

MANGLARES

Ana Cecilia Travieso Bello

Introducción

Los manglares son un tipo de humedal formado por especies arbóreas que mantiene sus hojas verdes durante todo el año. Viven en ambientes salinos y forman una cobertura medianamente densa, con escaso o nulo estrato herbáceo. Su ubicación se limita a la zona intermareal, en las costas tropicales y subtropicales, entre los 25 grados de latitud norte y sur. Habitan los bordes de lagunas costeras, estuarios, desembocaduras de ríos y bahías, localizándose en la interfase de influencia del agua marina y de las descargas de agua dulce provenientes del continente.

Los manglares son humedales que sólo se desarrollan en las costas tropicales. Su composición, estructura y funcionamiento están determinados por la interacción de factores físicos, químicos, biológicos y humanos que actúan a diferentes escalas espaciales y temporales.

En el mundo se han definido dos regiones, la de los manglares orientales (Indopacífica), que alberga alrededor de 30 especies de mangles verdaderos y la de los manglares occidentales (Atlántico y Pacífico Oriental) con 9 especies (Tomlinson, 1986). México pertenece a esta última, con tres familias y cinco especies. Estas especies son: *Rhizophora mangle* (mangle rojo) de la familia Rhizophoraceae, *Avicennia germinans* (mangle negro) de la familia Avicenniaceae, *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo), ambas de la familia Combretaceae y *Rhizophora harrisonii* (familia Rhizophoraceae). Esta última sólo se ha encontrado en la costa de Chiapas (Rico-Gray, 1982). Estas especies únicamente forman parte del ecosistema de manglar, es decir, no se comparten con otros ecosistemas.

De los 32 estados de la República Mexicana, 17 presentan costas, de los cuales seis pertenecen a las costas del Golfo de México y Caribe y 11 a las del Pacífico y todos tienen manglares. El límite norte de la distribución de los manglares en México es la Laguna Madre en Tamaulipas (Lot et al., 1975) y se extienden por toda la costa del Golfo y Caribe hasta Yucatán y Quintana Roo. En la costa del Pacífico se ubican de manera discontinua, desde la península de Baja California hasta Chiapas.

La cobertura de manglar en México ha sido estimada en varias fechas, por diferentes métodos y a diversas escalas de detalle. Flores *et al.* (1971) calcularon con base en fotografías aéreas y recorridos de campo la existencia de 142,000 ha en el país, mientras que Loa (1994) calculó una extensión de 488,400 ha, la SARH (1991) de 53,000 ha y Yáñez-Arancibia (1999) de 524,600 ha. Por otra parte, López-Portillo y Ezcurra (2002) mencionan que la superficie oscila entre 0.7 y 0.27% del territorio nacional.

El análisis de los datos de Loa (1984) muestra que la costa del Pacífico presenta 59.7% de la cobertura de manglar, mientras que la del Golfo de México y Caribe alcanza 40.3%, siendo los estados con mayor superficie de manglar los siguientes: Nayarit, Campeche, Sinaloa, Yucatán, Chiapas y Tabasco.

La cobertura de manglar, al igual que la de otros tipos de bosque, ha ido disminuyendo por diferentes causas, registrándose una tasa de deforestación de 60% en un período de 20 años (décadas del 70 al 90), con base en datos obtenidos de los inventarios forestales nacionales (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1998). Se estima que sólo en el estado de Veracruz se ha perdido de 1.1% a 9.6% de la cobertura total del manglar (Moreno-Casasola *et al.*, 2002).

Ecología

Algunos autores han descrito una zonificación dentro del manglar, iniciando con el mangle rojo en el borde, en contacto directo con los aportes de agua; luego el mangle negro y el blanco; y por último el mangle botoncillo. Esta zonación no se cumple en muchos sitios debido a que tanto la ubicación como la composición, la estructura y el funcionamiento del manglar dependen de la combinación de un conjunto de factores físicos, químicos y biológicos que actúan a diferentes escalas espaciales y temporales. Estos factores son la radiación solar, la temperatura, la precipitación, las fluctuaciones de la marea, el aporte de los ríos, la inundación, la salinidad, la forma del terreno, el tipo de sustrato, los vientos, las tormentas así como los huracanes (Thom, 1967; Twilley, 1995), la capacidad de dispersión de los propágulos en función de su peso (Ravinowitz, 1978), y las interacciones vegetación-fauna (McKee, 1995).

Los valores altos de temperatura y precipitación favorecen un mayor desarrollo de los manglares. El límite de distribución coincide con la isoterma de 24°C de temperatura media superficial del mar, durante el mes más caliente y la isoterma de 15°C en el mes más frío. Las precipitaciones favorecen el aumento de la biomasa y lavan el suelo del exceso de sales.

Los manglares para su sobrevivencia requieren de ciertas fluctuaciones de la inundación (hidroperíodo) y la salinidad. Éstas son garantizadas por el aporte de las mareas y los ríos. Ambos ingresan al manglar agua, nutrientes, sedimentos y organismos, los cuales pueden ser exportados a los ecosistemas vecinos con los que están interconectados, como son estuarios, pastos marinos, arrecifes de coral, tular, popal, entre otros.

Las fluctuaciones en los niveles de inundación y salinidad excluyen a otras especies que potencialmente pueden competir con los mangles por espacio, luz, nutrientes u otros recursos. Cuando la salinidad es muy alta, el manglar alcanza una menor altura y presenta una menor riqueza y diversidad de especies. Cuando el aporte de agua dulce es grande y la salinidad baja, se favorece el establecimiento de otras plantas y aumenta el número de epífitas (plantas que usan el tronco y las ramas de los mangles como sustrato), las cuales requieren de agua dulce para su desarrollo.

Por otra parte, existen diferencias entre las especies de mangle en su tolerancia a la inundación y a la salinidad. En ambientes de mayor frecuencia de inundación y mayor altura en el nivel de agua, se favorece el desarrollo del mangle rojo, mientras que en zonas menos inundadas y de mayor salinidad se favorece el establecimiento del mangle negro, el cual soporta salinidades hasta de 90 ppm (Jiménez, 1994).

