



1 Anexo 1. Términos de referencia para la formulación, complementación o actualización de los estudios de caracterización, diagnóstico y zonificación del manglar

1.1 Síntesis

Se debe referir un esbozo de las unidades jerárquicas de las que hace parte el sistema socioecológico de manglar, destacando los aspectos más importantes en lo que respecta a su caracterización y diagnóstico. Se deben describir de manera resumida los indicadores considerados en la caracterización de las ecoseries y los resultados de la valoración de la integridad ecológica tanto para el sistema socioecológico como para las ecoseries.

Por otra parte, se debe sintetizar en un análisis crítico los impactos presentes y futuros potenciales, en relación con desarrollos sectoriales con influencia directa e indirecta sobre el ecosistema de manglar. De igual manera se debe referir un análisis en lo que respecta a los conflictos y potencialidades identificados entre los instrumentos de planificación y/u ordenamiento ambiental, étnico territorial y territorial en relación con la propuesta de zonificación del sistema socioecológico del manglar, se deben puntualizar las acciones más relevantes de armonización.

Se debe referir el escenario apuesta y los objetivos previstos que contribuirán al cumplimiento de éste. Se deben sintetizar los principales resultados de la definición de unidades de manejo y el régimen de uso para éstas, y a partir de un análisis crítico cómo la propuesta de zonificación y régimen de uso propenderá por la materialización del escenario de interés.

Se debe sintetizar la estrategia de gestión integral del sistema socioecológico de manglar, identificando las principales potencialidades y problemáticas que se atenderán a través de ésta, de igual manera se debe esbozar el sistema de seguimiento y evaluación precisado.

1.2 Definición jerárquica del territorio

Se deben definir y delimitar las diferentes unidades jerárquicas espaciales en las que está inmerso el sistema socioecológico de manglar, para ello se puede seguir la propuesta de ecorregión,

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



ecosección, ecoserie y ecotopo de Klijn & Udo De Haes (1994) implementada por Corporación UDEA (2012), o de ecoregión y/o cuenca, complejo de humedales y humedal propuesta en la “*Guía para la formulación, complementación o actualización de planes de manejo para humedales de importancia internacional y otros humedales*” (Minambiente, 2006).

1.3 Caracterización y diagnóstico

Se debe presentar la caracterización y el diagnóstico del sistema socioecológico de manglar de manera diferencial e integral (a partir de la propuesta de Cortés & Estupiñán, 2016), para lo cual se tendrá en cuenta un enfoque multiescalar sustentado en la definición jerárquica del territorio, y en el cual se considerarán los aspectos esbozados a continuación.

1.3.1 De la o las ecorregiones de interés

Se deben precisar, a partir de información secundaria, las características generales de la ecorregión o ecorregiones en las que se encuentra el sistema socioecológico de manglar, en lo que respecta a: geología (unidades geológicas, estratigrafía y tectónica), geomorfología (unidades geomorfológicas), hidrología (identificar cuerpos líticos y lóticos, cantidad, disponibilidad y calidad del recurso agua), oceanografía (temperatura del agua y salinidad del agua, mareas, corrientes y calidad del agua) y climatología (régimen climático y comportamiento precipitación, temperatura, humedad relativa, brillo solar y dirección del viento) (para los aspectos físicos), e inscripción político administrativa (división departamental, municipal y veredal).

En el ámbito de ecorregión se deben identificar y describir los principales desarrollos sectoriales actuales y futuros, y con influencia directa o indirecta en el sistema socioecológico de manglar, y en relación con por lo menos los siguientes sectores: transporte, agropecuario, industrial, minero y energético, construcción y de servicios.

Por cada uno de los desarrollos sectoriales actuales se deberán caracterizar los impactos presentes y para los desarrollos futuros los potenciales, este análisis debe incluir los impactos de tipo acumulativo, sinérgico y residual. Para tal fin se puede seguir la propuesta de “*Problemáticas*



relacionadas con la pérdida y deterioro de los ecosistemas de manglar en Colombia” esbozada por Gómez, y otros (2014).

Se debe presentar un análisis crítico de los desarrollos sectoriales (presentes y futuros) en relación a la conservación del sistema socioecológico de manglar.

1.3.2 De la o las ecosecciones de interés

Se deben precisar, a partir de información secundaria, las características específicas de la ecosección o ecosecciones o complejo o complejos de humedales en los que se encuentra el sistema socioecológico de manglar, y en lo que respecta a: fisiografía (unidades fisiográficas), edafología (unidades edáficas y sus características físicas y químicas), cobertura y uso de la tierra (unidades de cobertura y usos asociados), flora (composición florística y estructural, e identificación de especies endémicas y en algún grado de amenaza), fauna (composición por grupos e identificación de especies endémicas y en algún grado de amenaza), aspectos sociales (demografía (población actual, tasa de crecimiento, densidad poblacional, migraciones), salud (morbilidad y mortalidad), educación, vivienda, servicios básicos y empleo), económicos (actividades económicas) y culturales (grupos étnicos y prácticas culturales).

Se deben identificar los instrumentos de planificación ambiental, étnico territorial y territorial con injerencia directa o indirecta en el sistema socioecológico de manglar, se deben precisar los posibles conflictos y potencialidades en torno a la conservación del ecosistema de manglar.

Se debe presentar un análisis crítico de los referidos instrumentos de planificación en relación con la conservación del sistema socioecológico de manglar.

Se debe precisar a partir de información secundaria la vulnerabilidad al cambio climático de cada una de las ecosecciones, para tal fin se puede emplear, ajustar y/o complementar la información contemplada en los documentos “*Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011 – 2100, herramientas científicas para la toma de decisiones, nivel nacional departamental*” y “*Escenario de cambio climático para la precipitación y temperatura en Colombia*”, entre otros.

1.3.3 De las ecoseries

Se deben precisar los límites de cada ecoserie del sistema socioecológico de manglar, para lo cual se tendrá que señalar sus linderos en el ámbito local, y hacer una descripción de cada uno de los puntos geográficos de interés.

Se debe precisar la extensión de cada ecoserie del sistema ecológico de manglar, refiriendo como ha variado a través del tiempo, para lo cual se podrá abordar un análisis multitemporal que contemple por lo menos los siguientes períodos: actual y años 2010, 2000 y 1990, en función de la disponibilidad de productos de sensores remotos. A partir de esta información se deberá precisar el grado de conectividad (estructural y funcional) de cada una de las ecoseries, y su variación en el tiempo.

Se deben identificar los principales usos del sistema socioecológico de manglar y las figuras de manejo de orden local, regional y nacional, tanto de tipo comunitario, privado y/o gubernamental. Para éstas últimas se deben puntualizar las acciones de gestión que han derivado en la reserva, delimitación, alinderación, declaración, administración y/o sustracción.

Por cada ecoserie se debe caracterizar, a partir de información secundaria y primaria, los componentes del sistema socioecológico de manglar, en lo que respecta a: vegetación (composición florística y estructural, regeneración natural), fauna (para los grupos de aves, mamíferos, reptiles, anfibios, peces e invertebrados), agua (nivel del agua y los parámetros físicos y químicos de salinidad, pH y temperatura, tanto a nivel superficial e intersticial), y suelo (propiedades físicas y químicas, y posición geomorfológica).

Se deben identificar, caracterizar, espacializar y valorar los servicios que el sistema socioecológico de manglar brinda en cada una de las ecoseries, para tal fin se puede seguir la propuesta de clasificación de: *“Common International Classification of Ecosystem Services - CICES”*, *“Millennium Ecosystem Assessment - MEA”* o *“The Economics of Ecosystems and Biodiversity – TEEB”*. Un listado preliminar e indicativo de éstos se presenta en Gómez, y otros (2014). De igual manera se debe incluir un análisis de las funciones ecológicas del sistema, como, por ejemplo: producción de biomasa, hábitat de especies y exportación de materia orgánica, entre otras.

En lo que respecta a los aspectos sociales, económicos e institucionales se deberán abordar análisis en relación con: actores y bienestar humano, instituciones y gobernanza, conflictos asociados a los servicios que presta el sistema socioecológico de manglar, y de adaptación y resiliencia. Una aproximación metodológica para tal fin se presenta en Vilardy (2016).

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016

Tabla 1. Algunos indicadores para la evaluación de la integridad ecológica del sistema socioecológico de manglar

Categoría	Criterio	Indicador	Fuente
Condición	Composición biológica	Composición florística	Gómez, y otros (2014)
		Singularidades ecológicas	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)
		Riqueza de aves acuáticas	Navarrete (2014)
		Condición – Tendencia de bosques de manglar	Navarrete & Rodríguez (2014)
	Composición estructural	Área basal	Gómez, y otros (2014) y Tavera (2014)
		Densidad	Gómez, y otros (2014) y Tavera (2014)
	Cobertura	Cambio en la extensión de la cobertura forestal del manglar	Gómez, y otros (2014) y Tavera (2014)
	Condiciones ambientales	Alteración de flujos hídricos	Gómez, y otros (2014)
		Salinidad	Gómez, y otros (2014)
Contexto paisajístico		Calidad ambiental del agua	Vivas & Navarrete (2014)
Paisaje	Porcentaje de coberturas antropogénicas	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)	
	Densidad de vías de acceso (terrestre y/o fluvial)	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)	
	Distancia a centros poblados	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)	
Presión	De origen antrópico	Conversión a otras coberturas	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)
		Demanda de servicios ecosistémicos de provisión	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)
		Indicador de abundancia relativa o captura por unidad de esfuerzo	Rueda, Bustos, Viloria & Navarrete (2014)
Presión	De origen antrópico	Proporción de la talla media de captura sobre la talla media de madurez	Rueda, Bustos, Viloria & Navarrete (2014)
		Desarrollos sectoriales actuales y futuros con efectos negativos	Sin referente
	De origen natural	Erosión del frente del manglar	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)
		Árboles muertos en pie y caída de árboles por causas naturales	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



A partir de la información recabada para la ecorregión en relación con los desarrollos sectoriales actuales y futuros, y de los conflictos identificados en el sistema socioecológico de manglar se deberán precisar las presiones a las que está sujeta cada una de las ecoseries.

