

Gestión ambiental de los ecosistemas de manglar.

Aproximación al caso Colombiano

Environmental management of mangrove ecosystems.

An approach for the Colombian case

Recibido para evaluación: 3 de Abril de 2009

Aceptación: 1 de Julio de 2009

Recibido versión final: 23 de Julio de 2009

Johanna Uribe Pérez¹
Ligia Estela Urrego Giraldo²

RESUMEN

La presente investigación documental tiene como fin dar a conocer, mediante un análisis claro y detallado, la información publicada acerca del estado actual de los ecosistemas de manglar y su gestión. Para ello, se estableció un sistema categorial que facilitó el análisis de la información recopilada. En primera instancia, se examina la importancia de los ecosistemas de manglar, tanto a nivel socio- económico como biológico. Luego, se analizan las causas de su degradación ambiental, agrupadas en: cambio climático global, desarrollos urbanísticos, sobreexplotación de los recursos y cambios en el uso del suelo. Igualmente, se revisan los efectos de la degradación ambiental de los manglares, resumidos en el deterioro de sus funciones biológicas y en la pérdida de los bienes y servicios, consumibles y no consumibles. Posteriormente, se analiza la gestión ambiental llevada a cabo en los manglares, la cual implica, por un lado la normatividad (tanto nacional como internacional) y por otro, las estrategias de manejo implementadas. Se identifican tendencias, vacíos y ambigüedades de la información recopilada, y se presentan algunas conclusiones y recomendaciones útiles para futuras tareas de gestión ambiental de ecosistemas de manglar.

PALABRAS CLAVE: Ecosistemas de manglar, cambio climático, gestión ambiental, restauración

ABSTRACT

The aim of the present documental investigation is to analyze the published information on the current state of mangrove ecosystems and its management. A categorial system was established in order to facilitate the analysis of the compiled information. Firstly, the socioeconomic and biological importance of mangrove ecosystems is examined. The causes of environmental degradation of mangroves are analyzed. Four groups of causes were identified: global climate change, urban development, overexploitation of resources and land use changes. Likewise, the effects of the environmental degradation of the mangroves are classified into three groups: biological function deterioration, loss of consumable and not consumable goods and services. Additionally, the environmental management actions carried out in mangroves are analyzed, which implies, on one hand the normativity (both national and international) and on the other, the implemented management strategies. From the categorial analysis tendencies, gaps and ambiguities of the information compiled are identified. Finally, some useful conclusions and recommendations for future management of mangrove ecosystems are presented.

KEY WORDS: Mangrove ecosystems, global climate change, environmental management, restoration

1. Ing. Forestal. Especialista en Gestión Ambiental

2. Ph. D. Profesora Universidad Nacional, Sede Medellín.

Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

jouribe@gmail.com



1. INTRODUCCIÓN

Los manglares son ecosistemas caracterizados por plantas que crecen en la interfase tierra-mar; mangle se denomina a las especies de plantas que habitan en tales ecosistemas (Kathiresan y Bingham, 2001). Estos ecosistemas se consideran no redundantes o no sustituibles, debido a su singularidad y grado de adaptación a ambientes adversos, características logradas a través de millones de años de selección y coevolución con el medio (Sánchez- Páez, Guevara- Mancera y Álvarez- León, 1998).

Igualmente, los manglares se consideran ecosistemas estratégicos debido a la gran cantidad de bienes y servicios ambientales que ofrecen. A nivel biológico, tienen un papel importante en el ciclo del carbón dado que son sumideros de CO₂ y fuentes de carbón oceánico (Duke et al., 2007). Además, los manglares son hábitat de gran variedad de mamíferos, aves, reptiles, peces, moluscos, insectos y microorganismos (Field, 1996). A nivel socio- económico, estos ecosistemas proporcionan a las comunidades humanas locales productos forestales como carbón, leña, madera y materiales para la construcción. Así mismo, sustentan recursos pesqueros y constituyen sitios de anidación, alimentación y reproducción para cangrejos, camarones y moluscos. Por otro lado, pueden proveer protección a las zonas costeras dispersando la energía generada por tempestades, oleadas y vientos fuertes (Field, 1996; Dahdouh- Guebas et al., 2005; Alongi, 2008).

A pesar de su importancia, los manglares están desapareciendo en el mundo a una tasa anual del 1% al 2%, una velocidad mayor o igual que la desaparición de los arrecifes coralinos o los bosques tropicales (Duke et al., 2007). Las pérdidas están ocurriendo en casi todos los países que poseen dichos ecosistemas y las tasas continúan aumentando más rápidamente en países en desarrollo, donde se encuentra más del 90% de los manglares del mundo. De esta forma, estos ecosistemas están críticamente en peligro o cerca de su extinción en 26 de los 120 países donde se presentan (Duke et al., 2007).

De acuerdo con la FAO (2007), a nivel mundial los manglares ocupaban una extensión aproximada de 18,8 millones de hectáreas en el año 1980, la cual disminuyó a 15,5 millones de hectáreas en 2005, significando una pérdida de 3,6 millones de hectáreas, correspondientes al 20% del área total ocupada por éstos ecosistemas. En Colombia, según el Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros, para el año 2004, los manglares tenían una extensión de 380.634 ha, de las cuales 292.726 ha se encontraban en la costa Pacífica y 87.908 ha en la costa Caribe (INVEMAR, 2004).

Según algunos estudios realizados, las principales amenazas a las que se ven enfrentados los manglares son el cambio climático (especialmente el aumento del nivel del mar), los desarrollos urbanísticos, la sobreexplotación de los recursos y los cambios en el uso del suelo (Harper et al., 2007; Gilman et al., 2008; Alongi, 2008).

Los impactos de la destrucción de los manglares están relacionados con la pérdida de los múltiples beneficios que ofrecen. Tal como lo señalan Duke et al. (2007), con la destrucción de los manglares, se reducen áreas importantes de captación de CO₂ y fuentes de carbón oceánico, se altera el soporte de las redes alimenticias terrestres y marinas, se pone en peligro la fauna cuyos hábitats están ligados a éstos ecosistemas, y se pierde la protección que los manglares ofrecen a las comunidades costeras frente al aumento del nivel del mar, las tormentas y los tsunamis (Hogarth, 2007; Alongi, 2008; Gilman et al., 2008). Además, las comunidades humanas que habitan cerca de los manglares pueden perder el acceso a fuentes esenciales de alimentos, fibras, madera, químicos y medicinas. Sin embargo, aún no se conocen las implicaciones totales de la pérdida de los manglares (Duke et al., 2007).

Frente a este panorama, se han realizado esfuerzos tendientes a lograr una gestión adecuada de los ecosistemas de manglar. Por un lado, se ha establecido una normatividad tanto nacional como internacional, que ha servido de marco de referencia para el diseño de estrategias de manejo adecuado. Por otro lado, a nivel operativo, se han desarrollado diversas estrategias de manejo cuyas características dependen del estado del ecosistema y de los objetivos perseguidos, pudiéndose agrupar en estrategias de conservación, de manejo sostenible o de restauración.

A partir de un estudio sistemático y analítico, se presenta la información reportada por la literatura acerca de la importancia de los ecosistemas de manglar, las principales causas y los efectos potenciales de su degradación ambiental y los principales avances en su gestión.