Los mangles soportan estas fluctuaciones de inundación, salinidad y anaerobiosis (ausencia de oxígeno) debido a que presentan un conjunto de adaptaciones morfológicas (relacionadas con la forma) y fisiológicas (relacionadas con su funcionamiento). Dentro de estas adaptaciones se destacan los mecanismos de exclusión y de excreción de sal, las raíces aéreas y la viviparidad. A continuación se describe cada una de ellas.

El mangle rojo tiene mecanismos de exclusión de sal, evitando su entrada a las células en 99%, mientras que los mangles negro y blanco ingresan hasta 10% de sales

(Jiménez, 1994), las cuales eliminan a través de estructuras excretoras de sal (glándulas) ubicadas en las hojas, así como a través de las raíces. Además, estas especies transportan las sales hacia las hojas más viejas, las cuales al desprenderse de la planta, eliminan la sal de la misma.

Las raíces aéreas en forma de zancos (presentes sólo en el mangle rojo), le ayudan a la planta a sostenerse en el sustrato lodoso y generalmente inundado. Al estar en contacto directo con la atmósfera, permiten oxigenar el sistema vascular de la planta, al menos en marea baja. Además, éstas presentan estructuras llamadas lenticelas que facilitan el intercambio gaseoso. Dichas estructuras también se encuentran en los neumatóforos (raíces adventicias, aéreas), característicos de los mangles negro y blanco. Además, las semillas de estas tres especies presentan cierto grado de viviparidad, es decir, sus propágulos (semillas) germinan antes de desprenderse de la planta progenitora, aumentando la probabilidad de establecimiento una vez que llegan al suelo, el cual muchas veces se encuentra inundado. Algunos autores consideran al mangle botoncillo como un pseudomangle o falso mangle, debido a que carece de raíces especializadas y de semillas vivíparas.

Las especies de mangle presentan adaptaciones morfológicas y funcionales que les permiten vivir en ambientes inundados, salinos y con poco oxígeno, como son la presencia de raíces especializadas, lenticelas, viviparidad, mecanismos de exclusión y excreción de sal.

El sustrato del manglar puede estar compuesto por fracciones finas (limo-arcillosas) y fracciones gruesas (arenosas) en diferentes proporciones, así como turbas orgánicas (material orgánico en descomposición) en función de los aportes de sedimentos que existan en el lugar. Por lo general estos suelos son ácidos, carentes de oxígeno y sufren variaciones importantes en el contenido de sales. Por tanto, cuando se modifica la hidrología y no llegan los aportes de agua con la cantidad y frecuencia característica de este sistema, las sales pueden acumularse en el suelo, produciéndose la salinización del mismo.

Los vientos y las tormentas destruyen parte de las ramas de los mangles, desprenden las flores y los propágulos. Los huracanes pueden llegar a eliminar parte de la

cobertura arbórea, por ello en las zonas donde con frecuencia se presentan vientos y tormentas fuertes, el manglar no logra recuperarse completamente, manteniéndose achaparrado.

Otro de los aspectos que disminuye la sobrevivencia de los manglares es la herbivoría. Ejemplo de ello es el consumo de propágulos y plántulas de mangle por parte de algunas especies de cangrejos, lo que provoca su muerte. Se ha registrado un consumo de 75-100% de los hipocótilos (semillas) germinados (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1998). También se han reportado algunas plagas y enfermedades que reducen la sobrevivencia. La predación selectiva o la especificidad de una plaga o enfermedad puede determinar que una especie de mangle esté o no presente en un sitio.

En resumen, un rango de temperatura adecuado, precipitación abundante, aporte elevado de nutrientes, poca incidencia de tormentas y poca herbivoría, favorecen el desarrollo de manglares de mayor diversidad, altura y vigor. En México, los manglares de mayor desarrollo se localizan en las costas de Veracruz, Tabasco, Campeche y Chiapas, donde se combinan condiciones de temperatura, precipitación y aporte de nutrientes óptimas; en contraste, en Tamaulipas, el límite norte de la distribución de los manglares en México, estos árboles alcanzan poca altura.

Funcionamiento

Los tres procesos ecológicos básicos en el funcionamiento de los manglares son la producción de biomasa, la descomposición y la exportación.

La producción primaria en el ecosistema de manglar está integrada por las estructuras aéreas de los mangles, las epífitas que viven sobre sus troncos y ramas, las algas que viven sobre sus raíces y el fitoplancton.

La producción de biomasa aérea de los manglares oscila entre 100 y 200 ton/ha y la productividad primaria neta entre 20 y 40 ton/ha/año (Larcher, 1977), superando la producción comercial de maíz (63 ton/ha) y de caña de azúcar (60 ton/ha). Además, esta última requiere insumos como fertilizantes, plaguicidas y grandes cantidades de agua, obtenida a través del riego.

Las especies de mangle tienen una producción continua de flores y propágulos, sin embargo, muestran patrones de floración y fructificación sincronizados a los cambios del ambiente (Rico-Gray y Lot, 1983). En época de secas la planta invierte mayor cantidad de energía en la floración y en la fructificación y menos en la formación de los propágulos, siendo éstos de menor tamaño y peso. Esto se debe a que al caer los propágulos al suelo poco inundado o sin inundación, alcanzan a anclarse, estableciéndose de manera rápida. En contraste, en la época de lluvias, la producción de flores y propágulos es menor (Tobilla y Orihuela, 2002), ya que la inundación es mayor que en secas, por tanto, estas plantas invierten más energía en producir propágulos más grandes y de mayor peso, lo cual les permite tener reservas para consumir mientras llegan a una zona de poca inundación para establecerse con mayor éxito.

La tasa de reproducción y establecimiento de los mangles es alta, sin embargo, la sobrevivencia es baja debido al estrés y a los cambios que resultan del ambiente en cuanto a insolación, salinidad, inundación, ataque de plagas, entre otras. Por otra parte, la reproducción vegetativa es muy limitada (McKee, 1995) y el crecimiento de la mayoría de las especies de mangle es lento, así como el inicio de la floración y fructificación. Por ejemplo, la primera floración del mangle rojo llega a tardar 4.8 años al sol y más de 6.5 años en la sombra (Tobilla y Orihuela, 2002).