Con base en la información derivada del proceso de caracterización se debe precisar el grado de integridad ecológica para cada ecoserie del sistema socioecológico de manglar, para tal propósito, por lo menos se deben tener en cuenta indicadores de estado con relación a la condición y contexto paisajístico, e indicadores de presión; algunos de éstos son referidos en la Tabla 3, no obstante es preciso señalar que el referido listado no es taxativo.

Los indicadores contemplados deberán ser descritos por cada una de las ecoseries de interés, y a partir de éstos se deberá sintetizar el grado de integridad ecológica para las referidas unidades.

A partir de la información recabada para las ecorregiones en relación con los desarrollos sectoriales se deberá sintetizar para cada ecoserie los posibles efectos que se derivan o pueden derivarse de éstos, se tendrá que puntualizar cómo los indicadores propuestos para el análisis de integridad ecológica se ven influenciados por los efectos de los referidos desarrollos.

1.4 Prospectiva y zonificación ambiental

Se debe definir y precisar el escenario apuesta y contrastar con los otros escenarios precisados para el sistema socioecológico de manglar, éstos deben ser definidos con la participación de los actores identificados en la caracterización de los aspectos sociales, económicos e institucionales. En consideración del escenario apuesta se debe establecer la zonificación de las ecoseries identificadas, caracterizadas y diagnosticadas, que en conjunto deberán propiciar el logro del escenario de interés.

1.4.1 Prospectiva

Se deberán definir y describir cada uno de los escenarios considerados, en tal proceso se pueden tomar como punto de partida los esbozados por el grupo de *“Evaluación de los Ecosistema del Milenio”* de acuerdo con lo referido por Carpenter, y otros (2005), o los considerados en la guía técnica para la ordenación y manejo integrado de las unidades ambientales costeras de interés

(tendencial, deseado y apuesta o factible). En tal propósito se puede hacer uso de herramientas como las señaladas en el acapite de *“Fase 3. Prospectiva y zonificación ambiental”* de la *“Guía técnica para la ordenación y manejo integrado de la zona costera”* (Minambiente, 2017).

Los escenarios corresponden a un futuro posible y la forma de alcanzar éste. El tendencial corresponde a aquel en donde las dinámicas (ecológicas, económicas y sociales actúan) “sin ninguna intervención”; por otra parte, el escenario deseado corresponde a la conjunción de las propuestas de los actores con injerencia en el sistema socioecológico de manglar, en donde ponen en evidencia sus necesidades e intereses. El escenario apuesta o factible es el derivado de la mediación entre los actores de interés y presupone algunas restricciones autoimpuestas para propiciar éste.

1.4.2 Zonificación ambiental

Para el conjunto de indicadores considerados en la evaluación de la integridad ecológica de las ecoseries del sistema socioecológico de manglar se precisarán y definirán clases y/o rangos que permitan establecer la estrategia de manejo a considerar en cada una de éstas, a saber: preservación, uso sostenible y restauración; las clases y/o rangos deberán estar en concordancia con el objetivo propuesto para cada categoría de manejo y del escenario “apuesta o factible” definido en la prospectiva.

Por cada una de las ecoseries caracterizadas se deberán cualificar los indicadores considerados y precisar a partir de un análisis multicriterio la estrategia de manejo que tendrá que propender por la conservación del sistema socioecológico de manglar en el marco del escenario definido. Este proceso deberá contar con la participación plena de los actores identificados.

Para cada categoría de manejo y/o ecoserie, y de acuerdo con sus particularidades (definidas en la caracterización y diagnóstico) se deberá establecer el régimen de uso, en el cual se tendrán que prever los siguientes tipos: principal, compatible y condicionado, de acuerdo con lo establecido en Minambiente (2006). Los referidos usos deberán estar en concordancia con el objetivo propuesto para cada categoría de manejo y el escenario definido en la prospectiva para el sistema sociecológico de manglar, y deberán ser definidos a través de ejercicios participativos con los actores identificados.



1.5 *Formulación de la estrategia de gestión del sistema socioecológico de manglar*

Con base en el escenario definido se identificarán los objetivos que propenderán por dar alcance a éste, los que deberán afianzar y atenuar las potencialidades y las problemáticas, respectivamente, identificadas en el proceso de caracterización y diagnóstico multiescalar del sistema socioecológico de manglar.

Aplicando el marco de subprogramas precisado en el “*Programa para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en Colombia*” se precisarán los proyectos que atenderán las potencialidades y las problemáticas identificadas para el sistema socioecológico de manglar (en las diferentes escalas de interés). Cada uno de éstos deberá considerar, por lo menos, los siguientes aspectos: objetivo, metas, indicadores, ámbito espacial (ecosecciones de interés) y temporal, responsables, costos, fuentes de financiación y prioridad de implementación.

A partir de la identificación y entendimiento de los proyectos definidos en el acápite programático de los instrumentos de planificación ambiental, étnico territorial y territorial, con injerencia directa e indirecta en el sistema socioecológico de manglar, se deberá evaluar la pertinencia y complementariedad de los proyectos precisados para el sistema de interés, propendiendo en el caso de ser necesario por su armonización.

A partir del conjunto de proyectos pertinentes se estructurará el plan de acción, en el que se destacará la prioridad (derivada de un ejercicio de jerarquización) dada a cada uno de éstos en el horizonte de planificación, para lo cual se considerará el corto (a dos años), mediano (a cuatro años) y largo plazo (para el año 2025).

En la estrategia de gestión se incluirá un acápite de seguimiento y evaluación, la cual se construirá a partir del conjunto de indicadores precisados para la evaluación de la integridad ecológica de cada ecoserie que se sugiere sean evaluados con una periodicidad anual o quinquenal (de acuerdo con lo precisado en el Anexo 5. Lineamientos nacionales para el monitoreo del manglar en Colombia), y a partir de los cuales se podrá precisar la evolución del estado de éstas. Por otra parte, con base en los indicadores propuestos para cada proyecto se evaluarán anualmente los avances en la implementación del plan de acción.

Los resultados del proceso de seguimiento y evaluación se deberán informar a los actores identificados en el acapite de los aspectos sociales, económicos e institucionales.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



1.6 Base de datos espacial y mapas de interés

Se deberá estructurar una base de datos espacial que incluya información base y temática, en lo que respecta a esta última se deberán incluir capas que den cuenta por lo menos de los siguientes aspectos: jerarquización del territorio (ecorregiones, ecosubregiones y ecoseries), caracterización de las ecoseries, distribución de las unidades de muestreo para la caracterización de los aspectos de interés (físicos y biológicos), ubicación de los desarrollos sectoriales con influencia actual y potencial sobre el sistema sociecológico de manglar, y zonificación de las unidades de manejo.

La escala de producción en relación con la jerarquización del territorio deberá ser como mínimo 1:100.000, y en lo que respecta a variables temáticas a nivel de ecoseries se sugiere tener en consideración la información presentada en la Tabla 2.

Tabla 2. Aspectos para tener en cuenta en la generación de mapas temáticos para los ecosistemas de manglar

Aspectos de interés	Región		
	Manglares Insulares	Manglares del Caribe	Manglares del Pacífico
Escala mínima de producción	1:5.000	1:25.000	1:50.000
Escala mínima interpretación en pantalla	1:1.250	1:6.250	1:12.500
Unidad mínima cartografiable (en hectáreas)	0,0625	1,5625	6,25

La base de datos espacial debe tener como referencia el sistema de coordenadas MAGNA – SIRGAS (de acuerdo con lo referido en la Resolución 068 del 28 de enero de 2005) (IGAC, 2005) indicando el origen, cada capa espacial deberá tener asociado su metadato siguiendo los parámetros establecidos en la NTC – 4611 “Norma Técnica Colombiana de Metadatos Geográficos”.

La información primaria (recabada en campo) deberá ser dispuesta en el “Sistema de Información para la Gestión de los Manglares en Colombia – SIGMA”, de acuerdo con los módulos, formatos y estándares establecidos para tal fin.

2 Anexo 2. Términos de referencia para la formulación de los lineamientos de manejo integral para las unidades de uso sostenible del sistema socioecológico de manglar

2.1 Síntesis de la caracterización y diagnóstico de la ecoserie

Se debe presentar una síntesis actualizada de la caracterización y el diagnóstico de la ecoserie objeto de manejo, en esta se deben indicar con claridad cuáles son los principales bienes y servicios de los que se beneficia la comunidad que tradicionalmente se ha relacionado con el manglar, se debe puntualizar la forma actual de acceso a los referidos bienes y servicios.

2.2 Identificación y caracterización de los bienes y/o servicios de interés

Se deben identificar los bienes y/o servicios que deben ser objeto de lineamientos de manejo, y que pueden corresponder a aquellos que tienen una presión significativa por uso (directo o indirecto) o son de interés comercial por parte de la comunidad, entre otros aspectos a considerar.

Para tal propósito se debe contar con la participación de los de los actores identificados y en especial con aquellos que hacen parte de los grupos económicos locales, por ejemplo, pescadores, recolectores, corteros, prestadores de servicios turísticos, comercializadores e intermediarios, entre otros.

