habido una gran deforestación de manglar en todo el país y no se debe permitir desmontar ni una hectárea más. Es preferible ubicar los estanques en zonas de marismas o salitrales. En caso de que en la zona sólo existan áreas de manglar, los estanques deberán colocarse dejando un búffer con un mínimo de 100 metros entre el borde del manglar y las construcciones.

7. Antes de establecer una granja acuícola se deberá tener muy claro de donde se va a obtener la "semilla" para el cultivo o el alimento que se les dará a las especies cultivadas. En caso de que se pretenda la obtención del medio natural, se deberá contar con un estudio de disponibilidad del recurso, ya que se pueden generar conflictos entre la acuicultura y las pesquerías locales, debido a la escasez del recurso.

8. No se deberán introducir especies de otras regiones como, por ejemplo, camarón del Pacífico al Golfo de México.

9. Deberá haber un programa de monitoreo permanente de las condiciones

del medio en su fase operativa, para asegurar que los parámetros del medio natural no cambien debido a los efluentes de la granja. Si éstos se percibieran fuera de la norma, se deberá suspender las actividades de la granja.

10. No deberá permitirse la descarga de efluentes de acuicultura cerca de comunidades de arrecifes o de vegetación acuática sumergida, y menos si tienen pesticidas, antibióticos o fertilizantes.

11. Se deberá evitar al máximo el uso de sustancias tóxicas como el pesticida órgano clorado Thiodan, utilizado para limpiar los estanques.

12. Cada vez que los estanques o sistema de estanques tengan que ser abandonados, los diques de contención deberán de ser abiertos para permitir que el área recobre su estado original.

Aprovechamientos forestales

1. Cualquier aprovechamiento forestal deberá tener mucho cuidado de no dejar tierras susceptibles de erosión, ya que esto ocasiona pérdida de suelo y se pueden introducir contaminantes y sedimentos a los ríos que corren directamente hacia zonas costeras.

2. Para cualquier explotación forestal se deberán programar las cosechas, conocer el tipo de bosque, su tasa de crecimiento, contar con rotación de áreas de corte y un programa de manejo de plagas.

3. Se deberá favorecer la reforestación con especies nativas.

4. Los aprovechamientos forestales maderables y no maderables deben contar con un plan de manejo autorizado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Actividades agropecuarias

1. Si se van a desarrollar actividades agrícolas en tierras costeras, antes que nada se deberán realizar estudios de viabilidad de los suelos, pues en la costa los suelos tienden a ser ácidos y salinos. De ser así, se corre el riesgo de tener bajos rendimientos o un fracaso absoluto. En este caso, no se justifica la destrucción de la vegetación original para, finalmente, no lograr las metas de producción agrícola o ganadera deseadas.

2. En general, las áreas que se vayan a dedicar a los cultivos deberán estar localizadas por encima del nivel medio del mar; y si son zonas afectadas

por ciclones, huracanes o tormentas, entonces se recomienda ubicarlas tierra adentro. De lo contrario, en las primeras tormentas o huracanes los cultivos se perderán por inundación o salinización.

3. Los canales y diques artificiales para la actividad agrícola deberán construirse de tal forma que reduzcan al mínimo la lixiviación de aguas hacia las zonas no convertidas y que presentan vegetación natural. Los escurrimientos agrícolas no deberán fluir hacia los humedales sin tratamiento previo (por ejemplo, pasar antes por un humedal artificial construido *ex profeso*).

4. Se deberá asegurar la disponibilidad de agua dulce durante la época de secas, ya que las demandas de agua para la actividad agrícola no deben agotar los mantos freáticos. Si se sobreexplotan, se puede ocasionar intrusión salina.

5. Si los campos agrícolas son abandonados, se deberán abrir brechas entre los diques para permitir de nuevo los patrones de inundación natural y que se puedan restablecer los flujos hidrológicos y la vegetación natural.

6. En tierras altas, se deberá tener especial cuidado en evitar problemas de erosión que puedan introducir contaminantes y sedimentos a los ríos que corran directamente hacia zonas costeras. Además, se deberá considerar la posibilidad de construir terrazas o diques de contención como medidas para disminuir la pérdida de suelo.