La hojarasca (ramas, hojas, flores y propágulos) una vez que cae al suelo tiene tres destinos: a) es particulada por la macrofauna (ejemplo: cangrejos) y luego descompuesta por microorganismos; b) es descompuesta por microorganismos directamente, ocurriendo en ambos casos (a y b) cuando el suelo del manglar es inundado por las mareas y/o por agua dulce (ríos, precipitación); o c) es exportada a las comunidades adyacentes con poca degradación (ejemplo: los estuarios).

La hojarasca del manglar al caer al suelo es colonizada rápidamente por gran cantidad de microorganismos que la descomponen, lo que aumenta las colonias de microorganismos y su valor nutritivo, al transformar la celulosa vegetal y la lignina en proteína animal (Jiménez, 1994). A la unidad del material vegetal en descomposición y los microorganismos se les llama detritus. Éste es ampliamente utilizado por muchos componentes de la red alimentaria, de los cuales dependen muchos organismos de importancia comercial.

Los cangrejos desempeñan un papel importante en la estructura y flujo de energía de los manglares, a través del consumo directo de los propágulos germinados de mangle y de la dinámica del detritus de origen foliar. Pueden consumir de 75 a 100% de los propágulos germinados y además remover por consumo entre 9 y 79% del detritus producido por la hojarasca, en función de la época del año y el nivel de inundación. A su vez, los cangrejos son comidos por más de 50 especies de otros invertebrados y al menos 60 especies de peces (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1998), por lo que vinculan la producción primaria y secundaria del manglar.

Por otra parte, la gran cantidad de material vegetal producido por los manglares genera un gran volumen de material soluble, que puede ser utilizado por las poblaciones fitoplanctónicas. Éstas a su vez sirven de alimento a grandes poblaciones de peces, junto con las algas bénticas y los pastos marinos.

El manglar exporta los materiales producidos hacia las aguas y ecosistemas adyacentes y esta exportación se balancea con el aporte de áreas aledañas y con la producción de materiales in situ, siendo la hojarasca el principal componente. Estos materiales permiten el mantenimiento de poblaciones de diversas especies en los ecosistemas interconectados con el manglar.

Los manglares se encuentran interconectados con ecosistemas como los pastos marinos, arrecifes coralinos, ríos, estuarios, tulares, popales, entre otros. Intercambian con ellos agua, sedimentos, nutrientes, energía y organismos vivos.

Clasificación de los manglares

Hasta el momento se conocen tres clasificaciones de los manglares: la de Thom (1967 y 1984), la de Lugo y Snedaker (1974) y la de Tomlinson (1986).

Thom (1967 y 1984) propone una clasificación geomorfológica (basada en la forma del terreno o geoforma), para los sitios donde se desarrollan los manglares, debido a que encontró una relación entre la geoforma y el drenaje del suelo, el nivel de inundación y la salinidad, lo que finalmente determina la composición de especies.

Describe seis tipos de paisajes: delta dominado por las fuerzas fluviales y aporte de sedimentos, delta dominado por mareas y aportes de sedimentos, delta dominado por el oleaje y la descarga fluvial, sistema dominado por el oleaje de poco aporte sedimentario, valle fluvial invadido por el mar y sistema de baja energía, oligotrófico y sustrato calcáreo.

En México hay cinco especies de mangle, aunque cuatro son los más frecuentes: mangle rojo, negro, blanco y botoncillo. Su clasificación depende de cómo se asocian estas especies y de la estructura de la comunidad que conforman (lo cual está relacionado con el ambiente): manglares de borde, de cuenca, enanos y ribereños. Estos últimos alcanzan las mayores alturas.

Lugo y Snedaker (1974) presentaron una clasificación fisiográfica-estructural, donde tienen en cuenta aspectos del relieve y la fisonomía y describen seis tipos: manglares de borde, islotes, ribereños, cuenca, enanos y de petén. Posteriormente Cintrón y Schaffer-Novelli (1985) modifican la clasificación, unificando las categorías de borde e islotes en una sola denominada borde.

Los manglares de borde e islote son típicos de las costas protegidas, donde el mangle crece en contacto directo con el mar. El aporte de nutrientes de los sistemas terrestres es limitado, por lo que este tipo de manglar alcanza menor altura comparado con los ribereños y de cuenca. Frecuentemente están asociados a praderas submarinas y arrecifes de coral. Por lo general, el mangle rojo es la especie dominante.

Los manglares ribereños se establecen en la porción estuarina de los ríos, donde el agua salada se mezcla con el agua dulce, por ello la salinidad es mucho menor que la del mar. Reciben gran cantidad de nutrientes y minerales, lo que se traduce en una mayor producción de biomasa y una mayor altura.

Los manglares de cuenca se desarrollan en las llanuras costeras, donde el drenaje es pobre y predominan las intrusiones salinas. En estos lugares el flujo de agua es principalmente estacional y puede permanecer estancado por períodos relativamente largos. Las cuencas periódicamente inundadas por el agua de las escorrentías pueden ser muy productivas. Por lo común, las especies dominantes son el mangle negro y el blanco.

Tomlinson (1986) elabora una clasificación florística, basada en la importancia de las especies dentro de la estructura de la comunidad. Para ello, considera la presencia de viviparidad y mecanismos para resistir la salinidad, entre otras características, y define tres grandes grupos de especies: 1) elementos mayores, verdaderos o manglares estrictos, 2) elementos menores y 3) especies asociadas a los manglares.

Los elementos mayores están formados por las especies restringidas al manglar (no están presentes en otras comunidades terrestres), que pueden formar rodales puros y presentan mecanismos para sobrevivir en condiciones de sustrato inestable, salino y bajo en oxígeno. Los elementos menores son las especies que habitan en la periferia del manglar y son poco abundantes, mientras que las especies asociadas son aquellas que se comparten con otras comunidades cercanas y se ubican en la zona de transición del manglar. Éstas también pueden penetrar en áreas abiertas (claros dentro del manglar) y perturbadas.