Se deben priorizar, de manera participativa, y de ser necesario, los bienes y/o servicios que serán objeto de planificación. Para éstos se tendrá que abordar una caracterización detallada que permita precisar el estado de los recursos y/o servicios que se desean utilizar, en tal fin se deberán emplear metodologías pertinentes que permitan dar respuesta por lo menos a los siguientes aspectos: ¿dónde ésta?, ¿cuánto hay?, ¿cuál es el estado?, y ¿cuáles son sus interacciones en el sistema socioecológico de manglar?, entre otras de interés.

De considerarse pertinente la caracterización deberá abordarse en unidades de análisis más específicas que la ecoserie, como por ejemplo por ecotopos.



2.3 Caracterización de los usuarios de los bienes y/o servicios de interés

Se deben caracterizar en detalle los usuarios de los bienes y/o servicios que serán objeto de lineamientos de manejo, para lo cual se pueden seguir las propuestas de análisis de “actores y bienestar humano” e “instituciones y gobernanza” referidas por Vilardy (2016), y en especial en lo que respecta a los siguientes tópicos: condiciones sociales, actividades productivas, relaciones de poder, pobreza, desigualdad y violencia, y el reconocimiento del grado de articulación de las instituciones formales y no formales, entre otros.

2.4 Objetivo u objetivos de manejo para los bienes y/o servicios de interés

Se debe precisar el objetivo u objetivos de manejo para los bienes y/o servicios que serán objeto de lineamientos de manejo, éste se deberá definir de manera conjunta con los usuarios y actores identificados, y tendrá que ser: específico, medible, alcanzable, realista y limitado en tiempo.

2.5 Lineamientos de manejo para los bienes y/o servicios de interés

A partir de un proceso de construcción conjunta con los actores de interés y con base en los resultados de la identificación y caracterización de los recursos y/o servicios, se deberán definir los lineamientos de manejo en torno a éstos, tanto para los usuarios, los administradores y otros actores pertinentes.

Los lineamientos de manejo deberán construirse con base a criterios de orden ecológico, social, cultural, moral, administrativo y/o legal, y deberán ser validados por los usuarios de los bienes y/o servicios de interés.

2.6 Esquema de gobernanza en torno al manejo de los bienes y/o servicios de interés

A partir del proceso de caracterización de usuarios y de un ejercicio de construcción conjunta con los actores de interés se deberá definir el esquema de gobernanza, entendido como la estructura de la instancia de autoridad que tenga más probabilidad de garantizar altos niveles de



cumplimiento, por parte de los usuarios y actores, de los lineamientos de manejo para los bienes y/o servicios de interés.

2.7 *Sistema de seguimiento y control*

Se debe definir a partir de un proceso de construcción conjunta con los actores de interés un sistema de seguimiento que dé cuenta del estado de los bienes y/o servicios objeto de uso, para lo cual se precisarán indicadores de interés que sean fácilmente medibles por los usuarios del recurso, y los que se construirán a partir de la información recabada en el proceso de “*identificación y caracterización*” de éstos.

Se debe establecer de manera conjunta con los actores de interés un sistema de veeduría que permita vigilar y controlar el cumplimiento de los lineamientos de manejo acordados, este deberá estar articulado con el esquema de gobernanza definido previamente, y tendrá que ser concebido con el objeto de que la comunidad lo pueda implementar, por ende, deberá ser adecuado y efectivo en el contexto local.

2.8 *Base de datos espacial y mapas de interés*

Se deberá estructurar una base de datos espacial que incluya información base y temática, en lo que respecta a esta última se deberán incluir capas que den cuenta por lo menos de los siguientes aspectos: bienes y/o servicios de interés y usuarios de los bienes y/o servicios de interés.

La base de datos espacial debe tener como referencia el sistema de coordenadas MAGNA – SIRGAS (de acuerdo con lo referido en la Resolución 068 del 28 de enero de 2005) (IGAC, 2005) indicando el origen, cada capa espacial deberá tener asociado su metadato siguiendo los parámetros establecidos en la NTC – 4611 “*Norma Técnica Colombiana de Metadatos Geográficos*”.



3 Anexo 3. Términos de referencia para los estudios de rezonificación de áreas de manglar en el marco del desarrollo de proyectos de utilidad pública, interés nacional y estratégico o interés social

3.1 Síntesis

Se debe referir un esbozo de las características del proyecto, obra y/o actividad, las particularidades más relevantes del sistema socio ecológico de manglar con relación a: integridad ecológica, la conectividad, los servicios ecosistémicos y las amenazas y riesgos definidos para las unidades de manejo de interés.

Por otra parte, se debe sintetizar el análisis crítico de cómo el conjunto de impactos del proyecto, obra y/o actividad repercutirán sobre los aspectos considerados en la caracterización del sistema socioecológico de manglar en las unidades de manejo de interés.

Se debe concluir en forma precisa cómo el plan de compensación ambiental del componente biótico aportará a mejorar la integridad ecológica, la conectividad, y la prestación de servicios ecosistémicos, y a atenuar las amenazas y riesgos definidos para el sistema socioecológico de manglar.

3.2 *El proyecto obra y/o actividad y su carácter excepcional de: utilidad pública, interés nacional y estratégico y/o interés social*

Se debe precisar la norma o conjunto de regulaciones¹ que catalogan al proyecto, obra y/o actividad bajo la acepción de utilidad pública, interés nacional y estratégico y/o interés social. Se debe argumentar como el proyecto, obra y/o actividad propiciará y/o contribuirá a un desarrollo sostenible, en el ámbito local, regional y nacional, y en consideración de los subsistemas²:

¹ Por ejemplo: leyes 142 del 11 de junio de 1994, 1 del 10 de enero de 1991 y 56 del 1 de septiembre de 1981; y decretos 2444 y 2445 del 5 de noviembre de 2013, entre otros.

² Las “dimensiones” corresponden a los “medios” referidos en los términos de referencia para la elaboración de los estudios de impacto ambiental.

económico, político, social, cultural, y ecosistémico (base y/o activos naturales) en los que estará inmerso.

3.3 Características del proyecto, obra y/o actividad

Se debe presentar una síntesis de las características técnicas del proyecto, obra y/o actividad³ en las diferentes fases (previa, construcción, operación, desmantelamiento y restauración final). En el caso de contemplarse excavación y/o dragado de materiales se deben referir los aspectos de manejo y disposición de éstos. Se deben relacionar los insumos (por ejemplo: de construcción – pétreos, procesados, de préstamo y de dragado –, fungibles y explosivos, entre otros) y los recursos naturales demandados por el proyecto.

Se debe referir: duración del proyecto, obra y/o actividad, cronograma, costos estimados y estructura organizacional, para este último aspecto se tendrá que especificar la instancia que será responsable de la gestión ambiental, sus responsabilidad y funciones.

Se deben precisar los ajustes realizados en el diseño del proyecto con el objeto de minimizar la intervención directa o indirecta al sistema socio ecológico de manglar, se deben especificar y describir los criterios considerados para la selección del diseño que minimiza la intervención sobre el sistema socio ecológico de interés.

Se debe presentar un mapa⁴ de emplazamiento del proyecto, obra y/o actividad de interés y su relación espacial con el sistema socio ecológico de manglar y las unidades de manejo establecidas⁵ para éste por la autoridad ambiental. Dicho mapa debe contener información base (accidentes geográficos, asentamientos humanos, equipamientos colectivos, hidrografía y topografía, entre

³ Incluida la infraestructura asociada al proyecto.

⁴ La cartografía debe tener como referencia el sistema de coordenadas MAGNA – SIRGAS (de acuerdo con lo referido en la Resolución 068 del 28 de enero de 2005) (IGAC, 2005) indicando el origen, cada capa espacial deberá tener asociado su metadato siguiendo los parámetros establecidos en la NTC – 4611 “Norma Técnica Colombiana de Metadatos Geográficos”.

⁵ Aprobadas o no mediante acto administrativo.



otros) y de división político administrativa; la escala de producción y publicación deber ser como mínimo 1:25.000, o mayor (por ejemplo: 1:10.000 o 1/5.000, entre otras).

3.4 Área de influencia y las unidades de manejo para el sistema socioecológico de manglar

Se debe presentar una síntesis por subsistema de los aspectos considerados en la definición del área de influencia del proyecto, obra y/o actividad, y se deben definir y caracterizar los impactos significativos que se evaluaron para este propósito, para lo que se tendrán en consideración los atributos establecidos para tal fin (por ejemplo: naturaleza, efecto, intensidad, extensión, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad, entre otros).

A partir del solapamiento de la envolvente definida para las áreas de influencia con las unidades de manejo establecidas⁶ para el sistema socioecológico del manglar por parte de la autoridad ambiental, se precisará la que será o serán de interés para los subsiguientes análisis.

Se debe presentar un mapa de la envolvente para las áreas de influencia y de las unidades de manejo para el sistema socioecológico del manglar que se traslanan con ésta. Dicho mapa debe contener información base y de división político administrativa; la escala de producción y publicación deber ser como mínimo 1:25.000, o mayor (por ejemplo: 1:10.000 o 1/5.000, entre otras).

3.5 Caracterización de la unidad o unidades de manejo para el sistema socioecológico de manglar

Se debe abordar a partir de información primaria y complementar con información secundaria de ser necesario, debe aportar información cualitativa y cuantitativa que permita conocer las características actuales del sistema socio ecológico de manglar en la unidad o unidades de manejo, definidas por la autoridad ambiental, y que se traslanan con la envolvente de las áreas de influencia.