Se espera que la información presentada sea una herramienta que facilite posteriores tareas de gestión ambiental de los ecosistemas de manglar, dado que se identifican tendencias, fortalezas, debilidades, vacíos y oportunidades para llevar a cabo dichas tareas.

2. METODOLOGÍA

Para el análisis documental de la presente investigación, se siguieron los lineamientos sugeridos por Vélez y Galeano (2002). Inicialmente se rastreó la información pertinente, teniendo en cuenta los objetivos formulados y el cronograma propuesto. Dado que la información publicada sobre manglares es abundante, se decidió dar prioridad a los artículos publicados en revistas científicas especializadas, en su mayoría del año 2000 en adelante. Se incluyeron dentro del análisis algunos textos relevantes publicados en fechas anteriores, teniendo en cuenta que sus contenidos aún se consideran vigentes y son fuente de múltiples referencias en estudios posteriores.

Para el análisis, se definió un sistema de clasificación en cuatro categorías así: importancia de los manglares, causas de degradación ambiental, efectos de la degradación ambiental y gestión ambiental.

La primera de estas categorías parte de reconocer que los ecosistemas de manglar son valorados tanto por los recursos que de éstos pueden extraerse, como por los servicios no consumibles que proveen y por su valor ecológico intrínseco. En cuanto a las causas de degradación ambiental, se incluye la información existente acerca de los diferentes factores que están ocasionando el deterioro ambiental de los manglares en todo el mundo. En relación con los efectos de la degradación ambiental, se presenta la información reportada en la literatura acerca de las posibles consecuencias que la humanidad sentiría, y que ya se perciben en algunos lugares, debido a la degradación y desaparición de los ecosistemas de manglar. Por su parte, la gestión ambiental de los ecosistemas de manglar, se centra básicamente en dos aspectos. Por un lado, se encuentra lo referente a la normatividad, tanto a nivel nacional como internacional y, por el otro, se presenta información acerca de las diferentes estrategias de manejo desarrolladas para los ecosistemas de manglar.

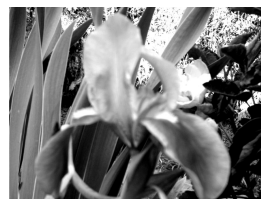
Una vez clasificados los documentos, se procedió a su análisis con el fin de identificar fortalezas, debilidades, vacíos y oportunidades para la gestión ambiental de los ecosistemas de manglar. Es importante tener en cuenta que, debido a los alcances de la presente revisión, el universo muestreado es pequeño en relación con la literatura existente, sin embargo, es representativo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Importancia de los Ecosistemas de Manglar

La importancia de los manglares, tanto a nivel socio- económico como biológico, es ampliamente divulgada en la literatura. Tal como lo expresan Macintosh y Ashton (2002), la importancia de estos ecosistemas actualmente es apreciada entre la comunidad científica, las agencias internacionales, los gobiernos, las organizaciones no gubernamentales (ONG) y las comunidades costeras de todo el mundo.

En cuanto a la importancia biológica de los manglares, existe consenso acerca de las múltiples funciones que cumplen estos ecosistemas, principalmente como hábitat de diferentes especies faunísticas (McLeod y Salm, 2006; Nagalkerken, 2008), en el ciclo de nutrientes y en la cadena alimenticia (Kathiresan y Bingham, 2001). En cuanto a los bienes de consumo extraídos de los ecosistemas de manglar (madera, leña, carbón, entre otras), se destaca su importancia para el abastecimiento de las



comunidades humanas locales (Field, 1996).

Estudios preliminares realizados después de eventos catastróficos como el tsunami del 26 de diciembre de 2004, y predicciones hechas a partir de modelaciones matemáticas concluyen que los ecosistemas de manglar ofrecen protección significativa de las costas frente a vientos y tsunamis (Dahdough- Guebas et al., 2005; Alongi, 2007; Gilman et al., 2008, entre otros). Sin embargo, Dahdough-Guebas et al. (2005) sugieren que no sólo los manglares son importantes como barreras protectoras, también lo son las marismas y las dunas de arena de las costas y su vegetación. La conversión de manglares en camaroneras, sitios turísticos, tierras agrícolas o áreas urbanizadas ha contribuido en gran medida a la desprotección de las costas frente a eventos catastróficos, ocasionando la pérdida de vidas humanas, entre otras consecuencias.

Según Alongi (2008), el grado en el cual puede mitigarse el efecto de estos eventos depende de factores como: el ancho de la franja de bosque, la pendiente del terreno, la densidad de los árboles, el diámetro y la altura de los árboles, la textura del suelo, la ubicación del bosque, el tipo de vegetación y la cobertura de las tierras bajas adyacentes, el tamaño y la velocidad del tsunami, la distancia de eventos tectónicos y el ángulo de incursión del tsunami en relación con la línea de costa.

Debido a la importancia de los manglares, tanto a nivel socio- económico como biológico, en la gestión ambiental de estos ecosistemas, debe propenderse por hacer un manejo integral, lo que implica tanto la sostenibilidad en el uso de los recursos ofrecidos como el mantenimiento de las funciones biológicas.

3.2. CAUSAS DE DEGRADACIÓN AMBIENTAL DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR

El análisis de las causas de degradación ambiental de los manglares es de gran relevancia para la gestión ambiental de estos ecosistemas, puesto que conocer los orígenes de la problemática permite diseñar acciones estratégicas para prevenirla o mitigarla. Los principales factores que actualmente amenazan la existencia de los manglares son los relacionados con el cambio climático (especialmente el aumento del nivel del mar), los desarrollos urbanísticos, la sobreexplotación de los recursos y los cambios en los usos del suelo (Harper et al., 2007), los cuales se presentan a continuación.



3.2.1. Cambio climático

El cuarto informe publicado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés) en el año 2007, confirma que el cambio climático es una realidad. De acuerdo con McLeold y Salm (2006), los efectos del calentamiento global sobre los manglares están relacionados con los cambios de la temperatura promedio del aire y del océano, de las concentraciones de CO₂ atmosférico, de los regímenes de precipitación, huracanes y tormentas, el descongelamiento de la criósfera y el aumento del nivel del mar. La acción sinérgica de estas variables, sumada a las amenazas antropogénicas, altera la capacidad de resiliencia de los ecosistemas de manglar.

La mayoría de los autores hacen referencia a los posibles, y en algunos casos, ya percibidos efectos de cada uno de los factores del cambio climático sobre los ecosistemas de manglar. Sin embargo, se observa una ligera tendencia a estudiar en mayor proporción el aumento del nivel del mar, debido a que muchos autores (Field, 1995; IDEAM, 2001; Desantis et al., 2007) consideran que ésta es la mayor amenaza.

3.2.1.1. Cambios de la temperatura

Según el IPCC (2007), once de los últimos doce años (1995- 2006) están entre los años más calientes registrados para la temperatura de la superficie terrestre desde 1850. En los últimos 100 años (1906- 2005) la temperatura ha aumentado 0.74°C. El calentamiento de los últimos 50 años (entre 1956 y 2005), ha sido de 0.13 °C por década, casi dos veces el calentamiento reportado para los últimos 100 años.

