

Mangroves Restoration and Management

Basic knowledge

Módulos relacionados

- [Adaptación y mitigación al cambio climático](#)
- [Los bosques y el agua](#)
- [Productos forestales no madereros](#)
- [Respuestas forestales a los desastres](#)
- [Restauración de bosques y paisajes](#)
- [Silvicultura en bosques naturales](#)



Este módulo ofrece orientaciones a las personas interesadas en la conservación, restauración y gestión del ecosistema de manglares. Presenta una visión holística, equilibrando las funciones de la amplia variedad de bienes y servicios suministrados por los manglares, desde mariscos y carbón vegetal hasta la retención del sedimento y la atenuación de las mareas de tempestad. Los manglares crecen a lo largo de las costas, pero su influencia se extiende a menudo tanto tierra adentro como mar adentro.



Este módulo ofrece orientaciones a las personas interesadas en la conservación, restauración y gestión del ecosistema de manglares. Presenta una visión holística, equilibrando las funciones de la amplia variedad de bienes y servicios suministrados por los manglares, desde mariscos y carbón vegetal hasta la retención del sedimento y la atenuación de las mareas de tempestad. Los manglares crecen a lo largo de las costas, pero su influencia se extiende a menudo tanto tierra adentro como mar adentro.

Los manglares son ecosistemas de árboles o arbustos halófilos, siempre verdes, que crecen a lo largo de las áreas costeras, influenciadas por la marea, de las zonas tropicales, subtropicales y templadas y moderadas. Estos sistemas existen en 123 países y cubren alrededor de 150 000 km² (15 millones de ha)[1]. Su estructura, composición de especies y características ecológicas son ampliamente diferentes, así como el uso y el valor asignados por las poblaciones humanas.

Los ecosistemas de manglares ofrecen hábitats para crustáceos y moluscos comestibles, áreas para viveros y alimentos para peces y camarones, además de hábitats para pájaros y demás fauna silvestre. Las hojas caídas y demás residuos producidos y arrastrados desde los manglares ofrecen la base alimentaria para animales como cangrejos, almejas, ostras, otras especies de mariscos/moluscos y demás peces vertebrados que, en su conjunto, alimentan a millones de personas.

Los ecosistemas de manglares son diferentes en cuanto a salinidad, profundidad e índices de flujo del agua que los alimenta y les da forma. Los sustratos sobre los cuales crecen (y que ellos, a su vez, influyen) son también enormemente variables y van desde residuos de coral hasta limos y arcillas profundos enriquecidos con materia orgánica abundante.

[1] Spalding, Kainuma y Collins (2010).

Destrucción y degradación del ecosistema

La gente ha estado convirtiendo los ecosistemas de manglares desde hace más de 500 años. Hoy día, los manglares están bajo presión casi donde quiera que existan –por ejemplo, para la construcción de estanques de camarones y arrozales y para su utilización en las tierras altas, por ejemplo, para la siembra de palmeras oleaginosas y la expansión urbana; en algunas áreas, esta urbanización es una de las principales amenazas. En algunos países, los manglares se consideran páramos y no parte del patrimonio forestal nacional; lo que significa que no están amparados por las leyes forestales. En otros, los manglares están protegidos por la jurisdicción de los departamentos forestales que utilizan también una buena parte de sus recursos madereros en perjuicio de otros productos y servicios ecosistémicos.

El elevado ritmo de destrucción continua de los manglares se compensa sólo en parte por los esfuerzos de restauración y reforestación. Además, el aumento del nivel del mar amenaza la existencia de hasta un 25 por ciento de los ecosistemas de manglares remanentes[2]. En general, los manglares pueden estar al paso con el aumento del nivel del mar, reteniendo sedimentos o desplazándose internamente o en tierras más altas. Hoy día, muchos manglares están en peligro por el aumento del nivel del mar, sin embargo, dado que las represas

hídricas y su canalización bloquean sus fuentes de sedimentos, o su migración tierra adentro, están amenazados por la topografía escarpada o por la infraestructura humana (p.ej., carreteras y malecones).

[2] Alongi (2008).

Usos para las poblaciones

Los seres humanos utilizan los ecosistemas de manglares para una amplia gama de propósitos. Por ejemplo, los manglares son fuentes directas de alimento en forma de mariscos, langostas, cangrejos y demás organismos que viven en los árboles y por debajo de la superficie del suelo. Los mangles se aprovechan para leña, carbón vegetal, construcción de muelles y casas, y como sustratos para la ostricultura. Las hojas de algunas especies se usan como forraje para cabras y ovejas, mientras en algunas áreas se utilizan para el pastoreo estacional de camellos y otros tipos de ganado. Las palmas de mangle se utilizan a veces para la producción de alcohol, y sus hojas se utilizan como fuente de fibra y para chozas de paja. También los beneficios indirectos derivados de los manglares son diversos, por ejemplo pueden proteger las áreas costeras contra fuertes vientos y mareas, suministrar zonas de desove para peces vertebrados y retener el sedimento. A nivel mundial, el valor económico total sólo de los camarones, cangrejos y moluscos del manglar se calcula en más de 4 000 millones de USD al año[3].

[3] Ellison (2008).

Gestión de usos múltiples

A pesar del reconocimiento de los valores de los ecosistemas de manglares para la biodiversidad y que se reconoce cada día más la exigencia de enfoques holísticos de gestión y restauración, muchas políticas de gestión de manglares siguen basándose en la extracción de madera para carbón vegetal, para materiales de construcción y como materia prima para la fabricación del rayón. En muchos casos, sin embargo, los beneficios combinados, directos e indirectos, de los ecosistemas intactos de manglares son mucho mayores que los beneficios financieros del aprovechamiento maderero.

En algunas áreas se han realizado muchos avances en la gestión sostenible de los manglares. Sin embargo, la disminución del rendimiento, producida por el repetido aprovechamiento, advierte que se debería brindar mayor atención a las repercusiones del aprovechamiento maderero de los manglares sobre los suelos y los organismos que viven en ellos.

Carbono

La protección, restauración y gestión sostenible de los ecosistemas de manglares puede contribuir a mitigar el cambio climático mundial. En efecto, los bosques intactos de manglares almacenan enormes cantidades de carbono en sus árboles y suelos y su crecimiento es capaz de producir rápidos índices de fijación del carbono.

Escudo biológico costero

Los manglares brindan enormes contribuciones a la protección de las costas contra vientos, ondas y rocío salino; esta función protectora fue evidente, por ejemplo, en el maremoto catastrófico sucedido en el Océano Índico en 2004, en el tifón Haiyan en el Pacífico y en las mareas de tempestad asociadas con los diferentes huracanes del Atlántico. El efecto de protección de los manglares es diferente en función de la anchura, altura y densidad de los árboles, la topografía y batimetría adyacentes, y la naturaleza de las ondas incidentes.