⁶ Aprobadas o no mediante acto administrativo.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



3.5.1 Entorno de la unidad o unidades de manejo para el sistema socioecológico de manglar

Se debe presentar una síntesis de los aspectos más relevantes y su influencia y/o relación con el sistema socio ecológico de manglar, en lo que respecta a: geología, geomorfología, edafología, oceanografía, hidrografía, hidrología, flora, fauna, demografía, economía, cultura, comunidades étnicas y tendencias de desarrollo.

3.5.2 Integridad ecológica de la unidad o unidades de manejo para el sistema socioecológico de manglar

Se debe precisar, en el ámbito sin proyecto, el grado de integridad ecológica para cada unidad de manejo del sistema socioecológico de manglar, para tal propósito, por lo menos se deben tener en cuenta indicadores de estado con relación a la condición y contexto paisajístico, e indicadores de presión, algunos de éstos son referidos en la Tabla 3.

Los vacíos de información que se identifiquen en la aproximación a la integridad ecológica constituirán líneas de investigación y monitoreo a incluir en el plan de manejo ambiental y/o monitoreo del proyecto, obra y/o actividad.

Los indicadores contemplados deberán ser descritos por cada una de las unidades de manejo de interés, y a partir de éstos se deberá sintetizar el grado de integridad ecológica para las referidas unidades.

Se deben presentar mapas de cada uno de los indicadores considerados para el análisis de integridad ecológica. Dichos mapas deben contener información base y de división político administrativa; la escala de producción y publicación deber ser menor que 1:25.000.

Tabla 3. Algunos indicadores para la evaluación de la integridad ecológica del sistema socioecológico de manglar

Categoría	Criterio	Indicador	Fuente
Condición	Composición biológica	Composición florística	Gómez, y otros (2014)
		Singularidades ecológicas	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)
		Riqueza de aves acuáticas	Navarrete (2014)
		Condición – Tendencia de bosques de manglar	Navarrete & Rodríguez (2014)
	Composición estructural	Área basal	Gómez, y otros (2014) y Tavera (2014)
		Densidad	Gómez, y otros (2014) y Tavera (2014)
	Cobertura	Cambio en la extensión de la cobertura forestal del manglar	Gómez, y otros (2014) y Tavera (2014)
	Condiciones ambientales	Alteración de flujos hídricos	Gómez, y otros (2014)
		Salinidad	Gómez, y otros (2014)
Contexto paisajístico		Calidad ambiental del agua	Vivas & Navarrete (2014)
Paisaje	Porcentaje de coberturas antropogénicas	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)	
	Densidad de vías de acceso (terrestre y/o fluvial)	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)	
	Distancia a centros poblados	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)	
Presión	De origen antrópico	Conversión a otras coberturas	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)
		Demanda de servicios ecosistémicos de provisión	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)
		Indicador de abundancia relativa o captura por unidad de esfuerzo	Rueda, Bustos, Viloria & Navarrete (2014)
Presión	De origen antrópico	Proporción de la talla media de captura sobre la talla media de madurez	Rueda, Bustos, Viloria & Navarrete (2014)
	De origen natural	Erosión del frente del manglar	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)
		Árboles muertos en pie y caída de árboles por causas naturales	ELICE – UDEA ver Corpouraba y UDEA (2012)



3.5.3 Conectividad de la unidad o unidades de manejo para el sistema socioecológico de manglar

Se debe precisar, en el ámbito sin proyecto, el grado de conectividad (estructural⁷ y funcional⁸) para cada unidad de manejo, de interés, del sistema socioecológico de manglar. El análisis realizado debe considerar por lo menos el paisaje definido por la envolvente de las áreas de influencia y de las unidades de manejo de interés, y debe contemplar por lo menos cuatro momentos, el actual, y para los años 2010, 2000 y 1990.

Se deben presentar mapas de cada uno indicadores considerados para el análisis de conectividad. Dichos mapas deben contener información base y de división político administrativa; la escala de producción y publicación no debe ser menor que 1:25.000.

3.5.4 Servicios ecosistémicos de la unidad o unidades de manejo para el sistema socioecológico de manglar

En el ámbito sin proyecto se deben identificar, caracterizar, espacializar y valorar⁹ los servicios que el sistema socioecológico de manglar brinda en las unidades de manejo de interés, para tal fin se puede seguir la propuesta de clasificación de: *"Common International Classification of Ecosystem Services - CICES"*, *"Millennium Ecosystem Assessment - MEA"* o *"The Economics of Ecosystems and Biodiversity – TEEB"*.

⁷ A partir de la configuración espacial (por ejemplo, a partir de: tamaño efectivo de la malla, distancia en línea recta entre fragmentos y continuidad altitudinal entre fragmentos, entre otros) y la composición (por ejemplo, a partir de: número de fragmentos, área total de cada fragmento, tamaño del fragmento más grande, forma del fragmento y área núcleo efectiva del fragmento, entre otros)

⁸ A partir de análisis de flujo (por ejemplo, a partir de: conectividad interna por calidad y superficie, grado de conectividad del fragmento con respecto a los demás, e importancia del fragmento en mantener la conectividad en la matriz) y permeabilidad (por ejemplo, a partir de: resistencia de la matriz para el flujo de especies e identificación de corredores existentes y potenciales)

⁹ Para tal fin se puede seguir la propuesta metodológica de Rincón, y otros (2014)



Se deben presentar mapas de cada uno de los servicios ecosistémicos considerados. Dichos mapas deben contener información base y de división político administrativa; la escala de producción y publicación no debe ser menor que 1:25.000.

3.5.5 Amenazas y riesgos de la unidad o unidades de manejo para el sistema socioecológico de manglar

En el ámbito sin proyecto se deben identificar, caracterizar y espacializar las amenazas, vulnerabilidades y riesgos a las que está sujeto el sistema socioecológico de manglar en las unidades de manejo de interés, para tal fin se podrán seguir y/o adaptar las propuestas metodológicas precisadas por Minambiente (2005, 2014).

Se deben presentar mapas de cada una de las amenazas, vulnerabilidades y riesgos identificados. Dichos mapas deben contener información base y de división político administrativa; la escala de producción y publicación no debe ser menor que 1:25.000.

3.6 Análisis ambiental de los impactos en la unidad o unidades de manejo para el sistema socioecológico de manglar

Se deberán identificar, caracterizar y espacializar los impactos presentes, y los asociados y derivados de la posible implementación del proyecto, obra y/o actividad en cualquiera de sus fases, incluyendo los de tipo acumulativo, sinérgico y residual.

Para cada uno de los impactos identificados se deberá precisar y describir la repercusión sobre la integridad ecológica, la conectividad, los servicios ecosistémicos y las amenazas y riesgos definidos para el sistema socio ecológico de manglar en las unidades de manejo de interés.

Se debe presentar un análisis crítico con relación a como el conjunto de impactos precisados previamente repercutirán sobre la integridad ecológica, la conectividad, los servicios ecosistémicos y las amenazas y riesgos definidos para el sistema socioecológico de manglar en las unidades de manejo de interés.



Se deben presentar mapas de cada uno de los impactos identificados. Dichos mapas deben contener información base y de división político administrativa; la escala de producción y publicación deber ser como mínimo 1:25.000.

3.7 Análisis del plan de compensación ambiental del componente biótico y su aporte a la conservación y gestión de la unidad o unidades de manejo para el sistema socioecológico de manglar

Se deberá precisar de manera resumida el plan de manejo ambiental del proyecto, obra y/o actividad que aportará a la conservación y gestión de la unidad o unidades de manejo del sistema socioecológico de manglar, y en referencia a los impactos a compensar.

Se deberá presentar un análisis crítico con relación a como el plan de compensación ambiental del componente biótico aportará a mejorar la integridad ecológica, la conectividad, y la prestación de servicios ecosistémicos, y a atenuar las amenazas y riesgos definidos para el sistema socioecológico de manglar en las unidades de manejo de interés.

Se deben presentar mapas que den cuenta de las acciones a implementar en el plan de compensación ambiental del componente biótico. Dichos mapas deben contener información base y de división político administrativa; la escala de producción y publicación deber ser como mínimo 1:25.000.

3.8 Área solicitada para la rezonificación de manglar

Se debe precisar el área solicitada en rezonificación, para lo cual además de considerar el emplazamiento del proyecto, obra y/o actividad se tendrán en consideración otras áreas de manglar que se verán influenciadas directa o indirectamente por los impactos de éste, incluidos los de tipo acumulativo, sinérgico y residual.

Se debe presentar un listado de las coordenadas planas del polígono o polígonos correspondientes al área solicitada para la rezonificación.



MINAMBIENTE

Se debe presentar un mapa que dé cuenta del área solicitada para la rezonificación de manglar, éste debe incluir la envolvente para las áreas de influencia y las unidades de manejo para el sistema socioecológico de manglar. Dicho mapa debe contener información base y de división político administrativa; la escala de producción y publicación deber ser como mínimo 1:25.000.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



Calle 37 No. 8 - 40
Commutador (571) 3323400
www.minambiente.gov.co
Bogotá, Colombia



4 Anexo 4. Guía de restauración de ecosistemas de manglar en Colombia¹⁰

4.1 ¿Qué es y qué pretende el GREM?

Si bien, la “Guía de restauración de ecosistemas de manglar en Colombia – GREM” no constituye una “receta” para la restauración del manglar, dadas las múltiples tensiones que los afectan y la diversidad de condiciones ambientales que se pueden encontrar en cada uno de ellos (condiciones de sitio), brinda un conjunto de lineamientos de fácil aplicación y consulta por parte de las autoridades ambientales, entes territoriales regionales y locales, instituciones privadas, así como personas naturales, que requieran adelantar acciones de restauración ecológica en el manglar.