Importancia

El manglar históricamente ha sido considerado como una zona insalubre, donde se albergan plagas, por lo que en muchos casos se ha eliminado o se ha marginado. Sin embargo, este ecosistema tiene un importante papel desde el punto de vista ecológico y económico, al ofrecer bienes y servicios (ver capítulo doce sobre Servicios ambientales que proporciona la zona costera, en esta sección) invaluable en las costas tropicales y subtropicales.

Este ecosistema brinda protección y estabilidad a la costa porque forma barreras que protegen la tierra continental de tormentas, mareas, inundaciones y de la erosión. Esto es posible gracias a su capacidad para disipar la energía de las olas, reducir el volumen y la velocidad del flujo de agua, retener el exceso de agua de manera similar a una esponja, actuar como barrera rompevientos y atrapar los sedimentos con sus raíces. Si se eliminaran los manglares, las olas causarían erosión y colocarían en suspensión grandes cantidades de sedimentos, aumentando la turbidez del agua y afectando a ecosistemas relacionados como los arrecifes de coral y pastos marinos. Además, en caso de tormentas como los huracanes, las pérdidas materiales y humanas podrían ser mayores.

Los manglares son fuente de agua para uso doméstico, agropecuario e industrial, así como para otros ecosistemas con los que están interconectados. Controlan la calidad del agua, purificándola, ya que sus sedimentos anaerobios tienen la capacidad de atrapar nutrientes inorgánicos, metales pesados y plaguicidas, sin afectar a los árboles, por ello se consideran como “plantas de tratamiento de agua”. También ayudan a estabilizar las condiciones climáticas locales, principalmente la temperatura y la precipitación, y tienen un papel relevante en la captura de carbono, acción que permite purificar la atmósfera.

Los manglares tienen un alto valor económico y ecológico ya que mantienen las pesquerías, son fuente de energía, alimento, medicina y recreación. Protegen la costa del oleaje, las tormentas, la inundación y la erosión, purifican el agua, mantienen una alta diversidad y capturan el CO₂ del ambiente.

Además tienen un valor estético y paisajístico, aspecto que favorece el desarrollo de actividades recreativas y turísticas. Por otra parte, algunas comunidades le dan un significado místico-religioso, al utilizarlo para sus actividades religiosas y espirituales.

Las especies de mangle han sido usadas con fines medicinales por sus propiedades astringentes y desinfectantes, por ejemplo, para el alivio de enfermedades estomacales, dolores de muela, úlceras, entre otros padecimientos.

Se estima que entre 80% y 90% de los peces de valor comercial del Golfo de México, viven en los manglares durante alguna etapa de sus vidas. Por otra parte, se ha relacionado la cobertura de manglar y la producción de camarón, encontrándose que en la costa pacífica de Nicaragua una hectárea de manglar es responsable de la producción anual de 150 kg de camarón.

Los taninos extraídos de estas plantas se usan en el curtido y la tinción. En algunos lugares emplean las hojas como forraje y también se extrae de este ecosistema leña y madera. Esta última se aprovecha para las construcciones rurales y turísticas (casas, muebles, estantes, artesanías, etc.), la elaboración de carbón y de artes de pesca.

Los manglares son altamente productivos en términos de madera, biomasa, producción de hojarasca y exportación de carbono orgánico. Son capaces de exportar energía, materiales y organismos a ecosistemas adyacentes. Mantienen una cadena alimenticia heterótrofa diversa, que incluye peces, crustáceos (ejemplo: camarón), aves, reptiles (ejemplo: cocodrilos, tortugas), pequeños mamíferos y numerosos invertebrados (ejemplo: mejillones, ostiones). Brindan refugio y alimento a los juveniles de muchas especies que habitan en su fase adulta en el estuario y el mar y sirven de sustrato a algas e invertebrados. Se estima que entre 80% y 90% de los peces de valor comercial del Golfo de México viven en los manglares durante alguna etapa de sus vidas (Bossi y Cintrón, 1990).

Por otra parte, se ha relacionado la cobertura de manglar y la producción de camarón peneido (especie que pasa su estadio juvenil en el manglar), encontrándose que en la costa pacífica de Nicaragua una hectárea de manglar es responsable de la producción anual de 150 kg de camarón; en la de Costa Rica, 99 kg; en Guatemala, 185 kg; y en el Salvador, 88.6 kg (Pauly e Ingles, 1988).

Problemática actual

En los manglares se desarrolla un conjunto de actividades que modifican y deterioran este ecosistema, y afectan la composición de especies, estructura y funcionamiento. A continuación se describe cada una de ellas (Cuadro 1).

La deforestación y el drenaje de áreas de manglar, para llevar a cabo tanto actividades agrícolas (ejemplo: cultivo de arroz) como ganaderas, es una práctica que ha ido en aumento, especialmente en la época de secas donde escasea el agua. Estas actividades implican cambios en la topografía e hidrología, uso de agroquímicos como fertilizantes, herbicidas, desparasitantes, entre otros, lo cual favorece la contaminación y compactación del suelo, la contaminación de los mantos acuíferos y la intrusión salina,

Las actividades agropecuarias, pesqueras, de camaronicultura, turismo, asentamientos humanos, industrias e infraestructuras de diversos tipos, impactan negativamente sobre los manglares, ya que disminuyen su cobertura, modifican la topografía e hidrología y contaminan el agua y el suelo principalmente.