Desafíos para la restauración

Los esfuerzos de rehabilitación de los manglares están siempre amenazados por la combinación inadecuada de especies con las condiciones hidrológicas; la depredación de los propágulos; las pobres condiciones del suelo (p.ej., suelos bisulfatados que se pueden desarrollar después del drenaje); malezas; enfoque inadecuado sobre los árboles a expensas de otros organismos; y los costos, que pueden variar de pocos centenares de dólares por ha a más de mil dólares por ha. Sin embargo, es necesario ponderar los costos con respecto a los muchos beneficios ofrecidos por ecosistemas de manglares que funcionan para una amplia gama de partes interesadas.

Información

Los conocimientos sobre la gestión y restauración de los manglares están cada vez más accesibles, junto con la experiencia y el reconocimiento de la importancia de estos ecosistemas críticos. Sin embargo, aún quedan por aprovechar grandes cantidades de conocimiento local y tradicional.

Restauración y gestión del ecosistema de manglares contribuye a los ODS:

2 HAMBRE
CERO



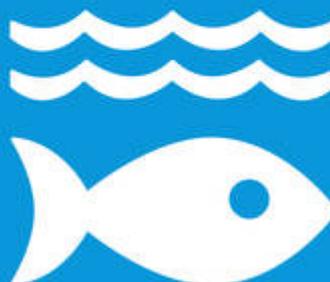
6 AGUA LIMPIA
Y SANEAMIENTO



13 ACCIÓN
POR EL CLIMA



14 VIDA
SUBMARINA





Módulos relacionados

- [Adaptación y mitigación al cambio climático](#)
- [Los bosques y el agua](#)
- [Productos forestales no madereros](#)
- [Respuestas forestales a los desastres](#)
- [Restauración de bosques y paisajes](#)
- [Silvicultura en bosques naturales](#)

Los manglares son ecosistemas de árboles o arbustos halófilos, siempre verdes, que crecen a lo largo de las áreas costeras, influenciadas por la marea, de las zonas tropicales, subtropicales y templadas y moderadas. Estos sistemas existen en 123 países y cubren alrededor de 150 000 km² (15 millones de ha)[1]. Su estructura, composición de especies y características ecológicas son ampliamente diferentes, así como el uso y el valor asignados por las poblaciones humanas.

Los ecosistemas de manglares ofrecen hábitats para crustáceos y moluscos comestibles, áreas para viveros y alimentos para peces y camarones, además de hábitats para pájaros y demás fauna silvestre. Las hojas caídas y demás residuos producidos y arrastrados desde los manglares ofrecen la base alimentaria para animales como cangrejos, almejas, ostras, otras especies de mariscos/moluscos y demás peces vertebrados que, en su conjunto, alimentan a millones de personas.

Los ecosistemas de manglares son diferentes en cuanto a salinidad, profundidad e índices de flujo del agua que los alimenta y les da forma. Los sustratos sobre los cuales crecen (y que ellos, a su vez, influyen) son también enormemente variables y van desde residuos de coral hasta limos y arcillas profundos enriquecidos con materia orgánica abundante.

[1] Spalding, Kainuma y Collins (2010).

Destrucción y degradación del ecosistema

La gente ha estado convirtiendo los ecosistemas de manglares desde hace más de 500 años. Hoy día, los manglares están bajo presión casi donde quiera que existan –por ejemplo, para la construcción de estanques de camarones y arrozales y para su utilización en las tierras altas, por ejemplo, para la siembra de palmeras oleaginosas y la expansión urbana; en algunas áreas, esta urbanización es una de las principales amenazas. En algunos países, los manglares se consideran páramos y no parte del patrimonio forestal nacional; lo que significa que no están amparados por las leyes forestales. En otros, los manglares están protegidos por la jurisdicción de los departamentos forestales que utilizan también una buena parte de sus recursos madereros en perjuicio de otros productos y servicios ecosistémicos.

El elevado ritmo de destrucción continua de los manglares se compensa sólo en parte por los esfuerzos de restauración y reforestación. Además, el aumento del nivel del mar amenaza la existencia de hasta un 25 por ciento de los ecosistemas de manglares remanentes[2]. En general, los manglares pueden estar al paso con el aumento del nivel del mar, reteniendo sedimentos o desplazándose internamente o en tierras más altas. Hoy día, muchos manglares están en peligro por el aumento del nivel del mar, sin embargo, dado que las represas hídricas y su canalización bloquean sus fuentes de sedimentos, o su migración tierra adentro, están amenazados por la topografía escarpada o por la infraestructura humana (p.ej., carreteras y malecones).

[2] Alongi (2008).

Usos para las poblaciones

Los seres humanos utilizan los ecosistemas de manglares para una amplia gama de propósitos. Por ejemplo, los manglares son fuentes directas de alimento en forma de mariscos, langostas, cangrejos y demás organismos que viven en los árboles y por debajo de la superficie del suelo. Los mangles se aprovechan para leña, carbón vegetal, construcción de muelles y casas, y como sustratos para la ostricultura. Las hojas de algunas especies se usan como forraje para cabras y ovejas, mientras en algunas áreas se utilizan para el pastoreo estacional de camellos y otros tipos de ganado. Las palmas de mangle se utilizan a veces para la producción de alcohol, y sus hojas se utilizan como fuente de fibra y para chozas de paja. También los beneficios indirectos derivados de los manglares son diversos, por ejemplo pueden proteger las áreas costeras contra fuertes vientos y mareas, suministrar zonas de desove para peces vertebrados y retener el sedimento. A nivel mundial, el valor económico total sólo de los camarones, cangrejos y moluscos del manglar se calcula en más de 4 000 millones de USD al año[3].

[3] Ellison (2008).

Gestión de usos múltiples

A pesar del reconocimiento de los valores de los ecosistemas de manglares para la biodiversidad y que se reconoce cada día más la exigencia de enfoques holísticos de gestión y restauración, muchas políticas de gestión de manglares siguen basándose en la extracción de madera para carbón vegetal, para materiales de construcción y como materia prima para la fabricación del rayón. En muchos casos, sin embargo, los beneficios combinados, directos e indirectos, de los ecosistemas intactos de manglares son mucho mayores que los beneficios financieros del aprovechamiento maderero.