7. Se deberá evitar la introducción de especies vegetales exóticas ya que éstas pueden desplazar a la vegetación de los humedales y ocasionar su paulatina desaparición y desecamiento.

8. Se deberán colocar barreras protectoras (mallas) que impidan el paso del ganado hacia zonas de humedal, ya que, a largo plazo, ocasiona compactación del terreno y pérdida de las características propias del humedal.

9. Se deberá reducir de manera cuantitativa la cantidad de fertilizantes, antibióticos, herbicidas y pesticidas que se utilizan en estos ambientes.

10. Se deberán promover técnicas alternativas de manejo como la rotación de cultivos.

1. Durante la temporada de anidación de tortugas marinas, se deberá evitar el uso de luces exteriores en la playa y restringir la limpieza mecánica de las mismas, esto con el fin de minimizar las perturbaciones.

2. Evitar alteraciones en salinidad y temperatura en las zonas de desove, de crecimiento y de alimentación de especies de importancia comercial. La eliminación de desechos salobres o el desagüe de estanques de sal elevaría la salinidad, mientras que el ingreso excesivo de agua dulce la reduciría. Para el primer caso el régimen de salinidad puede mantenerse si se diluyen las descargas; y el segundo, a través del control y reducción de la tasa de descarga de agua dulce.

Este uso de la zona costera acarrea serios problemas, ya que cada sector desarrolla su actividad sin considerar al resto de los sectores que hacen uso de la misma zona geográfica o, en ocasiones, del mismo recurso.

Además la indefinición o superposición de atribuciones entre diferentes órdenes de gobierno trae consigo conflictos intersectoriales en el uso de varios de los recursos de la zona costera (Cicin-Sain y Knecht, 1998). Por ejemplo, existen conflictos entre actividades productivas que demandan calidad de agua como insumo y actividades productivas que usan los cuerpos de agua como receptores de desechos. Esto finalmente es resultado de la desvinculación sectorial que existe. En una misma actividad como el turismo, se producen conflictos por el tipo de uso a que se destina una zona, siendo incompatibles los baños de playa y mar con la presencia de motos y lanchas acuáticas en el mismo sitio.

Derivado de este amplio y sectorializado uso de la zona costera, se identifica una serie de problemas que amenazan su funcionalidad e integridad. A continuación, se enumeran los principales problemas a los que se enfrenta la zona costera, independientemente de la actividad que los genera y a qué ecosistema(s) afectan.

La población en México tiene un crecimiento anual de 2.5% y cada vez hay una mayor demanda por espacios para asentarse (CONAPO, 2003). Muchas de estas personas que buscan donde fijar su residencia eligen la zona costera y, por lo regular, los espacios que obtienen son a partir de la transformación de ecosistemas costeros

como dunas, humedales y manglares o bien creando o ganando tierra a los ecosistemas costeros intermareales. Además, este incremento poblacional en esta zona genera un aumento en la demanda de servicios urbanos, los cuales generalmente no logran darse al ritmo que crecen los nuevos asentamientos, que se producen tanto por el incremento de fuentes de trabajo en la zona (por la industria turística o portuaria en crecimiento) como por la falta de posibilidades para adquirir un lote; además, donde no hay vigilancia se crean derechos y se permite la invasión. De esta manera, se van desecando lentamente humedales y manglares.

Destrucción de ecosistemas costeros

Las diferentes actividades que se desarrollan en la zona costera demandan espacios físicos para la construcción de la infraestructura necesaria para el establecimiento de asentamientos humanos, desarrollos turísticos, granjas acuícolas, actividad industrial, vías de comunicación, etc., lo que ocasiona uso de espacios, eliminación de la vegetación, transformación y destrucción del hábitat.

Por su parte, la deforestación en las partes altas de la cuenca provoca erosión y acarreo de sedimentos hacia las zonas bajas de la cuenca, alterando la calidad y productividad de los cuerpos de agua en la parte baja de la misma.

Agotamiento de recursos

La utilización de recursos, sin contar con planes de manejo que regulen su uso para asegurar un aprovechamiento sustentable, está provocando su agotamiento.

Introducción de fauna y flora exótica

La invasión de cuerpos de agua u otros sistemas como dunas y humedales por fauna y flora exótica trae como consecuencia la desaparición de especies nativas, ya sea por competencia o por depredación. A largo plazo, trae consigo cambios en el funcionamiento ecológico del sistema y su posible degradación y pérdida.