Actividades humanas e infraestructura	Modificaciones		Contaminación del agua	Pérdida de las propiedades físico-químicas del suelo y contaminación	Alteración ciclo de nutrientes	Contaminación		Pérdida hábitats de vida silvestre	Pérdida de valor estético escénico
	Cobertura vegetal	Topografía				Hidrología	Heces fecales		
Agricultura	x	x	x	-	x	x	x	x	x
Ganadería	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Camaronicultura	x	x	x	-	x	-	x	x	x
Asentamientos humanos	x	x	x	x	-	x	-	x	x
Carreteras y caminos	x	x	x	-	-	x	-	x	x
Diques y bordos	x	x	x	-	-	x	-	x	x
Presas y desviación de cauces cuenca arriba	-	-	x	-	-	-	-	x	x
Redes eléctricas y petroleras	x	x	x	-	-	x	-	-	x
Termoelectricas e hidroelectricas	x	x	x	-	-	-	-	x	x
Marinas y puertos	x	x	x	-	x	-	x	x	x
Extracción de madera para construcción	x	-	-	-	-	-	-	x	x
Extracción de madera para carbón	x	-	-	-	-	-	-	x	x
Extracción de leña	-	-	-	-	-	-	-	x	-
Extracción de flora y fauna nativa	-	-	-	-	-	-	-	x	x
Turismo incontrolado	x	-	-	x	-	x	-	x	x

Cuadro 11 Actividades humanas que se llevan a cabo en el manglar o en la cuenca, así como las modificaciones y alteraciones que producen en este ecosistema, de manera directa o indirecta.

manifestándose una pérdida de las propiedades físico-químicas del suelo y de la calidad del agua. Muchas veces estos terrenos son abandonados cuando baja la productividad, y resulta muy difícil lograr la recuperación ambiental de los mismos, a ello se aúna la pérdida del valor paisajístico del lugar. La especie de mangle más afectada por las actividades agrícolas y ganaderas es el botoncillo, ya que se ubica en la parte posterior del manglar, zona hacia donde se expande la frontera agropecuaria.

Otro uso destructivo del manglar es la construcción de estanques grandes para el cultivo de camarón, donde se acelera el desarrollo de postlarvas de camarón a adultos, lo que evita las etapas del ciclo de vida que normalmente se dan en el estuario. Esta actividad se ha visto afectada por la carencia de postlarvas y por enfermedades que atacan al camarón. Además, los ingresos de la misma prácticamente no benefician a las comunidades locales, sino más bien a los dueños de estas empresas, en contraste con el deterioro de la calidad del agua y del hábitat, así como la pérdida de variabilidad genética de la especie.

El aumento de la población humana en las zonas costeras ha ejercido una presión sobre el ecosistema de manglar. Éste se ha visto modificado por el relleno (cambios en la topografía e hidrología) para el establecimiento de asentamientos humanos. Muchas veces éstos son irregulares, carecen de sistema de drenaje, vierten los desechos hacia los cuerpos de agua, lo que provoca la contaminación de los mismos por bacterias y otros residuos orgánicos e inorgánicos que pueden llegar a eutrofizar los mismos.

La construcción de carreteras, caminos e infraestructura de redes eléctricas y petroleras modifica la topografía e interrumpe los flujos de agua y nutrientes, perdiéndose la conectividad en este ecosistema. En la zona que queda aislada y deja de recibir aportes de agua, por lo general se registra un aumento de la salinidad, lo cual puede provocar un reemplazo de especies, hacia la dominancia del mangle negro (especie con mayor tolerancia a la salinidad), una menor altura de la vegetación o la muerte masiva del manglar en esta área y zonas adyacentes.

También la construcción de bordos y diques para retener agua modifica la composición, la estructura y el funcionamiento del manglar. En este caso se puede dar un

reemplazo de especies, favoreciéndose la dominancia del mangle rojo, el cual soporta mayor inundación.

La construcción de presas cuenca arriba y la desviación de los cauces de los ríos, aun a grandes distancias del manglar, puede interrumpir los flujos y aportes de agua dulce, nutrientes y sedimentos que llegan a este ecosistema, ocasionando la pérdida de gran parte o de la totalidad del manglar.

La transformación de los manglares en áreas para industrias, termoeléctricas, hidroeléctricas, marinas y puertos, no sólo provoca la deforestación, sino también la contaminación química, térmica y sónica (por ruido) del entorno, por los insumos y productos de estas actividades, que pueden afectar el tamaño de las poblaciones de las especies comerciales que se pescan en el área, así como la calidad del producto.

La tala clandestina de mangle en pequeños volúmenes, denominada comúnmente como "tala hormiga", cada vez está impactando más de manera negativa al manglar porque se realiza una extracción selectiva de especies y de tallas (altura y grosor) para la construcción, elaboración de carbón y artes de pesca, etc. Además, se extrae leña, lo cual interrumpe el proceso de descomposición y la incorporación de materia orgánica al suelo, alterándose el ciclo de nutrientes.

Por otra parte, el saqueo de la flora y fauna acompañante de este ecosistema (orquídeas, pericos, cocodrilos, etc.) para su comercialización ilegal, altera el hábitat y la biodiversidad.

El turismo incontrolado, con una carga superior a la capacidad del sistema, también lo afecta. Muchas veces los turistas arrojan basura, extraen flora y fauna del lugar, encienden fogatas, realizan actividades acuáticas que rebasan la capacidad del sistema para autorregularse, lo cual provoca un desequilibrio que conlleva al deterioro del manglar y a la pérdida de su valor escénico y paisajístico, aspecto importante para sostener esta actividad.

La conjunción de todas estas presiones sobre el manglar ha derivado en la disminución de la cobertura vegetal del mismo, afectándose la estructura y el funcionamiento de

este ecosistema, así como su función de hábitat de vida silvestre, valor escénico y paisajístico, lo que al final repercute negativamente en las actividades económicas que en él se desarrollan, disminuyendo los ingresos (Figura 1). Por tanto, los beneficios económicos de mantener el manglar intacto son muy superiores a los eventuales beneficios de deteriorarlo para algunas actividades productivas.