En algunas áreas se han realizado muchos avances en la gestión sostenible de los manglares. Sin embargo, la disminución del rendimiento, producida por el repetido aprovechamiento, advierte que se debería brindar mayor atención a las repercusiones del aprovechamiento maderero de los manglares sobre los suelos y los organismos que viven en ellos.

Carbono

La protección, restauración y gestión sostenible de los ecosistemas de manglares puede contribuir a mitigar el cambio climático mundial. En efecto, los bosques intactos de manglares almacenan enormes cantidades de carbono en sus árboles y suelos y su crecimiento es capaz de producir rápidos índices de fijación del carbono.

Escudo biológico costero

Los manglares brindan enormes contribuciones a la protección de las costas contra vientos, ondas y rocío salino; esta función protectora fue evidente, por ejemplo, en el maremoto catastrófico sucedido en el Océano Índico en 2004, en el tifón Haiyan en el Pacífico y en las mareas de tempestad asociadas con los diferentes huracanes del Atlántico. El efecto de protección de los manglares es diferente en función de la anchura, altura y densidad de los árboles, la topografía y batimetría adyacentes, y la naturaleza de las ondas incidentes.

Desafíos para la restauración

Los esfuerzos de rehabilitación de los manglares están siempre amenazados por la combinación inadecuada de especies con las condiciones hidrológicas; la depredación de los propágulos; las pobres condiciones del suelo (p.ej., suelos bisulfatados que se pueden desarrollar después del drenaje); malezas; enfoque inadecuado sobre los árboles a expensas de otros organismos; y los costos, que pueden variar de pocos centenares de dólares por ha a más de mil dólares por ha. Sin embargo, es necesario ponderar los costos con respecto a los muchos beneficios ofrecidos por ecosistemas de manglares que funcionan para una amplia gama de partes interesadas.

Información

Los conocimientos sobre la gestión y restauración de los manglares están cada vez más accesibles, junto con la experiencia y el reconocimiento de la importancia de estos ecosistemas críticos. Sin embargo, aún quedan por aprovechar grandes cantidades de

conocimiento local y tradicional.

Restauración y gestión del ecosistema de manglares contribuye a los ODS:



15 VIDA
DE ECOSISTEMAS
TERRESTRES



In more depth

Tipos de ecosistemas

Es difícil establecer parámetros generales sobre los ecosistemas de manglares debido a las muchas condiciones geomorfológicas e hidrológicas bajo las cuales se desarrollan y a las variadas historias de perturbaciones naturales e inducidas por el hombre. Los manglares que crecen en llanuras aluviales de ríos ricos en sedimento tienden a ser extensivos y productivos. En el otro extremo hay manglares que se desarrollan en los residuos de coral, donde las olas arrastran continuamente los sedimentos finos. Los sistemas de manglares se pueden clasificar, por ejemplo, si están dominados por las especies *Avicennia* u otras especies de la familia de las Rhizophoraceae (p.ej., *Rhizophora* en la América tropical y *Rhizophora*, *Bruguiera* y *Ceriops* en el Asia tropical). Hay muchos sistemas de clasificación de los ecosistemas de manglares que ofrecen apreciaciones útiles para su manejo y restauración.

Tipos de ecosistemas

Es difícil establecer parámetros generales sobre los ecosistemas de manglares debido a las muchas condiciones geomorfológicas e hidrológicas bajo las cuales se desarrollan y a las variadas historias de perturbaciones naturales e inducidas por el hombre. Los manglares que crecen en llanuras aluviales de ríos ricos en sedimento tienden a ser extensivos y productivos. En el otro extremo hay manglares que se desarrollan en los residuos de coral, donde las olas arrastran continuamente los sedimentos finos. Los sistemas de manglares se pueden clasificar, por ejemplo, si están dominados por las especies *Avicennia* u otras especies de la familia de las Rhizophoraceae (p.ej., *Rhizophora* en la América tropical y *Rhizophora*, *Bruguiera* y *Ceriops* en el Asia tropical). Hay muchos sistemas de clasificación de los ecosistemas de manglares que ofrecen apreciaciones útiles para su manejo y restauración.

Pérdida de ecosistemas

El ritmo de pérdida de los ecosistemas de manglares ha disminuido en los últimos 10 años alrededor de dos por ciento por año, aunque este ritmo es mucho más alto en algunos países, principalmente en Asia[4]. Sin embargo, el ritmo promedio mundial sigue siendo alarmante, aunque se hayan logrado avances significativos en algunos países por medio de la restauración.

La destrucción de los manglares es ocasionada principalmente por el cultivo de camarones (“acuicultura”), o el rellenado de tierras para proveer espacio para asentamientos humanos, agricultura e infraestructura (p.ej., aeropuertos). Hoy día, los manglares están siendo convertidos a la acuicultura en un ritmo sólo levemente inferior del que se observaba hace algunas décadas, a pesar de la enorme evidencia actual de que la viabilidad financiera a largo plazo de estas tierras es considerablemente baja. Las propuestas para ulteriores conversiones de los manglares para cualquier otro propósito se deberían analizar pormenorizadamente, y se deberían prevenir los raleos ilegales, además de penalizarlos apropiadamente. Los estanques acuícolas abandonados, comunes en muchos lugares tropicales, a menudo están disponibles para la restauración; pero los esfuerzos de restauración podrían estar frustrados debido a que los suelos se han degradado y los flujos de agua se han interrumpido. Es preferible evitar el raleo de los manglares para cualquier finalidad, en vez de una rehabilitación dispendiosa más tarde. Los manglares también se están degradando debido a la sobreexplotación de recursos; la magnitud de dicha degradación se ha medido con menor precisión, pero es probable que sea enorme.

[4] Bankespoor, Dasgupt y Lange (2016).

Gestión de usos múltiples

Las áreas costeras están habitadas por diferentes tipos de personas que van desde comunidades empobrecidas y aisladas geográficamente hasta urbanidades ricas; y los valores atribuidos a los ecosistemas de manglares y a sus paisajes marinos y terrestres son, por consiguiente, ampliamente variados. Si bien el aprovechamiento maderero es importante tanto para la subsistencia como para la generación de ingresos, la mayoría de las poblaciones que dependen de los manglares busca sus ingresos principalmente de la pesca y actividades conexas. Algunas especies de peces que son importantes para la pesca comercial, de subsistencia y deportiva, completan la mayoría de su ciclo de vida en los manglares; y muchas otras usan los manglares durante los estadios larvales o juveniles.