Cambios en los ciclos hidrológicos

La alteración de los cauces de los ríos por un mal manejo de cuencas, la apertura de bocanarras, la construcción de infraestructura y de vías de comunicación modifican los ciclos y flujos del agua ocasionando problemas de salinización o dulcificación

de los cuerpos de agua, de erosión, sedimentación y colmatación y disminución de la productividad.

Incremento en la erosión costera

La alteración de los flujos de agua en la cuenca, la construcción de vías de comunicación, presas, infraestructura portuaria, escolleras, marinas e infraestructura turística traen consigo un rompimiento en el equilibrio erosión-acumulación en los procesos de transporte de materiales, provocando una modificación de la línea de costa.

Contaminación

Los problemas de contaminación que se encuentran en la zona costera se dan principalmente por los desechos de aguas no tratadas provenientes de los asentamientos humanos, de actividades industriales, agrícolas y de la acuicultura. Esta contaminación trae consigo eutroficación y deterioro de hábitats para especies nativas y migratorias. Además de la contaminación propiamente del agua, algunos metales pesados se quedan en el sustrato y por tanto se almacenan con los sedimentos en marismas y planicies costeras, y pueden ser resuspendidos en la columna de agua al momento de realizarse actividades de dragado.

Incremento de enfermedades

Derivado de la contaminación de los cuerpos de agua, se generan problemas de salud pública. Las principales enfermedades son provocadas por la liberación de aguas negras no tratadas a los diferentes cuerpos de agua como son ríos, lagunas, esteros y mar, que acarrear bacterias, virus, protozoarios y lombrices que las causan. Algunas de las enfermedades registradas por este tipo de problema son gastroenteritis, salmonelosis, cólera, otitis, conjuntivitis, enfermedades respiratorias, infecciones de la piel, hepatitis, criptosporidiosis, giardiasis y disentería.

Los sistemas costeros están sujetos a un gran rango de perturbaciones e impactos, tanto naturales como inducidas por las actividades del hombre. Sin embargo, cada ecosistema tiene su propia forma de responder a estas alteraciones. Dos conceptos importantes en este sentido son: la sensibilidad (también llamada resistencia) o sea

PLAYAS (ARENA Y DE GUJARROS)

Obtención de caracoles para perlas	Alto
Desarrollo industrial y portuario	Alto
Dragado	Alto
Protección de la costa (ingeniería)	Alto
Contaminación	Alto
Conservación	Bajo
Desarrollo de marinas	Alto

PLAYAS LODOSAS Y BAJOS ARENOSOS

Obtención de caracoles para perlas	Alto
Obtención de caracoles para perlas	Bajo
Desarrollo industrial y portuario	Alto
Dragado	Alto
Protección de la costa (ingeniería)	Alto
Contaminación	Alto
Conservación	Bajo
Desarrollo de marinas	Alto

HUMEDALES (MARISMAS Y HUMEDALES DE AGUA DULCE) Y LAGUNAS

Obtención de caracoles para perlas	Alto
Pastoreo y cosecha	Moderado a bajo
Acuicultura en estanques transformados	Moderado a alto
Recreación	Bajo
Desarrollo industrial y portuario	Alto
Dragado	Moderado a alto
Conservación	Alto
Protección de la costa (ingeniería)	Bajo
Contaminación	Bajo
Desarrollo de marinas	Alto
Vehículos todo terreno	Bajo a alto
Canales y diques	Alto

ZONAS SUMERGIDAS EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL Y CUERPOS DE AGUA

Zona	Actividad	Impacto
ESTUARIOS Y LAGUNAS	Recreo	Moderado a alto
	Pesca	Moderado a alto
	Cambios	Alto
ARRECIFFES DE CORAL	Recreo	Moderado a alt.
	Pesca	Alto
	Extracción de corales y de otros recursos especies	Alto
	Extracción de corales	Alto
PLATAFORMA CONTINENTAL	Descargas de agua	Potencialmente alto
	Pesca	Potencialmente alto
	Extracción	Moderado a alto
	Extracción de hidrocarburos y desperdicios	Localmente alto
	Explotación petrolera	Alto
	Antenas	Alto
	Dragados de canales	Medio a alto
Extracción de recursos	Medio a alto	