A pesar de estos cambios, se espera que los incrementos proyectados para la temperatura del

mar y de la atmósfera no afecten negativamente a los ecosistemas de manglar, dado que la tasa de cambio proyectada es considerablemente inferior a las oscilaciones diarias de temperatura (hasta de 20°C) en las zonas donde están distribuidos dichos ecosistemas (Field, 1995).

Según Gilman (2008), se espera que el incremento de la temperatura afecte a los manglares ocasionando cambios en la composición de especies y en los patrones fenológicos, incremento en la productividad donde las temperaturas no excedan cierto límite superior y expansión de los rangos de distribución de los manglares hacia latitudes mayores donde la limitación sea la temperatura mínima, más no otro factor como la disponibilidad de propágulos o las condiciones fisiográficas adecuadas. Sin embargo, según las proyecciones del IPCC (2007), los eventos de frío extremo disminuirán, haciendo que este factor no sea un limitante para la expansión de los manglares hacia latitudes más altas (Gilman et al, 2008).



3.2.1.2. Cambios de los niveles atmosféricos de CO₂

De acuerdo con el IPCC (2007), las emisiones de gases con efecto de invernadero debido a actividades humanas han aumentado desde la era preindustrial, con un incremento del 70% entre 1970 y 2004. El CO₂ es el gas con efecto de invernadero más importante generado por actividades humanas. Sus emisiones anuales aumentaron entre 1970 al 2004 en un 80%, pasando de 21 a 38 gigatoneladas (Gt), representando el 77% del total de las emisiones de gases con efecto de invernadero de origen antrópico. La tasa de aumento de las emisiones de CO₂ fue mucho más alta durante el período 1995- 2004 (0.9 Gt de CO₂ por año) que durante el período previo entre 1970- 1994 (0.43 Gt de CO₂ por año).

Según Field (1995), el efecto del aumento de las concentraciones del CO₂ atmosférico sobre el crecimiento de los manglares es desconocido hasta el momento, pero existe cierta evidencia que sugiere que no todas las especies de manglar responderán de igual manera. Un cambio en la concentración del CO₂ atmosférico altera el balance neto de carbono de las plantas, pero el desarrollo de la planta estará determinado principalmente por la tasa de variación de la temperatura y otros factores controladores como la actividad enzimática y el fotoperíodo.

De igual forma, Alongi (2008) afirma que es probable que no haya o sea poco el cambio en la productividad de los ecosistemas de manglar con el aumento de los niveles del CO₂, pero es posible que la composición de los manglares cambie de acuerdo a las respuestas de cada especie frente a los efectos de las interacciones de los niveles de CO₂, el nivel del mar, la temperatura superficial del mar y el cambio en los patrones climáticos. Gilman et al. (2008) sostienen que el efecto del aumento de las concentraciones de CO₂ sobre los manglares es poco comprendido y la investigación ha sido escasa en esta área. Así mismo, Field (1995) manifiesta la necesidad de más información donde se evalúe en el largo plazo, el crecimiento de las plantas bajo condiciones controladas de concentración de CO₂, temperatura, disponibilidad hídrica y de nutrientes.

3.2.1.3. Cambios de la precipitación

Tal como lo manifiesta el IPCC (2007), las observaciones hechas entre 1900 y 2005 permiten identificar tendencias de cambio en cuanto a la precipitación. En este período, la precipitación aumentó significativamente en la parte este de Norte y Sur América, en la parte norte de Europa y en el norte y centro de Asia. En contraste, la precipitación disminuyó en el Sahel (África), en el Mediterráneo, el sur de África y en partes del sur de Asia. A nivel global, el área afectada por las sequías ha aumentado probablemente desde 1970. Según las tendencias observadas, es muy probable que la precipitación aumente en las latitudes altas y que disminuya en las latitudes subtropicales.

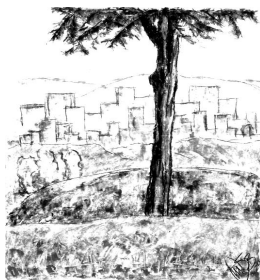
Según Snedaker (1995), para un nivel dado de aumento del nivel del mar, una disminución en la precipitación y en la escorrentía ocasionará necesariamente un aumento de la salinidad y de la concentración de sulfatos en el mar, lo cual podría asociarse con una disminución en la productividad de los manglares y un incremento en la descomposición de la materia orgánica, que llevaría a la subsidencia de las costas. Por el contrario, si la precipitación y la escorrentía aumentan, podrían disminuirse la salinidad y la cantidad de sulfatos, además de aumentarse la disponibilidad de nutrientes,

lo cual podría incrementar la productividad de los ecosistemas de manglar a la vez que permitiría mantener el nivel de los sedimentos sobre los cuales se desarrollan estos ecosistemas. Según Field (1995), el incremento de la precipitación puede aumentar el área de extensión de los manglares, su diversidad y las tasas de crecimiento en algunas especies.

Gilman et al. (2008) manifiestan la necesidad de generar más investigación que permita confirmar éstas hipótesis y evaluar el amplio significado de la variación de la precipitación sobre los manglares.

3.2.1.4. Cambios de los huracanes y tormentas

Existe evidencia del incremento de la actividad de los ciclones tropicales en el Atlántico norte desde 1970 (IPCC 2007). Además, con base en diversos modelos, es muy probable que en el futuro, los ciclones tropicales (tifones y huracanes) sean más intensos, con mayor velocidad de los vientos y mayores precipitaciones, todo esto asociado con el prolongado incremento de la temperatura de la superficie del mar. Existe menos evidencia confiable de que el número de los ciclones tropicales disminuirá.



El incremento de la intensidad y la frecuencia de las tormentas posiblemente ocasionará daños a los manglares por medio de la defoliación y la mortalidad de los árboles (Gilman et al., 2008). Además de causar estrés y toxicidad de los suelos, las tormentas pueden afectar la elevación de los sedimentos por medio de la alteración de los procesos de erosión, deposición y compresión del suelo y el colapso de la turba. Luego de un evento de gran magnitud, es posible que no ocurra la recuperación del ecosistema de manglar por medio del reclutamiento de plántulas, debido al cambio en la elevación de los sedimentos y a los consecuentes cambios hidrológicos. Así mismo, las áreas que sufran mortalidad en masa, con poca sobrevivencia de plántulas y árboles, pueden experimentar conversión permanente del ecosistema (Cahoon et al, 2003).

3.2.1.5. Cambios del nivel del mar

De acuerdo con el IPCC (2007), los incrementos del nivel del mar son consistentes con el calentamiento global. El nivel medio del mar aumentó a una tasa promedio anual de 1.8 mm durante el período comprendido entre 1961 y 2003 y de 3.1 mm por año entre 1993 y 2003. En la costa Caribe Colombiana, el nivel del mar ha aumentado entre 2 y 3.6 mm por año entre 1907 y 1997 (Torres- Parra et al., 2006).

Se espera que el nivel medio del mar a nivel global continúe aumentando por siglos debido a las escalas de tiempo asociadas con los procesos climáticos y su retroalimentación. Inclusive si las concentraciones de gases de efecto invernadero se estabilizan, se estima que el aumento del nivel del mar para finales del siglo XXI (2090- 2099) estará entre 0.18 y 0.59 m y que la temperatura del océano se incrementará 0.1°C por década (IPCC, 2007).