Las poblaciones locales extraen diferentes tipos de crustáceos y moluscos que viven en los suelos de los manglares para subsistencia y venta. Incluso la pesca aparentemente demasiado alejada de los manglares (p.ej., la que se basa en especies características de los arrecifes de coral y praderas submarinas) se beneficia de la mejor calidad del agua proporcionada por los servicios de retención de sedimentos de ecosistemas de manglares sanos. Hay una enorme evidencia de que los ecosistemas integrados forestería-pesca-acuicultura ofrecen sólidas alternativas más factibles desde el punto de vista económico y ecológico que el raleo de los manglares para la acuicultura. Sin embargo, la justificación de los esfuerzos de protección y restauración de los manglares, y su uso sostenible, deberían incluir consideraciones sobre la amplia gama de bienes y servicios ecosistémicos que ofrecen a los beneficiarios, que van desde los usuarios para la subsistencia hasta los ecoturistas.

Función de escudo biológico

Dado que más de un tercio de la población mundial vive en las zonas costeras, la protección que ofrecen los manglares frente a mareas de tempestad, maremotos y vientos es fundamental y lo será mucho más aún en función de las proyecciones de tormentas con mayor intensidad debidas al cambio climático, a la par del aumento del nivel del mar. Los beneficios de escudo biológico ofrecidos por los manglares pueden ser sustanciales; varían con lo ancho del bosque además de la densidad y la altura de sus árboles y de acuerdo con las características topográficas, batimétricas, de las olas y de los vientos. En comparación con los enfoques de ingeniería estructural, comúnmente empleados para la protección de las comunidades costeras, por ejemplo, la construcción de rompeolas submareales y malecones, el mantenimiento y la restauración de los manglares en general son más económicos y duraderos; además, los manglares sanos ofrecen muchos otros bienes y servicios ecosistémicos de lo que dichos enfoques de ingeniería estructural podrían.

El costo de la restauración de los manglares, para que funjan de escudos biológicos contra las olas, es 2–6 veces inferior al costo de la construcción de rompeolas submarinos, alternativa bastante común[5]. La protección de los manglares intactos de la deforestación y de la degradación es incluso un enfoque más rentable que la protección de las áreas costeras de baja altitud, donde los asentamientos humanos a menudo se expanden rápidamente. La función de protección de las zonas costeras de los manglares está creciendo a la par del aumento del nivel del mar; sin embargo, cerca de un cuarto de todos los manglares está amenazado por dicho aumento[6]. Algunos ecosistemas de manglares podrían estar hambrientos de sedimentos debido al aumento del nivel del mar; mientras otros podrían estar imposibilitados de "migrar" a terrenos apropiados en función de la infraestructura topográfica o humana.

[5] Narayan *et al.* (2016).

[6] Alongi (2008).

Balance del carbono

Los ecosistemas de manglares están entre los ecosistemas más productivos del mundo, y contienen enormes cantidades de carbono en su biomasa y suelos, calculadas en 1 028 MgCO_{2-e} por ha (hasta un metro de profundidad en el subsuelo). Este almacenamiento del carbono, además del rápido ritmo de absorción del carbono por los mangles, se debería tomar en cuenta en las decisiones sobre la protección, aprovechamiento y gestión de los manglares. Las emisiones de carbono debidas al elevado ritmo de destrucción de los manglares se calculan en 0,25 PgCO₂ por año, lo que significa un valor total anual de emisiones mayor que el de España. El costo económico marginal del daño al medioambiente mundial se calcula en 41 USD por MgCO₂ emitidos en la atmósfera; de tal forma, al detener la destrucción de los manglares se ahorrarían alrededor de 9 800 millones de USD al año en todo el mundo.

Tratamiento de las aguas residuales

La habilidad que tienen los manglares para retener sedimentos y absorber nutrientes los vuelve asequibles para el tratamiento de las aguas residuales orgánicas, sin embargo, también bioacumulan metales pesados, que pueden producir daños en sus tejidos y podrían ocasionar disrupciones en los componentes superiores de la cadena de alimentación. Las aguas residuales de estanques de cultivo de camarones intensivamente manejados pueden ser saneadas eficazmente por los ecosistemas de manglares; se calcula, sin embargo, que se requieren 2–22 ha de bosques de manglares para biofiltrar los desperdicios generados por una ha de estanques de cultivo de camarones[7].

[7] Walters *et al.* (2008).

Planificación participativa para la gestión sostenible de los ecosistemas de manglares

Los múltiples usos de los manglares (que van desde el turismo y pesca deportiva a la protección contra la erosión costera y daños por tormentas, hasta la explotación comercial de madera y de pescado) sugieren que un enfoque eficaz podría ser la zonificación para la gestión de los ecosistemas a nivel de paisaje. El éxito de un enfoque de zonificación requiere la participación de una amplia gama de partes interesadas y su adherencia a los principios del consentimiento libre, previo e informado para garantizar que la gestión no ponga en desventaja a las poblaciones marginadas. Otro beneficio de un enfoque inclusivo es que los usuarios de los manglares tienen mucho conocimiento local y tradicional que, combinado con la investigación científica, puede ayudar a restaurar y a manejar los ecosistemas de manglares. Las zonas de protección de los bosques protegidos son especialmente importantes a lo largo de los cursos de agua y en áreas que probablemente se verían afectadas por tormentas, erosión y sequías. Los manglares aledaños a las áreas densamente pobladas se deberían reservar para fines recreativos y educativos (y para suministrar servicios ecosistémicos y realizar las funciones de protección) al igual que los manglares en condiciones relativamente prístinas.

Restauración

Las intervenciones de restauración de los ecosistemas de manglares tienen diferentes intensidades. En la parte inferior del espectro, la

cesación del aprovechamiento y de otras presiones en un manglar podría producir su regeneración natural; en la parte más intensa, los esfuerzos de restauración podrían incluir la reconfiguración hidrológica para el flujo del agua y el depósito de sedimentos, seguida por la siembra a mano de las plántulas criadas en los viveros. El costo de las intervenciones varía en consecuencia, de unos 200 USD/ha a más de 200 000 USD/ha.

La principal razón del fracaso de los proyectos de restauración del manglar es la combinación inadecuada de especies arbóreas con las condiciones hidrológicas (p.ej., frecuencia e intensidad de inundaciones por marea). Es fundamental una evaluación minuciosa de las intervenciones potenciales de restauración antes de su implementación; esto podría incluir la consideración de los elementos florales (p.ej., población de árboles y selección de especies), reclutamiento de fauna, funciones ecosistémicas (p.ej., secuestro de carbono) y potencial para uso sostenible. Los cangrejos y moluscos herbívoros generalmente son sensibles a la degradación del ecosistema y, por tanto, son buenos indicadores del éxito de la restauración. Se pueden evitar muchos problemas solicitando los servicios de las poblaciones locales en todas las fases de gestión del manglar: su conocimiento y experiencia pueden contribuir enormemente al éxito de las intervenciones.