444

Cuadro 1 | Utilización de la zona costera por el hombre e impacto potencial de sus actividades en los ambientes costeros (con base en Viles y Spencer, 1995; y French, 1997).

el ambiente dependerá no solamente del tipo de actividad, sino también de qué tan sensible es ese ecosistema. P. French (1997) da el ejemplo de una caminata sobre una duna y sobre una playa de guijarros. En el primer caso el impacto será mucho mayor que en el segundo.

erosión

Más de 70% de las costas arenosas están sufriendo procesos de erosión en las últimas décadas (Viles y Spencer, 1995; Bird, 1996). Las áreas en las que actualmente se produce depositación o acumulación de sedimentos se restringen a regiones en las que hay levantamientos ya sea por procesos tectónicos o isostáticos o bien donde hay abundancia de sedimentos, por ejemplo cerca de las bocas de ríos no represados o con grandes depósitos mar adentro. Hay estudios que aportan datos como el de Morton (1979), quien muestra la reducción en aportes de sedimentos

(actualmente sólo 30% de la cantidad original) que el Río Brazos ha tenido en las playas de Texas, como consecuencia de las represas. Lo mismo sucede en el delta del Colorado, pues debido a la gran cantidad de presas que han construido a lo largo de su cauce, ha disminuido drásticamente tanto la cantidad de agua que es liberada al Golfo de California, como los sedimentos acarreados por el río.

La erosión de la zona costera tiene varias causas. Una tiene que ver con la relación que existe entre el incremento en el nivel del mar y el abasto de sedimentos en el largo plazo _tiempos geológicos_, así como los cambios climáticos inducidos por las acciones del hombre. Otras se relacionan con los efectos que las presiones humanas ejercen en la zona costera y las tierras bajas. Las principales presiones que modifican el funcionamiento de la zona costera son actividades tales como operaciones de dragado; extracción de minerales, arenas o gravas; construcción de presas y, por tanto, reducción del monto de sedimentos acarreados al mar; reducción de erosión de acantilados y, por tanto, del monto de sedimentos debido a obras de protección ingenieril; interferencia con transporte de sedimentos por corrientes debido a construcción de muelles, escolleras, etcétera.

La contaminación también afecta de manera importante las playas. Llega a través de los ríos y aguas subterráneas, rellenos realizados en zonas bajas, materiales y sustancias tiradas en zonas bajas cercanas, transporte por vientos, corrientes costeras paralelas a la playa o del mar hacia la costa. Las fuentes son muy variadas: productos arrojados al mar por barcos, actividades petroleras, descargas de aguas negras, fugas de ductos, efluentes industriales y agropecuarios que llegan a los ríos y de ahí al mar y a la atmósfera, basureros a cielo abierto en los poblados costeros, turismo visitante, actividades pesqueras que dejan basura en el mar, principalmente. Cada día es más frecuente la contaminación microbiológica de las playas.

La Unión Europea ha elaborado un programa muy estricto de monitoreo de contaminación microbiológica de playas y así, en 1991, de las 404 playas del Reino Unido, solamente 76% aprobaron los estándares decretados. Playas muy protegidas como las bahías son zonas donde se acumula la contaminación ya que actúan como trampas que impiden que los contaminantes se dispersen hacia el mar (Viles y Spencer, 1995). Para México, recientemente se ha creado un Sistema Nacional de Información sobre

la calidad del agua en playas mexicanas, esfuerzo de las Secretarías de Marina, de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de Turismo y de Salud. En este sistema se reconoce que de acuerdo con estándares nacionales e internacionales, la calidad ambiental de las playas mexicanas es aceptable; sin embargo, la condición sanitaria de las playas puede cambiar a lo largo del año. Forman parte de este programa de monitoreo al menos 102 playas a lo largo de todo el litoral mexicano (www.semarnat.gob.mx/comunicacion-social/playas/).