En cuanto al aumento del nivel del mar y su relación con los ecosistemas de manglar, en la literatura, pueden encontrarse diferentes posiciones. Por un lado, Field (1995) y Gilman et al. (2008) sostienen que éste será el factor más importante en la distribución futura de los manglares, pero que el efecto cambiará significativamente dependiendo de la variación local del nivel del mar y de la disponibilidad de sedimentos que soporten el restablecimiento de los manglares.

Los registros geológicos indican que con las fluctuaciones del nivel del mar, se han presentado tanto oportunidades como crisis para las comunidades de manglar, y éstos han sobrevivido o se han expandido en diversos refugios (Field, 1995). Según Ellison (2008), en varias localidades con diferentes aumentos del nivel del mar durante el Holoceno, se registraron procesos de retroceso y eventos de mortalidad masiva de los ecosistemas de manglar.

De acuerdo con Gilman et al (2008), la adaptación de los manglares frente al aumento del nivel del mar a escala de tiempo humana depende principalmente de cuatro factores: la tasa de aumento del nivel del mar en relación con los sedimentos de la superficie de los manglares; la composición de especies; la configuración fisiográfica; y los efectos acumulados de todos los factores que generan estrés, sobre la resiliencia y resistencia de los manglares.

Por su parte, Snedaker (1995) sostiene que la precipitación y la escorrentía pueden llegar a ser factores más importantes que el aumento del nivel del mar debido a que la disponibilidad de agua dulce modera la salinidad y limita la actividad de los microorganismos, y la escorrentía es una fuente importante de nutrientes provenientes de la tierra. Además, mientras haya suficiente escorrentía de agua dulce para mantener una salinidad óptima baja, el balance de nutrientes y la productividad, podría haber una acumulación neta de turba proporcional al aumento del mar, y por lo tanto, la zona ocupada por ecosistemas de manglar no retrocedería ni sería sobrepasada o abandonada. Sin embargo, si el agua dulce de escorrentía aumenta o disminuye a tal punto que los ecosistemas de manglar estén continuamente expuestos total o parcialmente a la fuerza del mar, la producción orgánica podría disminuir, comprometiendo la formación de la turba y consecuentemente la sobrevivencia de los manglares.

Según Alongi (2008), algunos manglares sobrevivirán frente al aumento del nivel del mar, y quizás podrán prosperar con los cambios climáticos predichos, especialmente en zonas donde exista una amplia llanura que les permita expandirse tierra adentro, ganando terreno a otros ecosistemas. Sin embargo, es claro que algunos manglares no sobrevivirán. Los ecosistemas de manglar ubicados en islas de relieve bajo y/o sobre ambientes carbonatados, donde la tasa de abastecimiento de sedimentos es baja, como en las pequeñas islas del Pacífico, son los más vulnerables. Así mismo, son muy vulnerables los manglares ubicados en zonas sin ríos y/o donde se presentan fenómenos de subsidencia de las formas terrestres. Por el contrario, los manglares menos vulnerables, aparte de aquellos que ocupan los estuarios de mareas altas, las zonas húmedas tropicales y las orillas de los ríos, son aquellos que ocupan islas de relieve alto y áreas remotas donde es poco probable que las actividades humanas bloqueen la migración tierra adentro.

Asumiendo las predicciones hechas por el IPCC (2007) de un aumento del nivel del mar para este siglo a una tasa anual de 3- 4 mm, Gilman et al. (2006) predicen una disminución del 13% en los manglares de las islas del Pacífico, mientras que Snedaker (1995) y Alongi (2008) estiman una disminución global de los manglares entre el 10- 15% para el año 2100.

Sin embargo, actualmente la deforestación amenaza de manera más predecible y agresiva estos ecosistemas, cuya tasa promedio anual estimada por Duke et al. (2007) está entre 1% y 2% del área total. Con base en estas cifras, Alongi (2008) sugiere que la mayoría de los bosques de manglar habrán desaparecido antes de que se alcance la máxima expresión de los impactos del cambio climático.

En la literatura, existen abundantes estudios acerca de los impactos del cambio climático, principalmente del aumento del nivel del mar, sobre los ecosistemas de manglar, aunque la mayoría de éstos se han realizado en países como Australia y Estados Unidos. La información es escasa o por lo menos de difícil acceso para los países tropicales, en los cuales se encuentra la mayoría de los ecosistemas de manglar. Por ello, desde la gestión ambiental, es necesario realizar investigaciones que permitan determinar la magnitud de los impactos del cambio climático en las diferentes partes del mundo donde se encuentran estos ecosistemas, ya que si bien la problemática del cambio climático es de carácter global, sus manifestaciones difieren entre localidades y las consecuencias sobre los manglares se perciben principalmente en las regiones tropicales y subtropicales.

3.2.2. Sobreexplotación de los recursos y cambios en el uso del suelo

Así como sucede con la agricultura basada en la tierra, la acuicultura y las actividades económicas han ocasionado problemas ambientales y conflictos sociales de gran relevancia en las zonas costeras (FAO, 2007). Se han presentado modificaciones de los hábitats en los lugares donde los acuicultores eliminan los manglares para establecer piscinas para la cría de especies de importancia económica (como camarones, langostinos y peces) y donde se instalan jaulas o corrales por encima de pastos marinos y arrecifes coralinos. Algunos efectos ambientales asociados con esta problemática son la pérdida de peces e invertebrados que se descartan de las redes por ser indeseados, la introducción de especies exóticas, el esparcimiento de parásitos y enfermedades, el uso inadecuado de químicos, la salinización del suelo y del agua y la contaminación de las zonas costeras (Primavera, 2005).



La acuicultura se ha convertido en un fenómeno global en la producción de alimentos. En 1975, ésta contribuía con el 8% de los productos derivados de la pesca a nivel mundial, actualmente provee más de un tercio de éstos. Para el año 2003, el total de la producción derivada de la acuicultura fue de 54.8 millones de toneladas métricas, lo que representaba 67.3 billones de dólares, producción proveniente en más de un 90% de Asia, continente en el cual la acuicultura tiene sus orígenes (Primavera, 2005).

Cerca de la mitad de las 270.000 ha de los manglares presentes en Filipinas desapareció entre 1951 y 1988 debido a su conversión a piscinas para la producción de Chanos chanos y de camarones. Según Wilkinson et al. (1994), en la mayoría de los países del sureste de Asia, la conversión de ecosistemas costeros en piscinas dedicadas a la acuicultura ha reducido las áreas de manglar en más de un 50%. Apesar de las normas establecidas con el fin de detener esta tendencia, la destrucción de los manglares para el establecimiento de piscinas dedicadas a la acuicultura continua presentándose (Primavera, 2005).

De acuerdo con Primavera (2005), para lograr un manejo más sostenible de los manglares, las prácticas que ocasionan deterioro ecológico deben ser reemplazadas por prácticas sanas, tales como localizar las piscinas de cultivo fuera de los manglares cuando sea posible y usar especies nativas, entre otras alternativas.

3.2.3. Desarrollos urbanísticos

A nivel global, los ecosistemas costeros están bajo una presión que crece rápidamente dado el aumento de la población en las zonas costeras (Ehrenfeld, 2000). Con el aumento de la población humana, se incrementa la demanda de agua dulce para consumo humano, disminuyéndose la disponibilidad de este recurso para los ecosistemas marinos. Esto incrementa la salinidad y genera estrés, pudiéndose ocasionar importantes efectos negativos sobre los ecosistemas de manglar. Además, los desarrollos urbanísticos constituyen una barrera para la expansión tierra adentro de los ecosistemas de manglar frente al aumento del nivel del mar.