Anteriormente, las metas de restauración del manglar típicamente habían sido la producción maderera y la estabilización de las costas, sin embargo, se están propagando y piloteando más enfoques holísticos que favorecen múltiples usos para un gran número de comunidades. Hoy día se sabe bastante sobre como plantar y cuidar un bosque de manglares, sin embargo, errores costosos siguen sucediendo cuando los gestores no logran aprender de experiencias precedentes. Más aún, un excesivo enfoque sobre el crecimiento de los mangles podría producir plantaciones arbóreas en vez de ecosistemas de manglares funcionales capaces de suministrar hábitats para cangrejos, moluscos, peces y otros organismos, de los cuales dependen muchas de las poblaciones locales. Por suerte, incluso los monocultivos de árboles se desarrollan ultimadamente en ecosistemas relativamente diversos, si se evitan raleos de grandes proporciones u otras formas intensivas de aprovechamiento.

Prácticas silvícolas

El raleo intensivo de los manglares para carbón vegetal y otros productos forestales se sigue manteniendo, a menudo con aprobación gubernamental, porque desde el punto de vista financiero es más remunerativo para los cultivadores que la extracción selectiva o el tratamiento por cortas uniformes. Los impactos ambientales del raleo intensivo se pueden reducir dejando franjas de protección a lo largo de los cauces, restringiendo cortas a tala rasa a pequeños manchones y replantando las áreas cuando falla la regeneración natural. Sin embargo, incluso en las áreas mejor manejadas, el rendimiento –de madera y moluscos y crustáceos comestibles– disminuye con cada raleo sucesivo y se reduce la biodiversidad. Además, los canales a menudo cavados para facilitar la extracción maderera pueden tener impactos hidrológicos a largo plazo. Antes de aprobar el aprovechamiento intensivo, las autoridades deberían considerar otras opciones silvícolas y la amplia gama de servicios ecosistémicos suministrados por los manglares.

Siembra de mangles

Si se considera que un ecosistema de manglares no se regenerará naturalmente después del aprovechamiento, debido a la falta de semillas locales u otros propágulos, se podrían requerir intervenciones para restablecer el bosque. Hay muchas opciones disponibles que varían en costos y probabilidades de éxito. Si las especies locales pertenecen a la familia de las *Rhizophoraceae* que producen propágulos alargados y flotantes, un enfoque es recolectar dichos propágulos en las áreas adyacentes e insertarlos en el sedimento; a menudo esta es una técnica de éxito si las condiciones hidrológicas (p.ej., la profundidad de las inundaciones marinas y el ritmo del flujo del agua) son favorables y las plántulas no son dañadas por residuos madereros que se podrían mover con las mareas. Cuando la temporada de disponibilidad de propágulos es menor que la temporada de siembra, los propágulos se pueden plantar en bolsas o tubos, cuidarlos en los viveros y luego trasplantarlos en el momento adecuado. Las plántulas de viveros se utilizan a menudo para la restauración del manglar, especialmente de aquellas especies con plántulas pequeñas, criptovivíparas (p.ej., las especies *Avicennia*) y las especies propagadas por semillas (*Sonneratia*). Cuando las plantas de vivero, bien cuidadas, se siembran adecuadamente, pueden tener altos índices de supervivencia y crecer bien. Sin embargo, el costo de este enfoque podría ser alto, debido a que las operaciones de viveros pueden ser caras y los trabajadores no pueden acarrear más que pocas plántulas a la vez.

Malezas, plagas y especies exóticas

En algunos lugares, los esfuerzos de gestión y restauración del manglar se ven frustrados por la presencia de malezas autóctonas o especies exóticas invasoras que se podrían introducir accidental o deliberadamente para fines de acuicultura o de forestería. Los helechos gigantes del mangle (esp. *Acrostichum*), por ejemplo, pueden proliferar en las áreas raleadas y competir con los mangles plantados o regenerados naturalmente. La palma de mangle, *Nypa fruticans*, una especie originaria del Sudeste Asiático, donde es bastante utilizada por las poblaciones locales, es un invasor agresivo en África occidental donde su uso es menos apreciado. Asimismo, la introducción de especies exóticas, como la tilapia africana, ha causado problemas en los ecosistemas de manglares en Asia y América del Sur.

Tenencia

Los manglares están siempre sujetos a ambigüedad jurisdiccional porque crecen al margen tanto de la tierra como del mar y producen recursos marítimos y terrestres. Las responsabilidades superpuestas sobre los ecosistemas de manglares pueden producir mala gestión, conflictos por la gestión y menosprecio de las funciones para el ecosistema y las necesidades de algunas partes interesadas. La tendencia histórica de ubicar a los manglares en la jurisdicción de los departamentos forestales (que probablemente favorecen indebidamente la producción maderera) está cambiando y, hoy día, hay una mayor colaboración y esfuerzos entre las agencias para incluir a las partes interesadas locales en los procesos de toma de decisiones. En el pasado, muchos proyectos de desarrollo de manglares habían procedido a pesar de las protestas de los propietarios tradicionales, cuyas reivindicaciones consuetudinarias no eran reconocidas por el Estado. Hoy día, muchos países están realizando esfuerzos para afrontar estas reivindicaciones consuetudinarias.

Disponibilidad de la información

El acceso a la información sobre la ecología y gestión de los manglares está aumentando como resultado de servicios como el Sistema de información y base de datos mundial sobre manglares (GLOMIS), creado y administrado por la Secretaría de la Sociedad internacional de ecosistemas de manglares (ISME) en Japón con apoyo de centros regionales en Brasil, Fiji, Ghana e India. La iniciativa [Manglares para el futuro](#) también funciona como mecanismo de información sobre los manglares. El portal de [ecosistemas costeros tropicales](#) es una excelente fuente de mapas, listado de especies y descripciones de los manglares. La creciente disponibilidad de imágenes satelitales de alta resolución (p.ej., Landsat y SPOT), radares de apertura sintética y la penetración de la cubierta forestal basada en la información láser (p.ej. airborne LIDAR), está facilitando el monitoreo, restauración y protección de los manglares.

Pérdida de ecosistemas

El ritmo de pérdida de los ecosistemas de manglares ha disminuido en los últimos 10 años alrededor de dos por ciento por año, aunque este ritmo es mucho más alto en algunos países, principalmente en Asia[4]. Sin embargo, el ritmo promedio mundial sigue siendo alarmante, aunque se hayan logrado avances significativos en algunos países por medio de la restauración.