Otro problema en las playas tropicales es el amarillamiento letal del coco, enfermedad que está afectando a las plantas de coco (*Cocos nucifera*). A pesar de que es una especie introducida del sudeste asiático, se ha vuelto el símbolo de las zonas turísticas tropicales de playa. El control de la enfermedad es muy caro y se realiza planta por planta, por lo que a la fecha la mejor sugerencia es reemplazar los cocotales por variedades resistentes como el enano malayo.

En el cuadro 2 se presentan los usos de las playas y dunas y el impacto que éstos tienen en la morfodinámica de las mismas. Puede verse que estos ecosistemas presentan una resistencia diferencial a los diversos impactos. Varios de los usos generan impactos que inducen la pérdida de sedimentos. En estos casos los sistemas de dunas resultan muy sensibles, es decir, poco resistentes; y la resiliencia del sistema es baja y por tanto el daño permanecerá por mucho tiempo o bien por un período indefinido. Es importante recordar que las dunas son acumulaciones de sedimentos (ver el capítulo cuatro sobre playas y dunas en la sección dos), y cuando el impacto hace que este depósito disminuya o ya no haya una entrada de material, se rompe el equilibrio.

Hay una gran variedad de tipos de acantilados y costas rocosas, ya que están en relación directa con el tipo de geología de la zona, y de ello depende el tipo de roca y por lo tanto su vulnerabilidad a la erosión. Se dan dos tipos de utilización de las costas rocosas y acantilados. En las partes más bajas sujetas a inundación por el oleaje, hay colecta de organismos para alimento y carnada (erizos, mejillones, algas) y extracción de piedra de la cantera formada por el acantilado. Esto último afecta la aportación de sedimentos que estos ambientes costeros originan. Actualmente, en

	USO	IMPACTO
EXTRACCIÓN	Extracción de arena para construcción	Alteración de la morfología de las dunas
CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN	Protección de dunas y playas	Protección de dunas y playas
RECREACIÓN	Recreación en playas y dunas	Alteración de dunas por pisoteo
ACTIVIDADES AGROPECUARIAS	Actividades agropecuarias	Alteración de dunas por actividades agropecuarias

Cuadro 2 | Utilización de las playas y dunas y el impacto que estas actividades tienen en la morfo-dinámica de estos ambientes (basado en Viles y Spencer, 1995; y French, 1997 y capítulo de Playas y Dunas).

varias costas hay un desarrollo urbano-turístico en las cimas de los acantilados. Constituyen áreas con una vista espléndida que se aprovecha para la construcción de inmuebles. En el Pacífico de México se ha empezado a valorar las vistas desde lo alto de acantilados como parte de una actividad turística, y su utilización en desarrollos turísticos es creciente. Estos ambientes no están representados en las áreas naturales protegidas.

Las zonas rocosas son ricas en flora y fauna, y algunas de ellas tienen gran importancia económica. Los derrames de petróleo representan un grave problema, como la reciente tragedia del barco *Prestige* en Galicia, España, que afectó de manera importante una zona rocosa intermareal de gran riqueza, pues se fugaron enormes cantidades de hidrocarburos que provocaron contaminación y pérdidas económicas y de biodiversidad de enorme magnitud, las cuales no se recuperarán en muchos años.

448

En algunos países se han creado frente a los acantilados playas artificiales mediante alimentación con arena, para incrementar las zonas turísticas y como una medida para impedir la erosión que el oleaje provoca en la base de los acantilados. En México, la península de Yucatán es una gran plataforma calcárea, cuyas playas acumulan una delgada capa de arena. Después del huracán Gilberto, se produjo erosión en algunas de las playas de Cancún y hoy en día se están buscando las mejores soluciones técnicas y económicas para restituirlas y crearlas de manera artificial, con la finalidad de que sigan siendo atractivas para el turismo nacional e internacional.

¿Qué problemas afectan a los manglares y marismas de la zona costera?