4.2 ¿Cuál es su alcance?

El GREM está diseñado para facilitar la selección y priorización de áreas de manglar con potencial de restauración, para identificar los tensionantes que alteran a los ecosistemas de manglar y para proporcionar herramientas técnicas necesarias para la evaluación, diseño, implementación y seguimiento de un proyecto de restauración ecológica de manglar, focalizado en la eliminación o mitigación de tensores con el fin de lograr y facilitar la reactivación de la regeneración natural.

4.3 Estructura del GREM

El GREM consta de nueve pasos sucesivos agrupados en la “*identificación y priorización previa*” (Pasos 1 al 3), “*implementación de acciones*” (Paso 4), “*evaluación*” (Pasos 5 y 6), “*aceleración del proceso*” (Pasos 7 y 8) y “*monitoreo*” (Paso 9) (Figura 1), que en conjunto ofrecen los lineamientos necesarios para implementar acciones de restauración ecológica en los manglares del país, diseñados a partir del análisis de las causas del deterioro y de la gran capacidad que tienen los ecosistemas de manglar de autorrenovarse (resiliencia).

¹⁰ Documento construido por Villamil (2014) en el marco Convenio de asociación No. 156 de 2014 suscrito entre el Minambiente y ASOCARS.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



El GREM contempla desde los aspectos técnicos necesarios para la identificación de las áreas de manglar con potencial de restauración en el país, hasta la descripciones detalladas de las acciones de restauración ecológica, considerando la identificación, priorización y mitigación de tensores, la ecología de las especies de mangle, la evaluación de las condiciones ambientales que son determinantes en los procesos de regeneración natural, y algunas formas de favorecer el reclutamiento en las áreas de restauración ecológica.

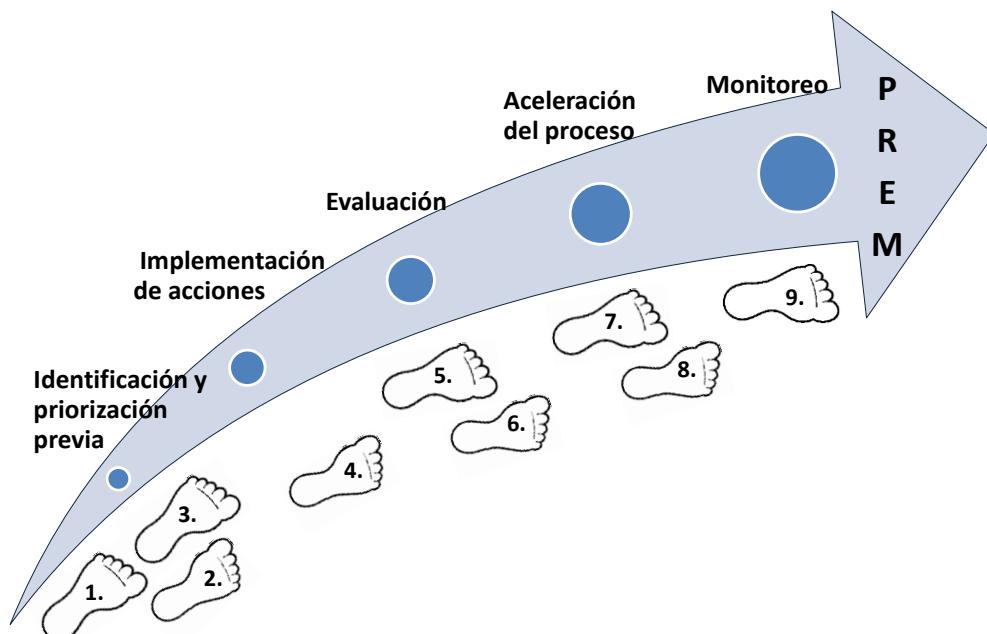


Figura 1. Estructura de la "Guía de Restauración Ecológica de Manglares en Colombia – GREM

4.4 Pasos del GREM

Durante todo el proceso de restauración ecológica de manglares se debe contar con la participación y aceptación de las comunidades y usuarios del ecosistema, no debe limitarse su participación solamente a la implementación del proyecto. Ellos son fundamentales desde el momento mismo de la identificación y priorización de los tensores y de los bienes, servicios y productos a restaurar, ya que serán los beneficiarios directos del ecosistema restaurado, además su conocimiento del área y

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016





su experiencia empírica será fundamental durante el desarrollo de acciones de restauración activa y monitoreo. De este modo se tendrá mayor probabilidad de éxito en los proyectos de restauración ecológica.

Los lineamientos propuestos para desarrollar proyectos de restauración ecológica en el manglar constan de:

- Seleccionar y priorizar áreas con potencial de restauración.
- Identificar los tensionantes que causaron la degradación del ecosistema, especialmente los que impidan los procesos de regeneración natural.
- Priorizar los tensionantes que impactan los ecosistemas de manglar.
- Desarrollar las acciones para eliminar o mitigar los tensores priorizados que impactan el manglar objeto de restauración.
- Evaluar de forma periódica los factores ambientales que regulan y controlan la distribución y establecimiento de los propágulos y el desarrollo del bosque (monitoreo condiciones ambientales).
- Evaluar periódicamente los procesos de reclutamiento y regeneración natural después de la eliminación del tensor (monitoreo regeneración natural). Es necesario conocer la ecología de las especies de mangles que reclutan, sus patrones de reproducción, la distribución de propágulos y el éxito de establecimiento de plántulas.
- Favorecer los procesos de regeneración natural.
- Implementar acciones de restauración activa, si la regeneración natural no ocurre.
- Monitoreo de las acciones de restauración implementadas.

4.4.1 Paso 1. Selección y priorización de áreas con potencial de restauración

Al momento de seleccionar las áreas para iniciar acciones de restauración ecológica, es importante hacer un diagnóstico y caracterización del área de estudio, de tal modo que se obtenga amplio conocimiento de sus requerimientos ecológicos generales, la estructura, composición y funcionamiento del ecosistema preexistente, el grado de alteración de la hidrología, las respuestas a los factores que lo tensionan, sus particularidades en los diferentes territorios, regímenes de marea, aportes de agua dulce, estrategias regenerativas y adaptativas de las especies vegetales que

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016





lo conforman, los factores que afectan los patrones de producción, dispersión y establecimiento de propágulos, distribución de las especies en el tiempo y en el espacio, los tipos de interacción entre las especies, la importancia de las épocas climáticas durante la asistencia y desarrollo de las especies, aspectos físicos y químicos del agua y el sedimento, aspectos topográficos, entre otros (Barrera & Valdés, 2007).

A través del convenio interadministrativo Invemar y el Minambiente (Invemar, 2014), se elaboró un portafolio donde se identificaron y priorizaron las áreas de manglar del país que tienen potencial de restauración. En ese estudio se diseñó un método de análisis anidado, donde a través de una batería de indicadores, previamente seleccionados en cada uno de tres componentes, se filtró la selección de las áreas de interés.

El primer componente corresponde al estado actual, referido a la evaluación de la salud del ecosistema desde el punto de vista de su integridad ecológica, evidenciando la necesidad de restauración; con el segundo componente se define la viabilidad de la restauración, mediante la identificación y evaluación de las posibilidades de eliminación o mitigación de tensores causantes del deterioro del ecosistema. Por último, el tercer componente involucra los servicios ecosistémicos que se pretenden recuperar, y permite priorizar las áreas identificadas en los componentes anteriores (Figura 2).

Si bien, las áreas previamente priorizadas en el portafolio (Invemar, 2014) fueron definidas a partir de criterios netamente técnicos, lo que lo convierte en una herramienta excelente para facilitar la selección de los manglares con potencial de restauración, es recomendable que al momento de seleccionar las áreas reales de manglar para iniciar acciones concretas de restauración, se consideren adicionalmente los siguientes criterios, los cuales hacen referencia principalmente a una combinación de factores abióticos, bióticos y humanos (Vargas, Reyes, Gómez, & Díaz, 2010):

- Accesibilidad de los sitios. Las facilidades logísticas son de gran importancia para garantizar el éxito del proyecto, de este modo se pueden reducir costos. Se debe contar con facilidades para el transporte de los materiales necesarios, para el acceso durante el proceso de restauración, para emprender acciones de participación y educación y para la fase de monitoreo.



- Identificación de bienes, servicios y productos ambientales con interés comunitario. Es importante que se discuta con la comunidad los sitios prioritarios para restaurar.
- Evaluar los gradientes ambientales, los aspectos relacionados con el régimen hidrológico y los aspectos físicos y químicos del agua y el sedimento.
- Evaluar con todos los actores involucrados las actividades humanas, buscando la mayor compatibilidad posible con el proyecto.
- Evaluar si hay especies invasoras en el sitio o en los alrededores.
- Evaluar los costos totales del proyecto, incluyendo la fase de monitoreo de las acciones implementadas.



Figura 2. Proceso metodológico para la identificación de áreas prioritarias; fuente (Invemar, 2014)

4.4.2 Paso 2. Identificar los tensionantes que causaron la degradación del ecosistema, especialmente los que impidan los procesos de regeneración natural.

Con base en el diagnóstico del estado actual de los manglares del país (Invemar, 2013), se caracterizaron treinta y tres tensores relacionados con la degradación y pérdida de los manglares en Colombia, los cuales en su mayoría (37%) son consecuencia por cambios en el uso del suelo a

partir del desarrollo urbano, agropecuario e industrial. El resto de tensores son ocasionados por la demanda de recursos maderables, hidrobiológicos, faunísticos, florísticos y minerales diversos (18%); originados por fenómenos naturales permanentes u ocasionales (18%); por vertimientos accidentales de contaminantes orgánicos e inorgánicos (18%); y por la combinación entre cambios en el uso del suelo y fenómenos naturales (9%) (Tabla 4).