La destrucción de los manglares es ocasionada principalmente por el cultivo de camarones (“acuicultura”), o el rellenado de tierras para proveer espacio para asentamientos humanos, agricultura e infraestructura (p.ej., aeropuertos). Hoy día, los manglares están siendo convertidos a la acuicultura en un ritmo sólo levemente inferior del que se observaba hace algunas décadas, a pesar de la enorme evidencia actual de que la viabilidad financiera a largo plazo de estas tierras es considerablemente baja. Las propuestas para ulteriores conversiones de los manglares para cualquier otro propósito se deberían analizar pormenorizadamente, y se deberían prevenir los raleos ilegales, además de penalizarlos apropiadamente. Los estanques acuícolas abandonados, comunes en muchos lugares tropicales, a menudo están disponibles para la restauración; pero los esfuerzos de restauración podrían estar frustrados debido a que los suelos se han degradado y los flujos de agua se han interrumpido. Es preferible evitar el raleo de los manglares para cualquier finalidad, en vez de una rehabilitación dispendiosa más tarde. Los manglares también se están degradando debido a la sobreexplotación de recursos; la magnitud de dicha degradación se ha medido con menor precisión, pero es probable que sea enorme.

[4] Bankespoor, Dasgupt y Lange (2016).

Gestión de usos múltiples

Las áreas costeras están habitadas por diferentes tipos de personas que van desde comunidades empobrecidas y aisladas geográficamente hasta urbanidades ricas; y los valores atribuidos a los ecosistemas de manglares y a sus paisajes marinos y terrestres son, por consiguiente, ampliamente variados. Si bien el aprovechamiento maderero es importante tanto para la subsistencia como para la generación de ingresos, la mayoría de las poblaciones que dependen de los manglares busca sus ingresos principalmente de la pesca y actividades conexas. Algunas especies de peces que son importantes para la pesca comercial, de subsistencia y deportiva, completan la mayoría de su ciclo de vida en los manglares; y muchas otras usan los manglares durante los estadios larvales o juveniles.

Las poblaciones locales extraen diferentes tipos de crustáceos y moluscos que viven en los suelos de los manglares para subsistencia y venta. Incluso la pesca aparentemente demasiado alejada de los manglares (p.ej., la que se basa en especies características de los arrecifes de coral y praderas submarinas) se beneficia de la mejor calidad del agua proporcionada por los servicios de retención de sedimentos de ecosistemas de manglares sanos. Hay una enorme evidencia de que los ecosistemas integrados forestería-pesca-acuicultura ofrecen sólidas alternativas más factibles desde el punto de vista económico y ecológico que el raleo de los manglares para la acuicultura. Sin embargo, la justificación de los esfuerzos de protección y restauración de los manglares, y su uso sostenible, deberían incluir consideraciones sobre la amplia gama de bienes y servicios ecosistémicos que ofrecen a los beneficiarios, que van desde los usuarios para la subsistencia hasta los ecoturistas.

Función de escudo biológico

Dado que más de un tercio de la población mundial vive en las zonas costeras, la protección que ofrecen los manglares frente a mareas de tempestad, maremotos y vientos es fundamental y lo será mucho más aún en función de las proyecciones de tormentas con mayor intensidad debidas al cambio climático, a la par del aumento del nivel del mar. Los beneficios de escudo biológico ofrecidos por los manglares pueden ser sustanciales; varían con lo ancho del bosque además de la densidad y la altura de sus árboles y de acuerdo con las características topográficas, batimétricas, de las olas y de los vientos. En comparación con los enfoques de ingeniería estructural, comúnmente empleados para la protección de las comunidades costeras, por ejemplo, la construcción de rompeolas submareales y malecones, el mantenimiento y la restauración de los manglares en general son más económicos y duraderos; además, los manglares sanos ofrecen muchos otros bienes y servicios ecosistémicos de lo que dichos enfoques de ingeniería estructural podrían.

El costo de la restauración de los manglares, para que funjan de escudos biológicos contra las olas, es 2–6 veces inferior al costo de la construcción de rompeolas submarinos, alternativa bastante común[5]. La protección de los manglares intactos de la deforestación y de la degradación es incluso un enfoque más rentable que la protección de las áreas costeras de baja altitud, donde los asentamientos humanos a menudo se expanden rápidamente. La función de protección de las zonas costeras de los manglares está creciendo a la par del aumento del nivel del mar; sin embargo, cerca de un cuarto de todos los manglares está amenazado por dicho aumento[6]. Algunos ecosistemas de manglares podrían estar hambrientos de sedimentos debido al aumento del nivel del mar; mientras otros podrían estar imposibilitados de "migrar" a terrenos apropiados en función de la infraestructura topográfica o humana.

[5] Narayan *et al.* (2016).

[6] Alongi (2008).

Balance del carbono

Los ecosistemas de manglares están entre los ecosistemas más productivos del mundo, y contienen enormes cantidades de carbono en su biomasa y suelos, calculadas en 1 028 MgCO_{2-e} por ha (hasta un metro de profundidad en el subsuelo). Este almacenamiento del carbono, además del rápido ritmo de absorción del carbono por los mangles, se debería tomar en cuenta en las decisiones sobre la protección, aprovechamiento y gestión de los manglares. Las emisiones de carbono debidas al elevado ritmo de destrucción de los manglares se calculan en 0,25 PgCO₂ por año, lo que significa un valor total anual de emisiones mayor que el de España. El costo económico marginal del daño al medioambiente mundial se calcula en 41 USD por MgCO₂ emitidos en la atmósfera; de tal forma, al detener la destrucción de los manglares se ahorrarían alrededor de 9 800 millones de USD al año en todo el mundo.

Tratamiento de las aguas residuales

La habilidad que tienen los manglares para retener sedimentos y absorber nutrientes los vuelve asequibles para el tratamiento de las aguas residuales orgánicas, sin embargo, también bioacumulan metales pesados, que pueden producir daños en sus tejidos y podrían ocasionar disrupciones en los componentes superiores de la cadena de alimentación. Las aguas residuales de estanques de cultivo de camarones intensivamente manejados pueden ser saneadas eficazmente por los ecosistemas de manglares; se calcula, sin embargo, que se requieren 2–22 ha de bosques de manglares para biofiltrar los desperdicios generados por una ha de estanques de cultivo de camarones[7].

[7] Walters *et al.* (2008).