El desarrollo de humedales está controlado por el balance dinámico que se da entre el régimen de mareas y el oleaje de la costa, el aporte de sedimentos, el nivel relativo del mar y la propia vegetación del humedal que atrapa y estabiliza sedimentos (Viles y Spencer, 1995). Tanto manglares como marismas crecen o amplían su área de distribución mediante procesos de crecimiento vertical dados por la acumulación de sedimentos sobre la superficie y el avance sobre los bordes del humedal. Por ello, comúnmente se dice que los manglares le ganan tierra al mar. Recordemos que el delicado equilibrio que guardan los humedales les permite

actuar como fuente y como sumidero de sedimentos, materia orgánica y nutrientes. Eventos naturales como huracanes, movimientos tectónicos, cambios en el nivel del mar, erosión de playas e islas de barrera que ofrecían protección, altas tasas de subsidencia y hundimiento por compactación y consolidación de sedimentos, mortandad de plantas (como las que se han presentado en extensas zonas de marismas de Louisiana), y sequías, tienen importantes impactos en los humedales.

Algunas de las actividades humanas que también representan fuertes impactos y que generan alteraciones directas o indirectas en la erosión, depositación de sedimentos y el movimiento del agua son: remoción de barreras que actúan como protección (por ejemplo islas de barrera), eliminación de vegetación, extracción de sedimentos, reducción drástica de sedimentos por modificación de trazo de canales, reducción de entradas de sedimentos (por represamiento, construcción de presas, diques y estructuras de control de inundaciones, disminución de la erosión de cuencas, obras de protección de la línea de costa), por dragado y canalizaciones con la consecuente intrusión salina, drenaje y desecación de humedales para obtener suelo para otras actividades, modificación de los canales naturales de flujo de agua, creación de estanquería para acuicultura, construcción de carreteras y marinas, incremento del aporte de aguas dulces que trae una modificación de la salinidad, introducción de especies que modifican la ecología de los humedales, subsidencia local debido a la extracción de minerales y fluidos (agua, petróleo, etc.), tala y extracción de madera, contaminación por derrames de petróleo, principalmente.

Diversos eventos naturales producen daño en los arrecifes. Entre los principales están las tormentas y los huracanes. Los cambios de temperatura tienen un fuerte impacto en el sistema arrecifal, pues la disminución de temperatura del agua afecta su fisiología y supervivencia ya que unas cuantas horas a 14°C es suficiente para producir mortandad; por otro lado, el incremento de temperatura trae consigo el fenómeno de blanqueamiento (ver capítulo nueve de Arrecifes Coralinos en la segunda sección).

Los daños arriba expuestos son progresivos, es decir, el deterioro continúa a lo largo del tiempo. Una vez transcurrido el mayor impacto, se favorecen algunas

enfermedades del coral provocando que el tejido vivo de estos organismos muera, y que se incremente la bio-erosión producida por herbívoros como erizos, esponjas perforadoras y mejillones.

Sin embargo, el problema principal es la posibilidad de que el arrecife no pueda reestablecerse debido a que pase el umbral límite, o sea que pase a una fase llamada "suave" en la cual la comunidad está dominada por macroalgas. Ello significa que cuando la mortandad ha llegado a un límite alto, los corales ya no pueden competir por el espacio y son desplazados por otros grupos. Ejemplo de esto puede verse ya en Galápagos, Panamá, Jamaica e Indonesia, entre otros.

Otras afectaciones importantes son producidas por: el uso de dinamita para pescar, el encallamiento de barcos y un mal manejo para sacarlos, los derrames de petróleo producidos tanto durante la exploración y extracción, como por accidentes de embarcaciones, el incremento en la cantidad y velocidad de depositación de sedimentos producidos por dragados de canales, la alteración de flujos y transporte de sedimentos, la construcción de estructuras marítimas y manejo inadecuado de las cuencas terrestres que producen incremento en la cantidad de sedimentos y contaminantes en las costas, el desarrollo de urbanizaciones y zonas turísticas en áreas cercanas a arrecifes de corales, el turismo masivo mal manejado, el mal manejo de las actividades de pesca artesanal, la sobrepesca, principalmente (ver capítulo de Arrecifes coralinos). Actividades hormiga que tienen un efecto acumulativo son la captura de peces de acuario y la extracción de pedazos de arrecife, la visita de turistas y la pesca artesanal. Finalmente, las pruebas de armas nucleares en el sudeste asiático provocaron una importante destrucción y contaminación de arrecifes.

No debe olvidarse que los arrecifes de coral disipan la energía del oleaje y crean ambientes que permiten la presencia de otras comunidades como los pastos marinos y los manglares. Por tanto, la afectación de un ecosistema trae importantes repercusiones en otros, afectando actividades humanas como las pesquerías y el turismo.