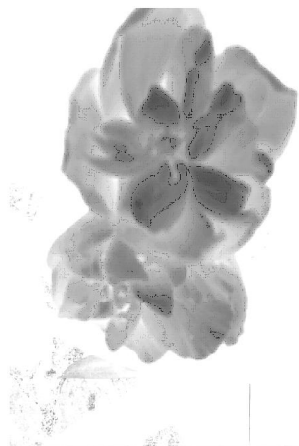
Este tema es mencionado por varios autores, aunque realmente es analizado con profundidad por pocos. Uno de los trabajos más representativos es el realizado por Lee et al. (2006), en el cual se manifiesta que los principales impactos generados por los desarrollos urbanos en las zonas costeras se presentan debido a la alteración de los procesos hidrológicos y geomorfológicos, seguidos por cambios estructurales y alteraciones de las funciones ecológicas de los ecosistemas. De estos impactos, el cambio hidrológico es el más visible e influencia fuertemente la dinámica dentro del sistema hídrico y la calidad del agua, pudiendo ocasionar concentraciones elevadas de metales traza, pesticidas, hidrocarburos, sedimentos y nutrientes dentro de los ecosistemas costeros (Lee et al., 2006).

Otro impacto importante de la urbanización es el de los contaminantes tóxicos, los cuales llegan a los ecosistemas costeros mediante la escorrentía y las captaciones de agua, como los alcantarillados, deteriorando la calidad del agua y el hábitat. Esta producción de contaminantes tóxicos sumada a la impermeabilización del suelo con la correspondiente disminución de la capacidad de infiltración, mencionados previamente, puede generar situaciones de mayor vulnerabilidad para los ecosistemas costeros dado el transporte concentrado de los contaminantes por medio de la escorrentía (Faulkner, 2004).

3.3. EFECTOS DE LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR

Según los expertos, las implicaciones totales de la pérdida de los manglares para la humanidad aún no se conocen (Duke et al., 2007). Sin embargo, la información existente permite afirmar que la degradación ambiental de los manglares significa la pérdida de los bienes y servicios asociados a éstos, con la respectiva afectación a las comunidades humanas locales que derivan de estos ecosistemas gran parte de su sustento.

De acuerdo con Lee et al (2006), la evidencia que soporte dichos impactos es poca debido a varias razones. Por un lado se desconoce la respuesta de los ecosistemas costeros a nivel de



comunidad frente a diferentes perturbaciones, y por otro lado se mencionan las dificultades metodológicas como la falta de replicaciones temporales y espaciales en estudios de impacto, que permitan obtener resultados confiables y la falta de herramientas adecuadas para evaluar la conectividad de los hábitats en cuestión.

En términos generales, la información reportada en la literatura acerca de los efectos de la degradación ambiental de los manglares es escasa. Éste es un importante vacío para la gestión ambiental de los manglares, puesto que impide estimar las pérdidas ocasionadas al deteriorar estos ecosistemas, herramienta fundamental para la toma de decisiones, principalmente cuando el criterio tenido en cuenta es la relación beneficio/costo. Si los costos reales de la degradación de los manglares no se conocen o son subestimados, las decisiones que se tomen en materia de gestión ambiental pueden ser inadecuadas.

Además, debe tenerse en cuenta que para la formulación de proyectos orientados a la gestión ambiental de los manglares, es crucial conocer a profundidad tanto las causas como los efectos de su degradación, porque si bien es cierto que las primeras permiten atacar eficientemente el problema, pues remiten al reconocimiento de las alternativas de solución, los segundos conducen a plantear los horizontes de la gestión, es decir, a la identificación de los objetivos y metas que guían la toma de decisión en materia de las medidas a implementar.

3.4. GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLAR

De acuerdo con la información analizada, éste es el segundo tema más ampliamente abordado en la literatura, después de las causas de degradación ambiental. El crecimiento de la presión de los desarrollos urbanos y la sobreexplotación de los recursos, unidos al cambio climático y al aumento del nivel del mar, han hecho urgente la necesidad de gestionar adecuadamente los ecosistemas costeros.

El cambio climático global, como su nombre lo indica, es una problemática de gran envergadura y complejidad, y es posible que por ello sea la más ampliamente documentada en la literatura. Sin embargo, dentro de la gestión ambiental de los ecosistemas de manglar, puede ser la más difícil de abordar, puesto que para ello se requiere de grandes compromisos a nivel mundial, y aún así, es difícil detener y revertir los acelerados cambios que se vienen presentando y que afectan severamente diferentes ecosistemas. A pesar de ello, las implicaciones del cambio climático para los manglares son de gran relevancia y deben ser conocidas por el gestor ambiental, quien deberá tenerlas en cuenta para manejar adecuadamente estos ecosistemas. Posiblemente, con una intensa divulgación de esta problemática, desde las diferentes disciplinas y grupos sociales, pueda lograrse la presión social o la conciencia necesaria para emprender los cambios requeridos para hacerle frente.

Por otro lado, aunque en la literatura se encuentran menos reportadas otras causas como los desarrollos urbanísticos, la sobreexplotación de los recursos y los cambios de usos del suelo, éstas constituyen el eje central sobre la cual debe enfocarse la gestión ambiental de los ecosistemas de manglar, puesto que pueden manejarse a nivel regional o local.

La normatividad constituye el marco de referencia a partir del cual deben desarrollarse las diferentes intervenciones sobre los ecosistemas de manglar y, por tanto, su conocimiento es un pilar fundamental para el gestor ambiental.

En cuanto a las estrategias de manejo implementadas, éstas dependen principalmente del estado del ecosistema y de los objetivos de manejo que se persigan (Field, 1995). A partir de la información analizada, puede afirmarse que la restauración es la estrategia de manejo más ampliamente tratada, seguida por las prácticas orientadas hacia un manejo sostenible y finalmente por la conservación. Esto puede deberse, según Hogarth (2007), a que existen muy pocos bosques de manglar en condiciones prístinas; la mayoría se encuentran con algún grado de deterioro causado por las actividades humanas, y en tal escenario, la restauración se ha configurado como una importante herramienta para la gestión ambiental.



3.4.1. Herramientas normativas

3.4.1.1 Normatividad internacional

En el escenario internacional, la mejor aproximación a políticas en temas ambientales ha estado representada por la formulación de convenios, tratados y acuerdos, los cuales comprometen a todos los países signatarios y representan acuerdos entre la comunidad internacional sobre un tema de interés global o regional. Las políticas internacionales adoptadas constituyen medios de regulación al acceso y explotación de recursos compartidos por las naciones. Los ecosistemas de manglar representan un tema de interés global puesto que se encuentran en más de 100 países, además, muchos otros países comparten la preocupación acerca de las consecuencias sociales y ambientales de la localización transfronteriza de los recursos de los manglares y por el comercio internacional de sus productos (Macintosh y Aston, 2002).