Planificación participativa para la gestión sostenible de los ecosistemas de manglares

Los múltiples usos de los manglares (que van desde el turismo y pesca deportiva a la protección contra la erosión costera y daños por tormentas, hasta la explotación comercial de madera y de pescado) sugieren que un enfoque eficaz podría ser la zonificación para la gestión de los ecosistemas a nivel de paisaje. El éxito de un enfoque de zonificación requiere la participación de una amplia gama de partes interesadas y su adherencia a los principios del consentimiento libre, previo e informado para garantizar que la gestión no ponga en desventaja a las poblaciones marginadas. Otro beneficio de un enfoque inclusivo es que los usuarios de los manglares tienen mucho conocimiento local y tradicional que, combinado con la investigación científica, puede ayudar a restaurar y a manejar los ecosistemas de manglares. Las zonas de protección de los bosques protegidos son especialmente importantes a lo largo de los cursos de agua y en áreas que probablemente se verían afectadas por tormentas, erosión y sequías. Los manglares aledaños a las áreas densamente pobladas se deberían reservar para fines recreativos y educativos (y para suministrar servicios ecosistémicos y realizar las funciones de protección) al igual que los manglares en condiciones relativamente prístinas.

Restauración

Las intervenciones de restauración de los ecosistemas de manglares tienen diferentes intensidades. En la parte inferior del espectro, la

cesación del aprovechamiento y de otras presiones en un manglar podría producir su regeneración natural; en la parte más intensa, los esfuerzos de restauración podrían incluir la reconfiguración hidrológica para el flujo del agua y el depósito de sedimentos, seguida por la siembra a mano de las plántulas criadas en los viveros. El costo de las intervenciones varía en consecuencia, de unos 200 USD/ha a más de 200 000 USD/ha.

La principal razón del fracaso de los proyectos de restauración del manglar es la combinación inadecuada de especies arbóreas con las condiciones hidrológicas (p.ej., frecuencia e intensidad de inundaciones por marea). Es fundamental una evaluación minuciosa de las intervenciones potenciales de restauración antes de su implementación; esto podría incluir la consideración de los elementos florales (p.ej., población de árboles y selección de especies), reclutamiento de fauna, funciones ecosistémicas (p.ej., secuestro de carbono) y potencial para uso sostenible. Los cangrejos y moluscos herbívoros generalmente son sensibles a la degradación del ecosistema y, por tanto, son buenos indicadores del éxito de la restauración. Se pueden evitar muchos problemas solicitando los servicios de las poblaciones locales en todas las fases de gestión del manglar: su conocimiento y experiencia pueden contribuir enormemente al éxito de las intervenciones.

Anteriormente, las metas de restauración del manglar típicamente habían sido la producción maderera y la estabilización de las costas, sin embargo, se están propagando y piloteando más enfoques holísticos que favorecen múltiples usos para un gran número de comunidades. Hoy día se sabe bastante sobre como plantar y cuidar un bosque de manglares, sin embargo, errores costosos siguen sucediendo cuando los gestores no logran aprender de experiencias precedentes. Más aún, un excesivo enfoque sobre el crecimiento de los mangles podría producir plantaciones arbóreas en vez de ecosistemas de manglares funcionales capaces de suministrar hábitats para cangrejos, moluscos, peces y otros organismos, de los cuales dependen muchas de las poblaciones locales. Por suerte, incluso los monocultivos de árboles se desarrollan ultimadamente en ecosistemas relativamente diversos, si se evitan raleos de grandes proporciones u otras formas intensivas de aprovechamiento.

Prácticas silvícolas

El raleo intensivo de los manglares para carbón vegetal y otros productos forestales se sigue manteniendo, a menudo con aprobación gubernamental, porque desde el punto de vista financiero es más remunerativo para los cultivadores que la extracción selectiva o el tratamiento por cortas uniformes. Los impactos ambientales del raleo intensivo se pueden reducir dejando franjas de protección a lo largo de los cauces, restringiendo cortas a tala rasa a pequeños manchones y replantando las áreas cuando falla la regeneración natural. Sin embargo, incluso en las áreas mejor manejadas, el rendimiento –de madera y moluscos y crustáceos comestibles– disminuye con cada raleo sucesivo y se reduce la biodiversidad. Además, los canales a menudo cavados para facilitar la extracción maderera pueden tener impactos hidrológicos a largo plazo. Antes de aprobar el aprovechamiento intensivo, las autoridades deberían considerar otras opciones silvícolas y la amplia gama de servicios ecosistémicos suministrados por los manglares.

Siembra de mangles

Si se considera que un ecosistema de manglares no se regenerará naturalmente después del aprovechamiento, debido a la falta de semillas locales u otros propágulos, se podrían requerir intervenciones para restablecer el bosque. Hay muchas opciones disponibles que varían en costos y probabilidades de éxito. Si las especies locales pertenecen a la familia de las *Rhizophoraceae* que producen propágulos alargados y flotantes, un enfoque es recolectar dichos propágulos en las áreas adyacentes e insertarlos en el sedimento; a menudo esta es una técnica de éxito si las condiciones hidrológicas (p.ej., la profundidad de las inundaciones marinas y el ritmo del flujo del agua) son favorables y las plántulas no son dañadas por residuos madereros que se podrían mover con las mareas. Cuando la temporada de disponibilidad de propágulos es menor que la temporada de siembra, los propágulos se pueden plantar en bolsas o tubos, cuidarlos en los viveros y luego trasplantarlos en el momento adecuado. Las plántulas de viveros se utilizan a menudo para la restauración del manglar, especialmente de aquellas especies con plántulas pequeñas, criptovivíparas (p.ej., las especies *Avicennia*) y las especies propagadas por semillas (*Sonneratia*). Cuando las plantas de vivero, bien cuidadas, se siembran adecuadamente, pueden tener altos índices de supervivencia y crecer bien. Sin embargo, el costo de este enfoque podría ser alto, debido a que las operaciones de viveros pueden ser caras y los trabajadores no pueden acarrear más que pocas plántulas a la vez.

Malezas, plagas y especies exóticas

En algunos lugares, los esfuerzos de gestión y restauración del manglar se ven frustrados por la presencia de malezas autóctonas o especies exóticas invasoras que se podrían introducir accidental o deliberadamente para fines de acuicultura o de forestería. Los helechos gigantes del mangle (esp. *Acrostichum*), por ejemplo, pueden proliferar en las áreas raleadas y competir con los mangles plantados o regenerados naturalmente. La palma de mangle, *Nypa fruticans*, una especie originaria del Sudeste Asiático, donde es bastante utilizada por las poblaciones locales, es un invasor agresivo en África occidental donde su uso es menos apreciado. Asimismo, la introducción de especies exóticas, como la tilapia africana, ha causado problemas en los ecosistemas de manglares en Asia y América del Sur.