Existe un conjunto de fenómenos naturales potencialmente peligroso que actúa en la

zona costera; lo integran fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos, volcánicos, incendios y plagas. Dentro de los atmosféricos se incluyen las tempestades de granizo, huracanes, rayos y tornados; mientras que dentro de los hidrológicos se consideran las inundaciones costeras por tempestades marinas, marejadas, la inundación por la crecida de los ríos, tempestades y lluvias intensas debidas, por ejemplo, al paso de un huracán. También se asocian procesos de salinización, erosión, desertificación y sedimentación. Estos fenómenos y procesos varían en duración, intensidad y frecuencia. Casi siempre son predecibles, pero en muchas ocasiones el período de predicción no es lo suficientemente extenso como para prevenir desastres y mitigar daños.

En contraste con los fenómenos atmosféricos e hidrológicos, los geológicos y volcánicos son más difíciles de predecir. Muchas veces sólo pueden predecirse con unas pocas horas de anticipación. Generalmente la fuerte intensidad de los mismos provoca mayores afectaciones a la población, a la infraestructura, a las actividades cotidianas y a los ecosistemas. Dentro de los fenómenos geológicos se cuentan rupturas de fallas, sacudimientos del terreno, deslizamientos de tierra y submarinos, hundimientos y tsunamis. Estas últimas son olas que se forman en el océano y viajan a gran velocidad hacia las costas, donde se elevan a una altura de hasta 25 metros causando grandes daños en las costas. En México este fenómeno sólo afecta a la costa del Pacífico. Por otra parte, dentro de los fenómenos volcánicos se consideran los flujos de gases, lava y lodo.

La mayoría de estas amenazas naturales pueden incrementarse en frecuencia e intensidad, así como generarse en áreas donde antes no existían, debido a la intervención humana no planificada. Por ejemplo, muchas veces los grandes incendios forestales se desatan por descuido de los propios vacacionistas. La deforestación cuenca arriba y en los bordes de los cuerpos de agua, así como la extracción de material pétreo o suelo, puede estimular los procesos de erosión, deslizamiento de tierra y asolve de cuerpos de agua. También se han reportado mayores daños en zonas donde el manglar fue talado, debido a que este ecosistema protege la línea de costa, creando una barrera que limita el paso del viento y las inundaciones.

Riesgo y vulnerabilidad de la zona costera

Cuando oímos que un ecosistema costero enfrenta un peligro o un amenaza, se

refiere a la probabilidad de que ocurra un fenómeno natural o una actividad antropogénica que sea potencialmente peligroso(a) para dicho sistema. Cuando se conjuntan actividades antropogénicas y peligros o amenazas naturales, aumenta la vulnerabilidad y el riesgo en la zona costera.

El factor humano afecta a ambos tipos de peligros, ya que puede aumentar la frecuencia y severidad de los mismos, generar peligros donde no existían antes, así como reducir el efecto de mitigación que tienen los ecosistemas naturales.

Cuando un sistema está expuesto a un peligro o a una amenaza se dice que es vulnerable, esto es, que existe un factor de riesgo ante dicha amenaza. Esta vulnerabilidad es el grado de pérdida y daños que podrían darse si ocurriera un fenómeno natural o una actividad antropogénica con cierta severidad. Algunos de los elementos que se utilizan para evaluar o cuantificar esta vulnerabilidad son la población humana, la infraestructura de bienes de capital y recursos tales como asentamientos, líneas vitales, instalaciones para la producción, locales para concentraciones públicas y patrimonio cultural, las actividades económicas y el funcionamiento normal de los asentamientos humanos.

Un desastre es un evento o conjunto de eventos naturales o antrópicos que causa un número inaceptable de pérdidas humanas y materiales (heridos, destrucción de bienes, interrupción de procesos económicos, etc.), desajustándose la estructura social y el cumplimiento de las actividades esenciales de la sociedad. En áreas donde no existen intereses humanos vulnerables, los fenómenos naturales o antrópicos no constituyen un peligro, ni causan desastres.