Uno de los grandes avances que representan los protocolos internacionales, es que pueden ser aplicados en situaciones transfronterizas. Este es un hecho especialmente importante si se tiene en cuenta que muchas configuraciones geográficas de los sitios donde se encuentran los manglares sobrepasan los límites políticos, los cuales no son reconocidos por los ecosistemas ni por las especies que los caracterizan, sino que han sido definidos por razones históricas o geopolíticas, sin tener en cuenta las funciones y los procesos ecológicos (Macintosh y Aston, 2002).

Algunos de los acuerdos más relevantes para la gestión y conservación de los manglares a nivel global, a los cuales Colombia se ha acogido son: Convención de Ramsar sobre los Humedales en Irán, 1975; Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres -CITES- en Washington, 1973; Convenio sobre la Diversidad Biológica en Río de Janeiro, 1992; Convenio para la Protección y Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe en Colombia, 1986; Convenio para la Protección del Medio Marino y la Zona Costera del Pacífico Sudeste en Lima, 1981; Convención sobre Cambio Climático en Nueva York, 1992; y Protocolo de Kioto en Kyoto, 1998.

3.4.1.2. Normatividad nacional e instituciones encargadas de la gestión ambiental de los manglares

Además de la ratificación de los acuerdos internacionales, mencionados anteriormente, en Colombia la normatividad que regula las zonas de manglares está enmarcada en el conjunto de principios fundamentales desarrollados por el Decreto- Ley 2811 de 1974, por medio del cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, y la Ley 99 de 1993, por medio de la cual se crea el Sistema Nacional Ambiental, SINA. En esta última, se otorga al Ministerio de Medio Ambiente, MMA, en la actualidad Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, MAVDT, la función de regular la conservación, preservación, uso y manejo del medio ambiente y de los recursos naturales renovables en las zonas marinas y costeras, y coordinar las actividades de las entidades encargadas de la investigación, protección y manejo del medio marino, de sus recursos vivos y de las costas y playas. Así mismo, le corresponde al MAVDT regular las condiciones de conservación y manejo de ciénagas, pantanos, lagos, lagunas y demás ecosistemas hídricos continentales (Artículo 5, numeral 24).

A nivel regional, las instituciones que tienen competencia en las áreas de manglar del país son las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, los Institutos de Investigación (INVEMAR e Institutos de investigaciones ambientales del Pacífico), la Unidad de Parques Nacionales, los entes territoriales, y a través de éstos, todos los sectores involucrados en el desarrollo de las zonas costeras. La finalidad es armonizar los planes de gestión ambiental de las entidades que conforman el SINA y las demás instituciones con funciones y competencias en los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares.

Además de las leyes mencionadas previamente, en Colombia se han generado diversas normas por medio de las cuales se ha procurado fomentar el conocimiento, ordenamiento, zonificación, y manejo adecuado de las áreas de manglar existentes en el país. Algunas de éstas son: Ley 47 de 1993, por la cual se dictan normas especiales para la organización y el funcionamiento del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina; Ley 357 de 1997, por medio de la cual se aprueba la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como

Hábitat de Aves Acuáticas"; Resolución 1602 de 1995, por medio de la cual se dictan medidas para garantizar la sostenibilidad de los manglares en Colombia; Ley 13 de 1990, por la cual se dicta el Estatuto General de Pesca; Resolución 257 de 1997, por medio de la cual se establecen controles mínimos para contribuir a garantizar las condiciones básicas de sostenibilidad de los ecosistemas de manglar y sus zonas circunvecinas; y Resolución 0233 de 1999, por medio de la cual se modifica la Resolución 924 del 16 de octubre de 1997, por la cual se establece el contenido y el procedimiento de los conceptos ambientales de los planes de implantación (Cuartas, 2007).

Sin embargo, a pesar de la existencia de normas e instituciones encargadas del manejo de las zonas costeras colombianas, en la actualidad su gestión se determina por normas sectoriales específicas en materia de pesca y acuicultura, minería, turismo, puertos, transporte marítimo y bosques, las cuales, aunque brindan un marco legal no tienen una visión integradora para la solución de conflictos, perdiendo por tanto su eficiencia (Cuartas, 2007).

3.4.2. Estrategias de manejo

3.4.2.1. Conservación

Aunque la cooperación internacional es adecuada en cuanto a políticas y planes, es común encontrar conflictos a nivel operativo debido a diferentes prioridades de desarrollo e intereses económicos entre las naciones. Por ejemplo, las compañías transnacionales que realizan explotación de los recursos naturales, como petróleo o minerales, al interior o en cercanías de manglares, pueden destruir estos ecosistemas debido a que perciben que su valor es inferior al de los productos extraídos (Macintosh y Aston, 2002).

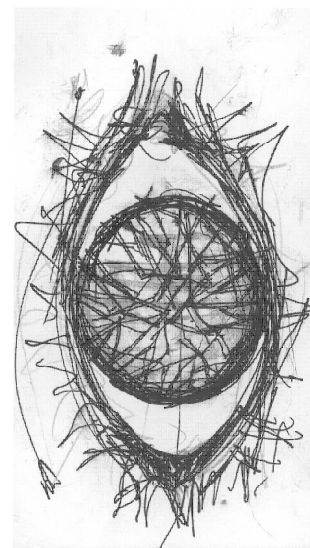
Dadas las limitaciones de la normatividad existente, mencionadas previamente, se hace necesario complementar las disposiciones legales, como acuerdos, convenios y protocolos, con otras herramientas de tipo administrativo que permitan ejecutar de manera coordinada la gestión de los ecosistemas de manglar. Algunas figuras reportadas en la literatura son las Áreas Marinas Protegidas, la gestión Biorregional, las Áreas Protegidas Transfronterizas y las Reservas de la Biósfera. El uso de estas figuras para la gestión de la conservación representa grandes ventajas para los manglares, entre otros ecosistemas costeros (Macintosh y Aston, 2002). De acuerdo con Spalding et al. (1997), en el mundo existen 685 áreas protegidas en las cuales se encuentran ecosistemas de manglar, distribuidas en 73 países y territorios, cifra que continua aumentando.

Sin embargo, la información acerca de la efectividad de las áreas protegidas es escasa (Macintosh y Aston, 2002), aunque en el reporte de 1995 sobre la evaluación de las Áreas Protegidas Marinas, se mencionó que el tamaño de muchas de las áreas protegidas no es suficiente en comparación con los procesos ecológicos que éstas deben soportar y, por tanto, su función de conservación no se desempeña completamente (Kelleher et al., 1995).

3.4.2.2. Manejo sostenible

Field (1996) sostiene que "no es realista pensar que en países con economías pobres será posible conservar la mayor parte de los bosques si no son utilizados de manera productiva. El manejo de los manglares supone mucho más que la producción de madera y debe incluir un conocimiento de todos los recursos y beneficios que pueden ser derivados del ecosistema de manglar total y de otros ecosistemas con los que están asociados".

Sin embargo, la información reportada en la literatura no necesariamente corresponde con prácticas donde se busque la sostenibilidad integral de los ecosistemas de manglar, sino que en muchos casos se trata de prácticas con objetivos netamente económicos, desconociendo la complejidad de las funciones llevadas a cabo por los ecosistemas de manglar. Se observa una marcada tendencia a manejar los ecosistemas de manglar con fines productivos. Algunos casos son citados por Field (1996), quien manifiesta que en Bangladesh, Malasia, Tailandia, Indonesia e India, existen grandes extensiones de manglar con fines comerciales que son relativamente bien manejados, produciendo buenos rendimientos. Sin embargo, las plantaciones de manglar con fines comerciales no tienen en cuenta la preservación de las funciones de estos ecosistemas más allá de sus necesidades, así que todos los esfuerzos se dirigen hacia la producción.