Tabla 4. Problemáticas y tensores priorizados en los ecosistemas de manglar colombianos

Problemática	Tensor	Caribe	Pacífico
Cambios en el uso del suelo	Cambio en la dinámica hídrica		
	Construcción y adecuación de muelles. Infraestructura portuaria		
	Construcción de carreteras		
	Construcción y funcionamiento de empresas camaroneras y acuícolas		
	Construcción y operación de represas, hidroeléctricas		
	Expansión frontera agrícola y pecuaria		
	Expansión frontera urbanística y turismo no planificado		
	Minería		
	Expansión cultivos ilícitos.		
	Conflictos sociales y de tenencia de tierras.		
	Deforestación de cuencas		
	Potrizerización, parcelación y loteo.		
Cambios en el uso del suelo / Fenómenos naturales	Incremento de la cuña salina		
	Formación de salitrales		
	Hipersalinización		
Contaminación	Contaminación por residuos sólidos		
	Contaminación por hidrocarburos		
	Contaminación por vertimientos de aguas servidas		
	Contaminación por vertimientos agrícolas y pecuarios		

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016

Continuación Tabla 4. Problemáticas y tensores priorizados en los ecosistemas de manglar colombianos

Problemática	Tensor	Caribe	Pacífico
	Contaminación por cultivos ilícitos		
Contaminación	Contaminación residuos químicos mineros.		
Extracción de recursos	Tala selectiva e intensiva		
	Tala del bosque para producción de carbón.		
	Sobreexplotación de recursos hidrobiológicos		
	Uso inadecuado de artes de pesca		
	Extracción de arena y gravilla de las playas		
	Extracción de sal (artesanal e industrial).		
Fenómenos naturales	Herbivoría, infestación por parásitos		
	Erosión costera.		
	Tormentas, fuertes vientos		
	Sedimentación de bocanas y fondos estuarinos;		
	Escasez de fuentes de agua dulce, déficit hídrico		
	Incendios forestales		

Existen diversas técnicas para identificar en campo los tensores descritos. En primera instancia, los tensores relacionados con el cambio en el uso del suelo deben ser identificados y cuantificados preferiblemente mediante análisis de la dinámica espacial y temporal de las coberturas de interés, a partir de la interpretación de sensores remotos. En ocasiones, los análisis multitemporales incluidas en la herramienta Google Earth son suficientes para identificar este tipo de tensores. Se debe tener en cuenta que en este paso no es necesario saber con exactitud el área total perdida, sino tener una aproximación general del deterioro.

Por su parte, los tensores relacionados con los fenómenos naturales, en la mayoría de los casos son evidentes en la estructura del bosque, en los sedimentos o en el agua superficial e intersticial, ocasionando efectos como: floración y fructificación precoz como respuesta al estrés hídrico o salino, defoliación, muerte del arbolado, volcamiento de individuos, enfermedades e infestaciones,



formación de costras salinas en el sustrato o en tronco de los árboles, incremento de la salinidad en aguas y sedimentos, déficit hídrico, cambio en la dinámica hídrica, entre otras.

Los efectos de la contaminación pueden ser visibles también en la vegetación principalmente por defoliación, muerte del arbolado, enfermedades, pero es aún más evidente por mortandades importantes de la fauna acompañante, especialmente la fauna sésil o de baja movilidad. En ocasiones se puede percibir fácilmente en cuerpos de agua o en sedimentos, a partir de cambios de color del agua o sedimentos, olores fuertes y característicos de cada contaminante, y manchas oleosas, entre otros.

Finalmente, los efectos por extracción de recursos solo son evidentes en campo durante o después del evento, siendo visibles en los componentes bióticos y/o físicos del ecosistema.

4.4.3 Paso 3. Priorización de los tensionantes que impactan el manglar

En este paso se analizan todos los tensores y problemáticas de origen natural y antrópico que alteran la composición, estructura o función del ecosistema de manglar, y que en consecuencia pueden reducir la cantidad y calidad de los bienes y servicios que ofrecen. El objetivo es priorizar a partir de un análisis de causalidad los tensores que tienen mayores impactos en el ecosistema, en la mayoría de las ocasiones, solo eliminando el tensor priorizado, hace que otros desaparezcan o disminuyan la tensión.

Una de las formas más sencillas y efectivas para desarrollar este análisis es con la “*Matriz de Vester*”; que es una herramienta diseñada para clasificar las tensiones como activas, críticas, pasivas o indiferentes, según el grado de causalidad, efectos del tensor y sus posibles relaciones con el resto de tensores identificados (Cardenas & Godoy, 2008).

La matriz de Vester es un arreglo de filas y columnas donde se ubican en los dos sentidos y en un mismo orden todos los tensores identificados en el ecosistema de manglar que se quiere restaurar. El proceso de llenado de la matriz de Vester es el siguiente:

- Elaborar una lista con los tensores identificados, numerados de forma sucesiva.



- Conformar la matriz correspondiente (filas y columnas) con los respectivos números de cada tensor ordenados tanto en las filas como en las columnas.
- Asignar una valoración de orden categórico al grado de causalidad (0 = no es causa, o se contrasta consigo mismo; 1 = es causa indirecta; 2 = es causa medianamente directa; 3 = es causa muy directa) que merece cada tensor al contrastarlo con los demás. Para asignar el valor se debe preguntar: ¿qué grado de causalidad tiene el problema 1 sobre el problema 2?; ¿qué grado de causalidad tiene el problema 1 sobre el problema 3?; ¿qué grado de causalidad tiene el problema 1 sobre el problema enésimo? Este proceso de llenado se realiza en la primera fila, y así sucesivamente en cada una de las mismas, hasta llenar horizontalmente todas las celdas de la matriz con los valores respectivos.

Los puntajes son consignados en la matriz (Figura 1), y el resultado de la sumatoria de cada fila y columna se grafica en un plano de coordenadas cartesianas, cuya escala es definida a partir de los mayores y menores valores obtenidos en las sumatorias de las filas y las columnas. Una vez definida la escala se divide el plano cartesiano en dos, tanto en el eje X como en el eje Y, teniendo como resultado cuatro cuadrantes. En el eje horizontal se representa el total activo y en el eje vertical se representa el total pasivo (Figura 1) (Holguín, y otros, 2006).

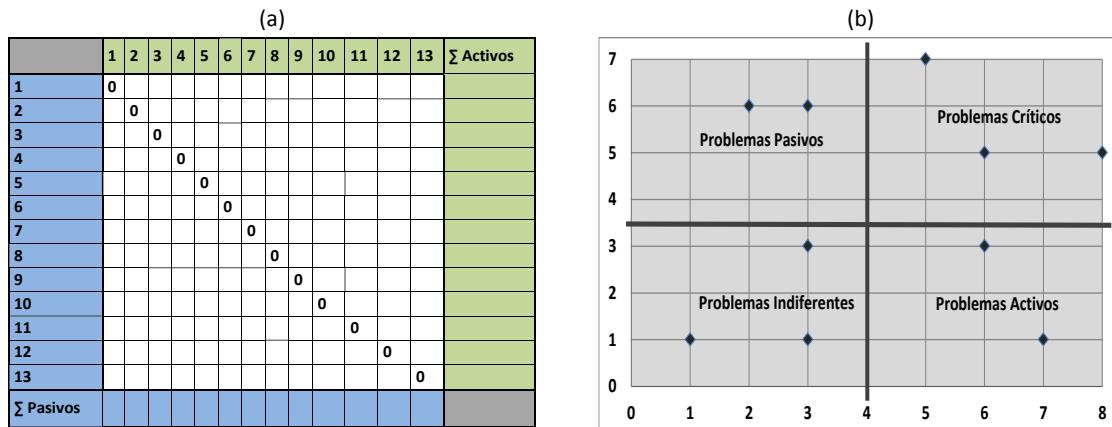


Figura 3.(a) Matriz de Vester. Los números que encabezan las filas y las columnas corresponden a los problemas identificados; el cero (0) indica que no hay relación causal. (b) Plano cartesiano donde se grafican los resultados de la sumatoria de las filas (activos) y columnas (pasivos) resultante de la matriz de Vester.



4.4.4 Paso 4. Desarrollar las acciones para eliminar o mitigar los tensores priorizados que impactan el manglar objeto de restauración.

Una vez identificados y priorizados los tensores se deben eliminar antes de emprender cualquier acción de restauración activa. Los manglares presentan estrategias de sobrevivencia que le confieren una gran capacidad de recuperación después de alteraciones drásticas al ecosistema. Cuando desaparece el factor tensionante los manglares pueden recuperar su cobertura vegetal, una vez que las causas de impactos y sus efectos hayan desaparecido. Dado lo anterior, la llegada de propágulos ocurrirá de forma natural, lo que permitirá el establecimiento de la vegetación como componente indicador de la recuperación del ecosistema. Esta propiedad de los manglares se refiere a la resiliencia del sistema, o su capacidad de recuperación. (Menéndez & Guzmán, 2006).