El riesgo tiene dos componentes que interaccionan: el peligro o amenaza y la vulnerabilidad. Cuando el peligro y/o la vulnerabilidad aumentan, el riesgo es mucho mayor. Lo anterior puede resumirse en la siguiente expresión (UNESCO, 1972):

$$\text{Riesgo} = \text{peligro} \times \text{vulnerabilidad} \times \text{valor}$$

Existen dos tipos de riesgo: los primarios, que pueden ocurrir como efecto directo de las manifestaciones físicas de un fenómeno (por ejemplo riesgo por inundación, por

deslizamiento, etc.) y que pueden inducir riesgos secundarios o indirectos, como afectaciones en la salud, en el hábitat, etcétera.

Prevención y mitigación de riesgos naturales y antrópicos

Las actividades humanas pueden producir o aumentar el riesgo; pero también pueden reducirlo o eliminarlo a través de medidas de prevención y mitigación. Las medidas de prevención se anticipan a los problemas. Son acciones que pretenden eliminar el riesgo, impidiendo la ocurrencia de eventos que puedan generar desastres. Pueden desarrollarse en el corto, mediano y largo plazo. Ejemplo de ellas son los programas de educación ambiental, simulacros de desastre, planes de contingencia, planificación física para la localización de industrias e infraestructura y el ordenamiento de las actividades productivas y recreativas.

La ocurrencia de cierto tipo de eventos, en ocasiones, es imposible de evitar. Esto, unido al hecho de que los costos de las medidas preventivas no pueden ser absorbidos por la comunidad amenazada, hace necesaria la aplicación de medidas de mitigación que reduzcan los riesgos, atenuando los daños potenciales sobre la vida y salud de las personas, así como sobre los bienes materiales y los ecosistemas.

Estas medidas de mitigación pueden clasificarse en estructurales y no estructurales. Las primeras resisten el impacto. Ejemplo de ellas son las construcciones sismo-resistentes y la construcción de edificios a prueba de inundaciones, entre otras. En contraste, las medidas no estructurales evitan el impacto como, por ejemplo, los reglamentos de zonificación que limitan el establecimiento de infraestructura en zonas de riesgo, la reubicación de asentamientos humanos bajo riesgo, la reglamentación para el uso de la zona costera, etcétera.

En este sentido, una buena planificación sobre el uso y desarrollo de la zona costera evita la necesidad de construir obras de protección como son los espigones. Éstos no solamente traen afectaciones directas en el corto plazo como es el movimiento de sedimentos a lo largo de las celdas costeras, si no que a largo plazo los ecosistemas costeros pierden su capacidad de responder a eventos naturales como tormentas, huracanes. Por tanto, los daños en la población local, en sus actividades y su infraestructura se incrementan.

Debido a que muchas de las costas de México aún no tienen un manejo muy intensificado, existe un enorme potencial para planificar el desarrollo de sus costas teniendo en cuenta el funcionamiento de los ecosistemas costeros en los ámbitos local y regional y tratando de no alterar la dinámica costera.

BIBLIOGRAFÍA

- Bird, E. C.** 1996. Beach management. John Wiley & Sons, Nueva York, 281 p.
- Cicin-Sain, B. y R. W. Knecht.** 1998. Integrated coastal and ocean management. Concepts and practices. Island Press. Washington D.C. 516 p.
- Clark, J.R.** 1996. Coastal Zone Management Handbook. Boca Raton, Florida, 644 p.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO).** 2003. Población de México en cifras. www.conapo.gob.mx
- French, P. W.** 1997. Coastal and estuarine management. Routledge Environmental Management Series, Nueva York, 253 p.
- Morton, R. A.** 1979. Temporal and spatial variations in shoreline changes and their implications, examples from the Texas Gulf coast. *Journal of Sedimentary Petrology* 49: 1101-1112.
- Snedaker, S. C. y C. D. Getter.** 1985. Costas. Pautas de manejo de los recursos costeros. Publicación No. 2. sobre Manejo de Costas, Serie de Información sobre recursos renovables, National Park Service, U.S. Agency for International Development, 286 p.
- UNESCO.** 1972. Report of consultative meeting of experts on the statistical study of natural hazards and their consequences. Document SC/WS/500, 11 p.
- Viles, H. y T. Spencer.** 1995. Coastal problems. Geomorphology, ecology and society at the coast. Arnold, Londres, 350 p.