Si bien es cierto que es importante tener en cuenta el mantenimiento de la producción de estos ecosistemas, dada la importancia dentro de la economía de las comunidades locales, la gestión de los manglares debe hacerse de manera integral, reconociendo la importancia que estos ecosistemas tienen, no sólo a nivel socioeconómico, sino también biológico.

En muy pocos casos se ha implementado un régimen de manejo realmente sostenible, en el cual el aprovechamiento intensivo del ecosistema sea mantenido en el largo plazo sin deterioro significativo del mismo. Al respecto, Hogarth (2007) menciona el caso del bosque de Matang, ubicado al occidente de Malaysia, como una de las mejores aproximaciones al manejo sostenible de manglares durante más de un siglo. Otro caso es citado por Vannucci (2002), quien menciona el manejo con múltiples fines llevado a cabo en Sunderbans, donde se ha mantenido la productividad de los manglares en el largo plazo a través de la aplicación de prácticas silviculturales científicas con conocimiento tradicional.

Según Walters et al. (2008), muchas comunidades costeras han coevolucionado con los ecosistemas de manglar; por ello, el uso de sus recursos está frecuentemente ligado a las costumbres, las tradiciones y la herencia de las comunidades locales. De tal forma, los habitantes de las zonas costeras que usan los manglares poseen conocimiento ecológico tradicional importante. Este puede enfocarse hacia la funcionalidad del ecosistema, incluyendo procesos ecológicos e interacción de sus componentes, o directamente sobre especies dadas y su uso en beneficio del hombre (conocido como etnobotánica). Una de las ventajas del conocimiento ecológico tradicional como herramienta para el manejo de los ecosistemas de manglar es que permite incluir información que ha sido adquirida por las comunidades a través del tiempo, que posiblemente no es tomada en cuenta en los estudios científicos debido a su corta duración.



3.4.2.3. Restauración

La restauración, a pesar de ser la estrategia más implementada dentro de la gestión ambiental, según Bosiere (2008), ha tendido a enfatizarse en la siembra de mangles sin evaluar primero las causas de la pérdida de los ecosistemas y sin considerar las oportunidades de que el bosque se recupere sólo. La restauración de los manglares a través de la regeneración natural es relativamente económica y su mantenimiento requiere de pocas labores. Además, la regeneración natural lleva a un mejor desarrollo de las raíces en las etapas tempranas y causa menos disturbios sobre el suelo (Walters et al., 2008).

Muchos manglares restaurados se asemejan más a un bosque plantado que a un ecosistema integrado, sin embargo, pueden ser un primer paso en la rehabilitación del ecosistema. Los proyectos de restauración de manglares que involucran otras actividades, como la acuicultura, tienden a aproximarse más a la diversidad biológica y a los procesos ecológicos de los ecosistemas de manglar prístinos, que aquellos centrados únicamente en la siembra de árboles. Además, los proyectos que integran diferentes actividades producen un mayor retorno económico que aquellos proyectos enfocados únicamente en la siembra de árboles (Ellison, 2000).

De acuerdo con Walters et al. (2008), la regeneración asistida es una herramienta que sólo es recomendable en sitios donde la regeneración natural es insuficiente y por tanto, el ecosistema no puede recuperarse por sí solo. Su éxito dependerá fundamentalmente de dos factores: las condiciones del hábitat y la participación de las comunidades locales, si éstas se encuentran involucradas, probablemente aumentará la legitimidad del proyecto de restauración e incrementará la posibilidad de lograr un manejo sostenible de los bosques restaurados (Bosiere, 2008).

Así mismo, es necesario analizar cada caso antes de emprender tareas de restauración. Deben dejarse de usar simplemente plantaciones de mangles como la solución para todos los problemas que se presentan en estos ecosistemas. Esto implicaría aprender más de los éxitos y fracasos de experiencias anteriores, ser más efectivos de acuerdo con los conocimientos adquiridos y gastar los recursos limitados destinados para la restauración de una manera más efectiva (Bosiere, 2008; Walters et al., 2008).

Algunos elementos que podrían mejorar los resultados de los proyectos de restauración son la definición de criterios claros para evaluar su éxito, mayor accesibilidad a la información por parte de

los gestores de los recursos naturales en los países en vías de desarrollo, intensificación de la cooperación internacional y aplicación de teorías ecológicas importantes para llevar a cabo las tareas de restauración (Ellison, 2000).

4. CONCLUSIONES

Las causas de degradación ambiental de los manglares y la gestión llevada a cabo en los mismos, son las temáticas más ampliamente abordadas en la literatura. Estas constituyen fortalezas para el manejo de estos ecosistemas puesto que conocer los orígenes de la problemática permite ser estratégicos en su gestión y las diversas experiencias de manejo reportadas en la literatura, constituyen una línea base amplia, que permite retomar éxitos y fracasos de experiencias pasadas para emprender futuras gestiones.

Los principales factores que actualmente amenazan la existencia de los manglares son aquellos relacionados con el cambio climático (especialmente el aumento del nivel del mar), los desarrollos urbanísticos, la sobreexplotación de los recursos naturales y los cambios en los usos del suelo. De estos factores, el cambio climático es el más reportado por la literatura, dada su magnitud y complejidad. Sin embargo, desde la gestión ambiental, esta es la causa más difícil de enfrentar dada su naturaleza. A pesar de ello, las implicaciones del cambio climático para los manglares son de gran relevancia y deben ser conocidas por el gestor ambiental, quien deberá tenerlas en cuenta para manejar adecuadamente estos ecosistemas y para emprender acciones de mitigación. Aunque la sobreexplotación de los recursos y los desarrollos urbanísticos son causas menos reportadas en la literatura en comparación con el cambio climático, constituyen el eje central sobre el cual debe enfocarse la gestión ambiental de los ecosistemas de manglar, puesto que pueden manejarse a nivel local o regional.

Los estudios analizados resaltan la incertidumbre de los efectos del cambio climático en los diferentes ecosistemas costeros, dado el número de variables involucradas en tal cambio y la sinergia entre las mismas, lo cual dificulta hacer predicciones exactas. Es importante realizar estudios que permitan determinar con mejor precisión la dirección y magnitud de los cambios, y las posibles estrategias de manejo de tales ecosistemas frente a un escenario de cambio climático acelerado.

El vacío en cuanto a la estimación de los efectos de la degradación de los manglares es una falencia para la gestión ambiental puesto que al desconocer o subestimar los costos del deterioro ambiental de estos ecosistemas, pueden tomarse decisiones inadecuadas por parte de los entes administradores.

En cuanto a las estrategias de manejo implementadas, el manejo sostenible, asumido muchas veces como prácticas con objetivos netamente económicos, debe reorientarse hacia prácticas en las cuales se busque la sostenibilidad integral de los ecosistemas de manglar. Por otro lado, la restauración ha sido un método de manejo ampliamente usado en el mundo para tratar los manglares severamente degradados. Sin embargo, ésta es una estrategia de manejo que debe implementarse sólo cuando el ecosistema no puede recuperarse por sí mismo. Además, debe hacerse en un sentido más amplio que la simple siembra de árboles.