Desde inicios de la década de los ochenta, investigadores de todo el mundo han identificado en ecosistemas de manglar deteriorados o degradados, tensiones similares a las presentadas en los ecosistemas de manglar colombianos, solo con algunas diferencias en la magnitud y frecuencia de la tensión, y en la escala espacial y temporal del impacto en el ecosistema (Getter, Cintron, Dicks, Lewis, & Seneca, 1984; Lewis, 1998; Ballou & Lewis, 1989; Florida Groundwater Services, 1995; Brockmeyer, Rey, Virnstein, Gilmore, & Earnest, 1997; Turner & Lewis, 1997; Walters, 1997; Lewis, 1999; Lewis, 1999; Riley & Salgado, 1999; Stevenson, Lewis, & Burbridge, 1999; Lewis & Streever, 2000; Toledo, Rojas, & Bashan, 2001; Hoff, 2002; Lewis, 2004; Lewis & Brown, 2014; Yuan-Lee & Shu-Shin, 2004; Berger, Adams, Grimm, & Hildenbrandt, 2005; Crona, Holmgren, & Rönnbäck, 2006; Ren, y otros, 2009; Samson & Rollon, 2008; Swain & James, 2008; Ren, y otros, 2008; Kamali & Hashim, 2011; y Ren, y otros, 2011; Primavera & Esteban, 2008; USGS, 2003).

Ellos en su mayoría recomiendan que antes de iniciar cualquier proceso de restauración activa en el área perturbada, generalmente relacionada con labores de reforestación, se debe evaluar en primera instancia las causas de deterioro del manglar (tensiones) y pérdida de bienes y servicios, formular e implementar acciones para eliminar o mitigar las tensiones identificadas, evaluar las oportunidades de recuperación natural y la forma de facilitar este proceso, para finalmente de ser necesario, favorecer el proceso de restauración ecológica a partir de la siembra de mangle empleando variadas técnicas. Lamentablemente, la mayoría de esfuerzos por restaurar ecosistemas de manglar en Colombia y en todo el mundo, inician con plantaciones mono específicas de mangle



sin determinar por qué no se ha producido una regeneración natural del bosque, lo cual a menudo resulta en un fracaso con grandes pérdidas de dinero y de credibilidad en las instituciones.

Para fines prácticos, los tensores identificados en el Paso 2 se agruparán con base en los posibles efectos generados en los ecosistemas de manglar del país (Tabla 5), de tal modo que se puedan listarse y posteriormente describirse cada una de las acciones que deben implementarse para eliminarlos o mitigarlos. Adicionalmente, solo se analizarán los tensores que tengan viabilidad real de ser eliminados o mitigados.

Tabla 5. Definición de las acciones de restauración ecológica para mitigar los tensores y sus efectos en los manglares de Colombia.

Tensor	Efectos	Acción
Construcción de obras civiles Deforestación de cuencas Sedimentación de bocanas y fondos estuarinos Escasez de fuentes de agua dulce	Cambio en la dinámica hídrica Pérdida de cobertura Degrado del bosque Sedimentación de cuerpos de agua Salinización de aguas y sedimentos Déficit hídrico	Rehabilitación hidrológica Ajuste de la micro-topografía
Incremento de la cuña salina Formación de salitrales Hipersalinización	Pérdida de cobertura Degrado del bosque Salinización de aguas y sedimentos Déficit hídrico	Rehabilitación hidrológica
Tala selectiva e intensiva Tala del bosque para producción de carbón Tormentas, fuertes vientos Incendios forestales	Degrado del bosque Pérdida de cobertura Pérdida de biodiversidad Apertura de claros	Elaboración de plan de manejo Trabajo con comunidades
Sobreexplotación de recursos hidrobiológicos Uso inadecuado de artes de pesca	Disminución de recursos hidrobiológicos Pérdida de biodiversidad	Elaboración de plan de manejo Trabajo con comunidades
Construcción y funcionamiento de camaroneras	Cambio en la dinámica hídrica Pérdida de cobertura Degrado del bosque Sedimentación de cuerpos de agua Eutrofización, aumento de nutrientes (contaminación orgánica)	Eliminación de barreras y diques
Expansión frontera agrícola y pecuaria Expansión frontera urbana y turismo no planificado Conflictos sociales y de tenencia de tierras Potrizerización, parcelación y loteo	Cambio en la dinámica hídrica Pérdida de cobertura Degrado del bosque Sedimentación de cuerpos de agua Compactación de suelos	Restricción de ingreso para el ganado (cerramiento) Elaboración de plan de manejo Expropiación de terrenos Eliminación de barreras físicas

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016

Continuación Tabla 5. Definición de las acciones de restauración ecológica para mitigar los tensores y sus efectos en los manglares de Colombia.

Tensor	Efectos	Acción
Contaminación por residuos sólidos	Deterioro en la salud del ecosistema	Aislamiento y remoción del material contaminante
Contaminación por hidrocarburos	Pérdida de biodiversidad	Evaluación de la calidad de aguas y sedimentos
Contaminación por vertimientos de aguas servidas	Eutrofización, aumento de nutrientes (contaminación orgánica)	Evaluación de la regeneración natural
Contaminación por vertimientos agrícolas y pecuarios		
Contaminación residuos químicos mineros		

4.4.4.1 Rehabilitación hidrológica

Dado que los manglares son ecosistemas acuáticos marino-costeros y se ubican en la franja intermareal, bordeando bahías, lagunas costeras, estuarios, deltas y desembocaduras de ríos, su desarrollo y supervivencia depende en gran medida de las condiciones hídricas locales. La arquitectura de los manglares, es determinada principalmente por la magnitud y la frecuencia de acción de numerosos factores que operan como subsidios energéticos (Snedaker & Pool, 1973), entre ellos se encuentran las mareas, la salinidad, las corrientes fluviales con aportes de nutrientes, la periodicidad de las inundaciones, las características edáficas y la topografía (Cintrón & Schaeffer, 1983; McKee, 1993), que en conjunto determinan el desarrollo estructural, la zonación, la composición y la abundancia de individuos (Tomlinson, 1986).

La hidrología es una de las variables más importantes para la conservación y restauración de manglares, y en particular el flujo hídrico (hidroperiodo), el cual está determinado por la frecuencia, la duración y el nivel de inundación (Herrera, 2012). Debido a que con proyectos de restauración ecológica de manglares se busca propiciar la regeneración natural, los flujos hídricos cobran gran importancia ya que regulan los procesos de producción y dispersión de propágulos y favorecen condiciones físicas ambientales como temperatura y salinidad intersticial a partir de lavados de suelos.

Uno de los principales efectos observables que tienen las alteraciones del flujo hídrico sobre los ecosistemas de manglar, tiene que ver con el incremento en la salinidad. Si bien, los manglares presentan una marcada tolerancia a la salinidad, la complejidad estructural y la capacidad de

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



Calle 37 No. 8 - 40
Comutador (571) 3323400
www.minambiente.gov.co
Bogotá, Colombia



regeneración natural pueden estar comprometidas con altas concentraciones de sal. Los manglares exhiben su mayor desarrollo estructural en áreas con salinidad intersticial entre 5 a 30, no obstante, pueden formar rodales de pobre crecimiento en ambientes con salinidad entre 50 a 65, y construir formaciones achaparradas y raquíáticas en ambientes con salinidad cercana a 90 (Cintrón & Schaeffer, 1983).

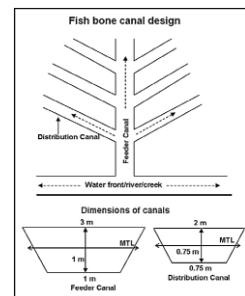
Aunque se han descrito diversas formas para favorecer el flujo hídrico al interior del manglar deteriorado, no existe un “*receta ideal*”, por tanto, es necesario desarrollar los ajustes o diseños con base a las condiciones locales y los objetivos específicos del proyecto de restauración (Tabla 6).

Tabla 6. Algunas formas para el favorecimiento del flujo hídrico al interior del manglar

<p>Desazolve y apertura de canales (naturales y artificiales): El restablecimiento de las condiciones hidrológicas del manglar favorece la restauración y la regeneración natural o inducida del bosque. Puede ser tan simple como la remoción de material vegetal muerto y tapones causados por azolvamiento, o a través de la construcción o mantenimiento de pequeños canales. Se recomienda la identificación previa de los rastros de ríos, cuerpos de agua y mareas, para rehabilitar los canales naturales, porque estos indican el comportamiento de las corrientes de agua y sus posibilidades de reconexión exitosa.</p> <p>Desazolve de cuerpos de agua: Son las acciones orientadas a la identificación de fuentes que aportan agua dulce al ecosistema y en el caso de estar sedimentadas con troncos muertos y otros materiales, estos deben ser removidos permanentemente para no obstruir los flujos de agua.</p>	 <p><i>Fuente: Lewis & Brown (2014)</i></p>  <p><i>Fuente: Zen (2007)</i></p>
---	--



Continuación Tabla 6. Algunas formas para el favorecimiento del flujo hídrico al interior del manglar