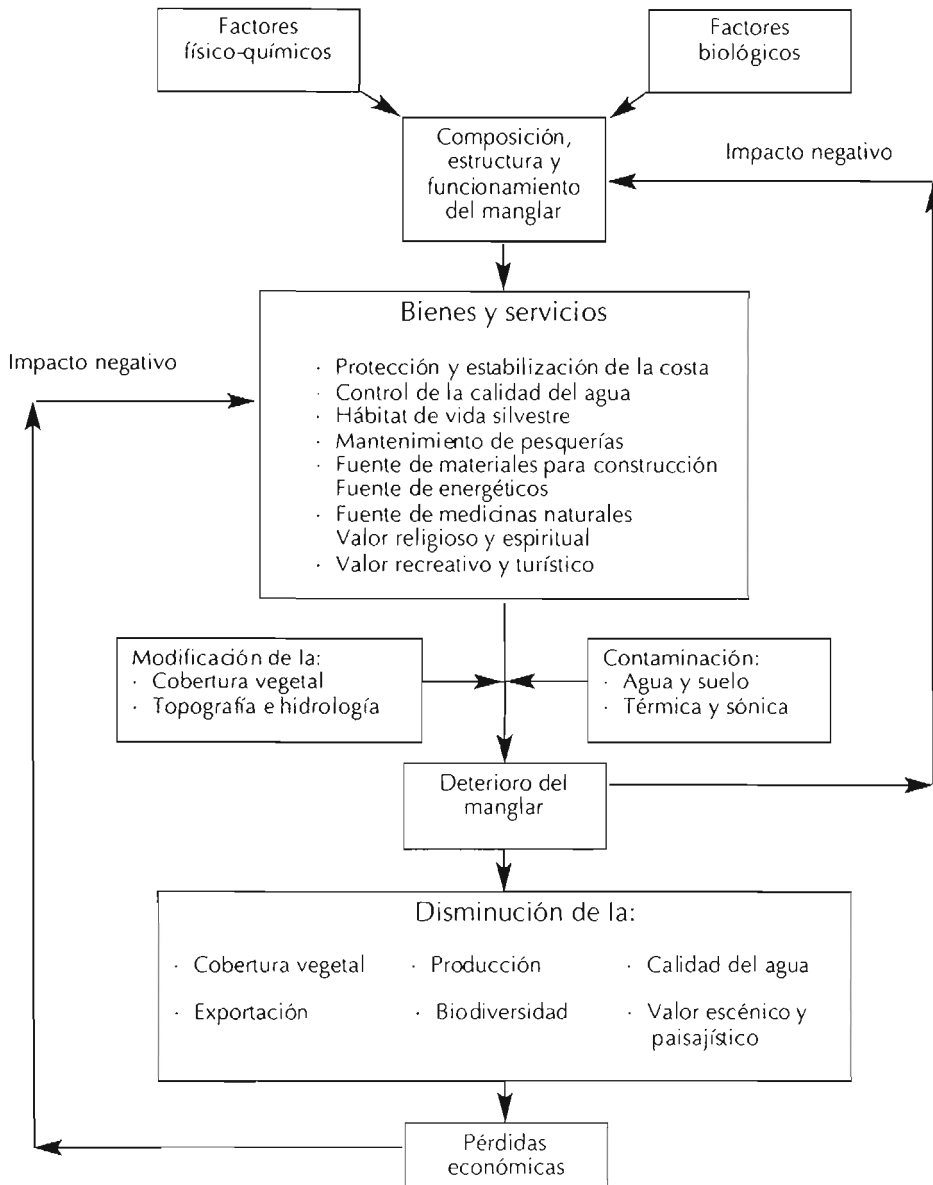


Figura 1| Los factores físicos, químicos y biológicos determinan la composición, estructura y funcionamiento del manglar, ofreciendo bienes y servicios. Las alteraciones en el manglar por factores antrópicos deterioran este ecosistema, traduciéndose en pérdidas económicas.

Conservación y restauración

En México la normatividad comprende un conjunto de leyes, reglamentos y normas que se relacionan con el manglar. La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente, en el artículo 28, señala que se requerirá de autorización en materia de impacto ambiental para obras y actividades en manglares. En la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento, las áreas de manglar se consideran zonas de conservación, por sus características físicas y biológicas. Las mismas están sometidas a un régimen de protección y aprovechamiento restringido, siempre que no se ponga en riesgo el suelo, la calidad del agua y la biodiversidad (artículo 13). Por su parte, el reglamento en materia de impacto ambiental señala, en su artículo 5, que todos aquellos que pretendan desarrollar alguna obra o actividad en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales deberán presentar una manifestación de impacto ambiental.

198

El ecosistema de manglar y las especies que lo componen se encuentran protegidos por las leyes, reglamentos y normas oficiales mexicanas, así como por convenciones internacionales. La tala de manglar constituye un delito federal penado con cárcel.

Además, las especies de mangles se encuentran en la categoría de protección especial de la NOM-059-SEMARNAT-2001, por lo que está prohibida la tala y extracción de estas especies, así como las alteraciones de su hábitat. Su preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración se rige por la NOM-022-SEMARNAT-2003.

El Código Penal para el Distrito Federal en materia de Fuero Común y para toda la República en materia de Fuero Federal (Diario Oficial de la federación, 6 de febrero del 2002), en el título correspondiente a delitos ambientales, establece sanciones por la descarga, depósito o infiltración de aguas residuales, líquidos químicos o bioquímicos, desechos o contaminantes en los suelos, aguas marinas, ríos, cuencas, vasos y demás depósitos o corrientes de agua de jurisdicción federal, que ocasionen o puedan ocasionar daños a la salud pública, a los recursos naturales, a la flora, a la fauna,

a la calidad del agua de las cuencas o a los ecosistemas, así como por provocar incendios, destruir, desecar, rellenar, talar, desmontar, cambiar el uso del suelo y realizar aprovechamiento forestal en manglares, sin autorización.

Por otra parte, la superficie de manglar influenciada por las mareas se considera propiedad federal y es administrada por la zona federal marítimo terrestre. En muchos casos, esta franja es muy estrecha y no alcanza a cubrir toda el área de manglar, especialmente en los manglares ribereños que ocupan una mayor superficie. En situaciones como estas, el manglar se encuentra desprotegido e incluso su superficie está incluida en las escrituras de los terrenos que colindan con los cuerpos de agua.