BIBLIOGRAFÍA

- Alongi, D., 2008. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76: pp. 1- 13.
- Bosiére, J., Dahdouh- Guebas, F., Walton, M., Crona, B., Lewis, R., Field, C., Kairo, J. and Koedam, N., 2008. Functionality of restored mangroves: A review. *Aquatic Botany* 89: pp. 251- 259.
- Cahoon, D., Hensel, P., Rybczyk, J., McKee, C., Proffitt, E. and Pérez, B., 2003. Mass tree mortality leads to mangrove peat collapse at Bay Islands, Honduras after Hurricane Mitch. *Journal of Ecology* 91: pp. 1093- 1105.

- Cuartas, L., 2007. Normatividad vigente para los manglares en Colombia. Monografía Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Medellín. 46 p.
- Dahdoub- Guebas, F., Jayatissa, L. , Di Nitto, D., Bosire, J. O., Lo Seen, D. and Koedam, N., 2005. How effective were mangroves as a defense against the recent tsunami? *Current Biology* 15 (12): pp. 443- 447.
- Desantis, L., Bhotika, S., Williams, K. and Putz, F., 2007. Sea-level rise and drought interactions accelerate forest decline on the Gulf Coast of Florida, USA. *Global Change Biology* 13: pp. 2349- 2360.
- Duke, N., Meynecke, J., Dittmann, S., Ellison, M., Anger, K., Berger, U., Cannicci, S., Diele, E., Field, C., Koedam, N., Lee, S., Marchand, C., Nordhaus, I. and Dahdouh- Guebas, F., 2007. A world without mangroves? *Science* 317: pp. 41- 42.
- Ehrenfeld, J., 2000. Evaluating wetlands within an urban context. *Ecol. Eng.* 15: pp. 253- 265.
- Ellison, A. and Farnsworth, E., 2001. Mangrove Communities. En: *Marine Community Ecology*. Sunderland. Sinauer Associates. pp. 423- 442.
- Ellison, A., 2000. Mangroves restoration: Do we know enough? *Restoration Ecology* 8 (3): pp. 219- 229.
- Ellison, J., 2008. Long- term retrospection on mangrove development using sediment cores and pollen analysis: A review. *Aquatic Botany* 89: pp. 93- 104.
- FAO. 2007. The World's Mangroves 1980- 2005: A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. Roma. 89 P.
- Faulkner, S., 2004. Urbanization impacts on the structure and function of forested wetlands. *Urban Ecosystems* 7: pp. 89- 106.
- Field, C., 1996. La restauración de ecosistemas de manglar. Sociedad Internacional para Ecosistemas de Manglar. Okinawa, Japón. 227 p.
- Gilman, E., Van, L., Ellison, J., Jungblut, V., Wilson, L., Areki, F., Brighthouse, G., Bungitak, J., Dus, E., Henry, M., Sauni, I., Kilman, M., Matthews, E., Teariki- Ruatu, N., Tukia, S. and Yugnavage, K., 2006. Pacific Island mangroves in a changing climate and rising sea. UNEP. Regional seas reports and studies No 179. Nairobi. 58 P.
- Gilman, E., Ellison, J., Duke, N. and Field, C., 2008. Threats to mangroves from climatic change and adaptation options. *Aquatic Botany*. En press.
- Harpem ,B., Selkoe, K., Micheli, F. and Kappel, C., 2007. Evaluating and ranking the vulnerability of global marine ecosystems to anthropogenic threats. *Conservation Biology* 21 (5): pp. 1301- 1315.
- Hogarth, P., 2007. The biology of mangroves and seagrasses. 2 ed. Oxford University. New York. 273 P.
- IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2001. Vulnerabilidad y adaptación de la zona costera colombiana al ascenso acelerado del nivel del mar. Bogotá. 91 P.
- INVEMAR, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, 2004. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia en el año 2004. [en línea] www.invemar.org.co [febrero de 2009]
- IPCC, Intergovernmental Panel of Climatic Change., 2007. Climatic Change 2007: Synthesis Report. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, Pachauri, R. K and Reinsinger, A. (eds.). Ginebra. 104 P.
- Kathiresan, K. and Bingham, M., 2001. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology* 40: pp. 81-151.
- Kelleher, G., Bleakley, C. and Wells, S., 1995. A Global representative system of Marine Protected Areas. Great Barrier Reef Marine Park Authority. Banco Mundial y IUCN.
- Macintosh, D. and Ashton, E., 2002. A Review of Mangrove Biodiversity Conservation and Management. Centre for tropical research. University of Aarhus. Aarhus. 86 P.



- McLeod, E. and Salm, R., 2006. Managing Mangroves for Resilience to Climate Change. The World Conservation Union. Gland, Suiza. 64 P.
- Naciones Unidas. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 1998. [en línea] <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf> [Enero de 2008]
- Nagelkerken, I., Blaber, S., Bouillon, S., Green, P., Haywood, M., Kirton, L., Meynecke, J., Pawlik, J., Penrose, M., Sasekumar, A. and Somerfield, P., 2008. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine faune: a review. *Aquatic Botany* 89: pp. 155- 185.
- Primavera, J., 2000. Mangroves, Fishponds, and the Quest for Sustainability. *Science* 310: pp. 57- 59.
- RAMSAR. ¿Qué es la Convención de Ramsar sobre los Humedales? [en línea] www.ramsar.org/key_cp_s.htm [Diciembre de 2008]
- Sánchez-Páez, H., Guevara-Mancera, O. y Álvarez-León, R., 1988. Conservación y uso sostenible de los manglares del Pacífico Colombiano. Ministerio del Medio Ambiente, Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) y Asociación Colombiana de Reforestadores (ACOFOR). Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá. 178 p.
- Snedaker, S., 1995. Mangroves and climate change in the Florida and Caribbean region: scenarios and hypotheses. *Hydrobiologia* 295: pp. 43- 49.
- Spalding, M. D., Blasco, F. and Field, C., 1997. World Mangrove Atlas. The International Society for Mangrove Ecosystems. Okinawa, Japón. 178 pp.
- Torres- Parra, R.R., Gómez- López, J.C. y Afanador-Franco, F., 2006. Variación del nivel medio del mar en el Caribe Colombiano. *Boletín Científico CIOH* 24: pp. 64- 72.
- Vannuci, M., 2002. Indo- West Pacific mangroves. En: *Mangrove ecosystems: Function and management*. Lacerda L (Ed). Nueva York. pp. 123- 215.
- Vélez, O. y Galeano, M., 2002. Investigación cualitativa - Estado del arte. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Sociales y Humanas. Centro de Investigaciones Sociales y Humanas (CISH). Medellín. 88 p.
- Walters, B., Ronnback, P., Kovacs, J., Crona, B., Hussain, S., Badola, R., Primavera, J., Barbier, E. and Dahdouh- Guebas, F., 2008. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany* 89: 220- 236.
- Wilkinson, C., Sudara, S. and Chou, L., 1994. Proceeding of the Third Aseanaustralia Symposium of living Coastal Resources. Townsville. Australian Institute of Marine Science.