Tenencia

Los manglares están siempre sujetos a ambigüedad jurisdiccional porque crecen al margen tanto de la tierra como del mar y producen recursos marítimos y terrestres. Las responsabilidades superpuestas sobre los ecosistemas de manglares pueden producir mala gestión, conflictos por la gestión y menosprecio de las funciones para el ecosistema y las necesidades de algunas partes interesadas. La tendencia histórica de ubicar a los manglares en la jurisdicción de los departamentos forestales (que probablemente favorecen indebidamente la producción maderera) está cambiando y, hoy día, hay una mayor colaboración y esfuerzos entre las agencias para incluir a las partes interesadas locales en los procesos de toma de decisiones. En el pasado, muchos proyectos de desarrollo de manglares habían procedido a pesar de las protestas de los propietarios tradicionales, cuyas reivindicaciones consuetudinarias no eran reconocidas por el Estado. Hoy día, muchos países están realizando esfuerzos para afrontar estas reivindicaciones consuetudinarias.

Disponibilidad de la información

El acceso a la información sobre la ecología y gestión de los manglares está aumentando como resultado de servicios como el Sistema de información y base de datos mundial sobre manglares (GLOMIS), creado y administrado por la Secretaría de la Sociedad internacional de ecosistemas de manglares (ISME) en Japón con apoyo de centros regionales en Brasil, Fiji, Ghana e India. La iniciativa [Manglares para el futuro](#) también funciona como mecanismo de información sobre los manglares. El portal de [ecosistemas costeros tropicales](#) es una excelente fuente de mapas, listado de especies y descripciones de los manglares. La creciente disponibilidad de imágenes satelitales de alta resolución (p.ej., Landsat y SPOT), radares de apertura sintética y la penetración de la cubierta forestal basada en la información láser (p.ej. airborne LIDAR), está facilitando el monitoreo, restauración y protección de los manglares.

Further learning

- Ajonina, G., Kairo, G.J., Grimsditch, G., Sembres, T., Chuyong, G., Mibog, D.E., Nyambane, A. & FitzGerald, C. 2014. [Carbon pools and multiple benefits of mangroves in Central Africa: assessment for REDD+](#).
- Ajonina, G., Abdoulaye Ndiame, A. & Kairo, J. 2008. [Current status and conservation of mangroves in Africa: an overview](#). *World Rainforest Movement Bulletin*, 133.
- Alongi, D. 2008. Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76: 1–13.
- Blankespoor, B., Dasgupta, S. & Lange, G-M. 2016. [Mangroves as protection from storm surges in a changing climate](#). World Bank Policy Research Working Paper No. 7596.
- Bosire, J.O., Dahdough-Guebas, F., Walton, M., Crona, B.I., Lewis III, R.R., Field, C., Kairo, J.G. & Koedam, N. 2008. Functionality of restored mangroves: a review. *Aquatic Botany*, 89: 251–259.
- Ellison, A.M. 2000. Mangrove restoration: do we know enough? *Restoration Ecology*, 8: 219–229.
- Ellison, A.M. 2008. Managing mangroves with benthic biodiversity in mind: moving beyond roving banditry. *Journal of Sea Research*, 59: 2–15.
- FAO. 2014. *The youth guide to the ocean*, edited by C. Hattam, T. Hooper, A. Gordes & R. Sessa. First edition. Rome.
- Faridah-Hanum, I., Latiff, A., Hakeem, K.R. & ?zturk, M., eds. 2014. *Mangrove ecosystems of Asia: status, challenges and management strategies*. New York, Springer-Verlag.
- Field, C.D. 1998. Rehabilitation of mangrove ecosystems: an overview. *Marine Pollution Bulletin*, 37: 383–392.
- Forbes, K. & Broadhead, J. 2006. [The role of coastal forests in the mitigation of tsunami impacts](#). RAP Publication 2007/1. Bangkok, FAO.
- Giesen, W., Wulffraat, S., Zieren, M. & Scholten, L. 2006. [Mangrove guidebook for Southeast Asia](#). RAP Publication 2006/07.
- Gilman, E. & Ellison, J. 2007. Efficacy of alternative low-cost approaches to mangrove restoration, American Samoa. *Estuaries and Coasts*, 33(4): 641–651.
- Kauffman, J.B. & Donato, D.C. 2012. *Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests*. Working Paper No. 86. Bogor, Indonesia, Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Lewis, R.R. 2009. Methods and criteria for successful mangrove forest restoration. In M. Gerardo, E. Perillo, E. Wolanski, D.R. Cahoon & M.M. Brinson, eds. *Coastal wetlands: an integrated ecosystem approach*. Elsevier.
- McGranahan, G., Balk, D. & Anderson, B. 2007. The rising tide: assessing the risks of climate change to human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and Urbanization*, 19: 17–37.
- Narayan, S., Beck, S.M.W., Reguero, B.G., Losada, I.J., van Wesenbeeck, B., Pontee, N., Sanchirico, J.N., Ingram, J.C., Lange, G.M. & Burks-Copes, K.A. 2016. [The effectiveness, costs and coastal protection benefits of natural and nature-based defences](#). *PLoS One*, 11: e0154735.
- Pendleton, L., Donato, D.C., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., Sifleet, S., Craft, C., Fourqurean, J.W., Kauffman, J.B., Marbà, N., Megonigal, P., Pidgeon, E., Herr, D., Gordon, D. & Baldera, A. 2012. [Estimating global “blue carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems](#). *PLoS One*, 7(9): e43542.
- Saenger, P. 2002. *Mangrove ecology, silviculture and conservation*. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- Spalding, M., Kainuma, M., & Collins, L. 2010. *World atlas of mangroves*. London, Earthscan.
- Van Lavieren, H., Spalding, M., Alongi, D.M., Kainuma, M., Clüsener-Godt, M. & Adeel, Z. 2012. *Securing the future of mangroves*.

Policy brief. United Nations University.

Walters, B.B., Ronnback, P., Kovacs, J.M., Crona, B., Hussain, S.A., Badola, R., Primavera, J.H., Barbier, E. & Dahdouh-Guebas, F. 2008. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: a review. *Aquatic Botany*, 89: 220–236.

Credits

This module was developed with the kind collaboration of the following people and/or institutions:

Initiator(s): Francis 'Jack' Putz - University of Florida

Contributor(s): Ken Shono - FAORAP, George Chuyong - University of Buea, Cameroon and Serena Fortuna - FAO, Forestry Department