En el ámbito internacional existen dos convenciones en las que México participa y que contribuyen a la protección de este ecosistema y sus especies. Éstas son la Convención Internacional para la Conservación de los Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES).

Otra herramienta para la conservación de los manglares en México es la existencia de las Áreas Naturales Protegidas (ANP). De los 17 estados de la República que cuentan con manglares, sólo 8 tienen un área natural protegida. Cinco se ubican en los estados del Golfo de México y Caribe y tres en la costa del Pacífico. A esto se suma la variabilidad en número y superficie de las ANP por estado, así como la superficie de manglar que incluye cada una de ellas.

Actualmente, La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP (SEMARNAT) señala 16 ANP que contienen ecosistema de manglar y son: Pantanos de Centla en Tabasco, Los Petenes y Laguna de Términos en Campeche; Ría Celestún, Ría Lagartos y Yum Balam en Yucatán; Isla Contoy, Tulum y Sian Kaan en Quintana Roo; El Vizcaíno en Baja California; Bahía de Loreto en Baja California Sur; Islas Marías en Nayarit; Huatulco y Lagunas de Chacahua en Oaxaca y La Encrucijada y la Sepultura en Chiapas.

Las ANP se consideran insuficientes en número y superficie para mantener la integridad de este ecosistema, ya que el manglar se encuentra interconectado con otros

ecosistemas que muchas veces no están protegidos, recibiendo tanto agua, como sedimentos, nutrientes y contaminantes de los mismos, de ahí la importancia de proteger el manglar y sus áreas de influencia.

A pesar de que existen en México varias experiencias sobre restauración y reforestación en manglares, son muy pocas las que se encuentran documentadas. Un ejemplo de ello es la restauración de áreas alteradas de manglar con mangle rojo, mediante siembra directa, en la costa de Chiapas. Aquí la selección adecuada de los sitios de colecta de los propágulos, la colecta directa en los árboles y el manejo correcto del material, aseguraron la baja mortalidad (1-4%) en la fase de establecimiento, período crítico en el ciclo de los manglares. La mortalidad después del establecimiento se debe a la temperatura, insolación y evaporación, especialmente en época de secas, así como a los daños ocasionados por animales y el hombre. El éxito de la restauración resulta de los factores antes mencionados que se combinan con una densidad de siembra apropiada y el interés de las comunidades en apropiarse del proyecto y sostenerlo en el tiempo (Reyes y Tobilla, 2002). Otros ejemplos se detallan en el capítulo seis sobre restauración y ecosistemas de manglar en la sección siete.

200

Para analizar la factibilidad económica de la restauración es necesario conocer y cuantificar tanto el valor económico como ecológico de este ecosistema. En este tema existe poco conocimiento, especialmente en América Latina. En Asia y Norteamérica se han desarrollado estudios que estiman un valor de 500 a 5,000 dólares por hectárea de manglar, los cuales varían en función del sitio analizado (Agüero, 1994).

Los métodos para la valoración económica son diversos. Se destacan el método de la disponibilidad a pagar, los modelos insumo-producto, los modelos de programación matemática, las técnicas de óptimo control y el método de funciones de coeficientes integrales. Este último ha sido muy utilizado en manglares debido a que considera los distintos parámetros (coeficientes) que sintetizan las interacciones fundamentales entre los diferentes componentes del ecosistema bajo uso. Éstos se dividen en cuatro grupos básicos: el sistema de recursos naturales (biomasa), el sistema ambiental (aire, agua, suelo), el sistema tecnológico (métodos y medios de producción e infraestructura) y el socioeconómico, integrado por el hombre, la cultura, las instituciones, las leyes, entre otros (Agüero, 1994, 1999). Para mayores detalles sobre la va-

loración económica de los servicios ambientales remitirse al capítulo doce sobre Servicios ambientales que proporciona la zona costera (Sección dos) y capítulo siete sobre Evaluación económica en la sección cinco.

Los ayuntamientos pueden desempeñar un papel importante en la preparación de programas de educación ambiental, en el establecimiento de alternativas de desarrollo sustentable en manglares, así como en la vigilancia y conservación de este ecosistema.

Pautas para el manejo

Para llevar a cabo un proceso de restauración, conservación y aprovechamiento adecuado del manglar, primero es importante conocer los factores físicos, químicos, biológicos y antrópicos que determinan la composición, estructura y funcionamiento de este ecosistema, así como la normatividad aplicable y las estrategias de conservación existentes. Debido a la dinámica de este ecosistema, se requieren precisar criterios claros para la delimitación de las zonas de manglar y áreas de influencia, así como definir la propiedad o tenencia de estos terrenos. El análisis debe extenderse a toda la cuenca, ya que las actividades llevadas a cabo cuenca arriba pueden afectar la salud de este ecosistema cuenca abajo. Para ello, las instituciones de educación e investigación (universidades, institutos tecnológicos, centros de investigación, etc.) pueden brindar un gran apoyo. De ser posible deberían cuantificarse o estimarse los valores directos e indirectos que ofrece este ecosistema, lo cual facilitaría la toma de decisiones y la aplicación de sanciones en caso que se requiera. Luego deben identificarse los actores sociales que usan los recursos del manglar y/o realizan actividades que pueden alterarlo, para brindarles información y capacitación. Paralelamente es recomendable establecer un programa de educación ambiental que incorpore a todos los sectores productivos y a todas las generaciones de la zona, con el fin de dar a conocer los bienes y servicios que ofrece el manglar, la importancia de conservarlo y las posibles maneras de aprovecharlo sustentablemente.

Los elementos anteriores brindarán las bases para la elaboración de planes de manejo participativos, el ordenamiento de las actividades permitidas en el manglar y en

las áreas de influencia, así como las acciones y mecanismos necesarios para la implementación del plan de manejo y el ordenamiento participativo.

Las actividades potenciales que podrían tener éxito en estas áreas y mantener el equilibrio del sistema son el ecoturismo, el pago de servicios ambientales por captura de carbono y refugio de especies comerciales, así como el establecimiento de unidades para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMAS). Es necesario destacar que estas actividades requieren de un plan de manejo específico para cada área, en función de las características particulares de las mismas; por tanto, los cabildos juegan un papel fundamental en la promoción de actividades amigables con los manglares y en la vigilancia de las mismas.

Además, podría valorarse el aumento del número de áreas naturales protegidas por estado, donde se incluya al manglar y a los ecosistemas interconectados con él, incluso promover a escala local las reservas en terrenos privados que cuenten con estos ecosistemas. Paralelamente, se recomienda invertir esfuerzos en declarar sitios RAMSAR en zonas que incluyan manglares de gran importancia y en un estado de conservación aceptable. Todas estas acciones pueden ser impulsadas y dirigidas por los gobiernos municipales involucrados.

Es importante destacar que los cabildos pueden jugar un papel relevante en la difusión del conocimiento de los manglares, la propuesta de programas de educación ambiental, la organización comunitaria para el desarrollo de alternativas económicas redituables, compatibles con este ecosistema y que eleven el nivel de vida de los pobladores. Así mismo, pueden garantizar la vigilancia y conservación de estos recursos para las generaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, M.** 1994. Valoración social y económica de los manglares: problemas y método. El método de los coeficientes integrales. *Faro*: 17-22.
- Agüero, M.** 1999. Cómo estimar el valor económico de los manglares: un método y un ejemplo. En: A. Yañez-Arancibia y A. L. Lara (eds.). *Ecosistemas de manglar en América tropical*. Instituto de Ecología, A.C., México; UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring M.D., pp. 317-342.
- Bossi, R. y G. Cintrón.** 1990. *Manglares del Gran Caribe. Hacia un manejo sostenible*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Nairobi, Kenia, ACC, Barbados, Instituto Panos, Washington, 35 p.
- Cintrón, G. y Y. Schaffer-Novelli.** 1985. Características y desarrollo estructural de los manglares de Norte y Sur América. *Ciencia Interamericana* 25(1-4): 4-15.
- Flores, M. G.; J. Jiménez; X. Madrigal; F. Moncayo y F. Takaki.** 1971. *Memorias del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana*. Secretaría de Recursos Hidráulicos, México, D.F.
- Jiménez, J. A.** 1994. *Los manglares del pacífico centroamericano*. Universidad Nacional, Instituto Nacional de Biodiversidad y Fundación UNA. Heredia, Costa Rica. 336 p.
- Larcher, A.** 1977. *Ecofisiología Vegetal*. Ediciones Omega, Barcelona, España, 305 p.
- Loa, E.** 1994. Los manglares de México: sinopsis general para su manejo. En: D. O. Suman (ed.). *El Ecosistema de Manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe: Su Manejo y Conservación*. Miami, Florida, pp. 144-151
- López-Portillo, J. y E. Ezcurra.** 2002. Los manglares de México: una revisión. *Madera y Bosques*. Número especial, pp. 27-51.
- Lot, A., C. Vázquez y F. Menéndez.** 1975. Physionomic and floristic changes near the northern limit of mangroves in the Gulf coast of Mexico. En: G. E. Walsh, S.C. Snedaker y H. W. Teas (eds.). *Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves*. Institute of Food and Agricultural, Sciences, University of Florida, pp. 23-42.

- Lugo, A. E. y S. C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 39-64.
- McKee, K. L. 1995. Mangrove species distribution and propagule predation in Belize: an exception to the dominance-predation hypothesis. *Biotropica* 27 (3): 334-345.
- Moreno-Casasola, P.; J. L. Rojas; D. Zárate. M. A. Ortiz, A. L. Lara y T. Saavedra. 2002. Diagnóstico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática. *Madera y Bosques*. Número especial: 61-88.
- Pauly, D. y J. Ingles. 1998. The relationship between shrimp yields and intertidal vegetation areas: a reassessment. En: A. Yáñez-Arancibia y D. Pauly (Eds.). *IOC/FAO Workshop on recruitment in tropical coastal demersal communities*. IOC Workshop Report 44 suplement. Ciudad del Carmen, pp. 231-241.
- Ravinowitz, D. 1978. Dispersal properties of mangrove propagules. *Biotropica* 10(1): 47-57.
- Reyes, M. A. y C. Tobilla. 2002. Restauración de áreas alteradas de manglar con *Rhizophora mangle* en la Costa de Chiapas. *Madera y Bosques*. Número especial: 103-114.
- Rico-Gray, V. 1982. *Rhizophora harrisonii* (Rhizophoraceae), un nuevo registro en las costas de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 41: 163-165.
- Rico-Gray, V. y A. Lot. 1983. Producción de hojarasca del manglar de la laguna de La Mancha, Veracruz, México. *Biótica* 8(3): 295-301.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1991. *Inventario Nacional de Gran Visión*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría Forestal, México. 158 p.
- Tobilla, C. y E. Orihuela. 2002. Floración, establecimiento de propágulos y supervivencia de *Rhizophora mangle* L. en el manglar de Barra de Tecoaapa, Guerrero, México. *Madera y Bosques*. Número especial: 89-102.
- Thom, B. G. 1967. Mangrove ecology and deltaic geomorphology: Tabasco, Mexico. *Journal of Ecology* 55: 301-343.
- Thom, B. G. 1984. Coastal landforms and geomorphic processes. En: S. C. Snedaker y J. G. Snedaker (eds.). *The mangrove ecosystem: research method*. UNESCO, París.
- Tomlinson, P. B. 1986. *The botany of mangroves*. Cambridge University Press., Cambridge, 413 p.
- Twilley, R. R. 1995. Properties of mangrove ecosystems in relation to the energy signature of coastal environments. En: C. A. S. May. (ed.). *Maximum power*. University of Columbia Press, Niwot, Colorado, pp. 43 — 62.
- Yáñez-Arancibia, A. 1999. Terms of reference towards coastal management and sustainable development in Latin America: introduction to special issues on progress and experiences. *Ocean and Coastal Management* 42 (2-4): 77-104.
- Yáñez-Arancibia, A, R. R. Twilley y A. L. Lara. 1998. Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y Bosques* 4(2): 3-19