<p><u>Construcción de canales en espina de pescado:</u></p> <p>Están constituidos por un canal de alimentación (principal) y varios canales de distribución (secundarios) que en conjunto tienen la función dispersar el agua y los propágulos contenidos en ella por una superficie mucho mayor. El diseño de los canales en espina de pescado, referido a la longitud, ancho y profundidad del canal principal; y la cantidad, longitud, ancho, profundidad y ángulo de distribución de los canales secundarios, depende de las condiciones de sitio como: superficie del terreno, flujo de agua e hidroperiodo y micro-topografía.</p> <p>Por ejemplo, en un manglar degradado de India con una superficie total de 1.447 hectáreas, se construyeron canales tipo espina de pescado con las siguientes características:</p> <p><i>Canal de alimentación:</i> 50 metros de longitud, 3 metros de ancho en la superficie, 1 metro de ancho en el fondo, 1 metro de profundidad</p> <p><i>Canales de distribución:</i> 20 metros de longitud, dispuestos en ambos lados, ángulo 30 grados en la línea del flujo de agua, 2 metros de ancho en la superficie, 0,75 metros de ancho en el fondo y 0,75 metros de profundidad</p>	 <p>Fuente: Alejandro Zamora</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Fuente: Lewis & Brown (2014)</p>
<p><u>Alcantarillas (box-culvert):</u></p> <p>Con la construcción de alcantarillas se busca incrementar sustancialmente el volumen de agua dulce que ingresa a la zona y de reducir los niveles de salinidad en los suelos. Las alcantarillas deben ubicarse estratégicamente en los sitios donde la construcción de caminos o carreteras interrumpen la circulación de escurrimientos superficiales de agua. La localización y tamaño de las alcantarillas debe determinarse de acuerdo con el volumen de agua y el relieve del terreno.</p>	 <p>Fuente: Carlos Villamil</p>



4.4.4.2 Ajuste de la micro-topografía

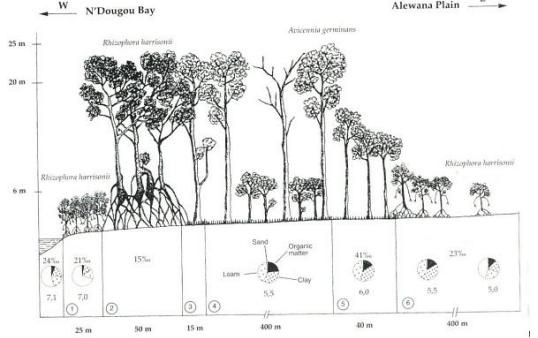
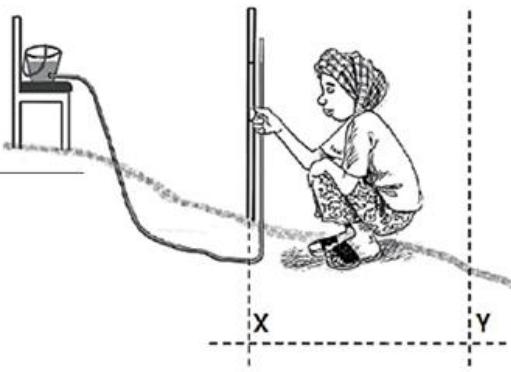
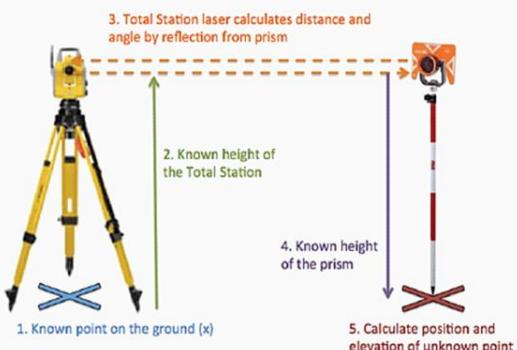
La micro topografía es otro factor de gran importancia en procesos de restauración ecológica de manglares y es uno de los determinantes de éxito de la restauración (Lewis & Streever, 2000), ya que condiciona la frecuencia, duración y nivel de inundación, lo que a su vez determina la ubicación espacial de las diferentes especies florísticas y faunísticas que conforman el ecosistema, entre ellas las diferentes especies de mangle (zonación) (Thampanya, Vermaat, & Duarte, 2003; Bosire, y otros, 2008).

Todas las especies de mangle pueden habitar en sitios anegados, no obstante, la tolerancia a la frecuencia, duración y nivel de inundación depende de las adaptaciones morfológicas y fisiológicas de cada especie. Las inundaciones en manglares no solo determinan la distribución y establecimiento de los propágulos que se dispersan por flotación, sino que también cambian las condiciones ambientales del sitio, por ejemplo, pueden provocar la caída rápida en los niveles de oxígeno en el suelo del bosque, tornándolo anóxico (incluso a poca profundidad), o aumentar la disponibilidad libre de sulfuro, situaciones que pueden conducir a una reducción en la tasa fotosintética, o hasta provocar la muerte del arbolado, respectivamente (Krauss, y otros, 2008).

Con base en lo anterior, la micro topografía es importante en procesos de restauración ecológica, porque determina las zonas y las especies que los nuevos individuos de mangle pueden colonizar, información vital para el diseño del proyecto de restauración, si se contempla modelar las condiciones ambientales del sitio, para lograr estar por debajo de los umbrales de tolerancia de las especies de mangle y permitir el establecimiento exitoso de propágulos a partir de la regeneración natural, regeneración inducida o finalmente la siembra de plántulas de mangle.

A pesar de que no existe un diseño micro topográfico ideal, dado que las condiciones generalmente son específicas de cada sitio, para implementar procesos de restauración ecológica se deben simular las condiciones del ecosistema de referencia, el cual preferiblemente debe estar ubicado cerca del sitio de restauración, de tal modo que las condiciones no sean marcadamente diferentes. Para comparar en campo la micro topografía o la elevación del terreno tanto del sitio de restauración como el de referencia se pueden emplear diversos métodos, algunos de éstos se refieren en la Tabla 7.

Tabla 7. Algunas formas para comparar en campo la micro topografía o la elevación del terreno

<p>Marcador biológico, distribución espacial natural local de los manglares (zonación):</p> <p>Para ello se debe conocer previamente aspectos de la ecología de las especies de mangle y hacer observaciones en campo de los niveles de inundación máximos y mínimos del ecosistema de manglar y asociados a cada especie en el sitio de referencia, de tal modo que se pueda identificar el área potencial de restauración y a su vez tratar de replicar la organización de las especies.</p>	 <p>The diagram illustrates a mangrove forest cross-section with various species and soil profiles. Key features include:</p> <ul style="list-style-type: none"> Species: Rhizophora harrisonii, Avicennia germinans, Rhizophora harrisonii. Soil Profiles: <ul style="list-style-type: none"> Profile 1: 7.1% Sand, 7.0% Organic matter, 85.9% Clay. Profile 2: 21% Sand, 15% Organic matter, 64% Clay. Profile 3: 15% Sand, 5.5% Organic matter, 84.5% Clay. Profile 4: 41% Sand, 6.0% Organic matter, 53% Clay. Profile 5: 23% Sand, 5.5% Organic matter, 71.5% Clay. Geography: N'Dougu Bay to the west, Alewana Plain to the east. Vertical Scale: 6 m, 20 m, 25 m.
<p>Nivel de agua con manguera:</p> <p>Es una forma rápida y barata para calcular las diferencias relativas en la elevación. Permite determinar rápidamente la diferencia de elevación entre dos puntos (x, y) sobre un transecto perpendicular al cuerpo de agua principal tanto del sitio de restauración como del de referencia. Con este método sólo se pueden cubrir distancias cortas, limitadas por la longitud de la manguera</p>	 <p>The diagram shows a person holding a vertical pipe or hose at point 'Y' and another end at point 'X'. The water level in the pipe is the same at both ends, illustrating how the water level difference is measured.</p>
<p>Teodolito, estación total de topografía:</p> <p>Son instrumentos mecánico-óptico o laser que se utilizan para obtener ángulos verticales y/u horizontales y así medir distancias y elevaciones del terreno. Son instrumento de gran precisión (mm), en la mayoría de los casos mayor de la requerida en procesos de restauración de manglares, pero con la ventaja de poder recorrer distancias más largas que el método de la manguera de agua, especialmente en sitios despejados.</p>	 <p>The diagram illustrates the use of a total station for surveying. The process is as follows:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Known point on the ground (X) 2. Known height of the Total Station 3. Total Station laser calculates distance and angle by reflection from prism 4. Known height of the prism 5. Calculate position and elevation of unknown point

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016

4.4.4.3 Eliminación de barreras y diques

Los impactos ambientales generados por el desarrollo de múltiples actividades humanas que contemplan la construcción de barreras o diques tienen que ver con las variaciones en los niveles de inundación y tasas de sedimentación, que afectan de forma directa el régimen hídrico, la formación de canales y los patrones de arrastre y deposición de sedimentos y estos a su vez, intervienen en la dinámica de formación de las planicies de inundación, la aireación, temperatura, humedad y composición microbiana del suelo, la penetración de la cuña salina y la salinización de acuíferos costeros, entre otros.

Con el cambio en los regímenes hídricos, las comunidades vegetales pueden ser afectadas principalmente por modificaciones en los patrones de regeneración natural, tales como producción de propágulos y reclutamiento de plántulas, o por variaciones estructurales, principalmente representadas en composición y abundancia de las especies dominantes, que en conjunto pueden conllevar a la disminución de la cobertura vegetal, con la consecuente pérdida de bienes y servicios ambientales, económicos, ecológicos y sociales que éstos proveen (Solano, y otros, 2011).

Tabla 8. Algunas formas para eliminar barreras y diques

<p>Para desarrollar acciones de restauración ecológica de manglares en áreas con presencia de barreras o diques que obstruyen claramente el flujo natural del agua, no es necesario eliminar por completo dichas barreras, en la mayoría de los casos es suficiente abrir algunos agujeros que favorezcan la entrada y salida del agua y con ella la dispersión de propágulos. Para ello se deben considerar aspectos clave anteriormente descritos como lo son la rehabilitación hidrológica y la micro-topografía. Si se quiere obtener un manglar restaurado que simule las condiciones de un ecosistema sin perturbación, sería adecuado modificar los canales construidos en línea recta (generalmente desarrollados en proyectos acuícolas) incluyéndoles algunos meandros o sinuosidades sin que se perturbe el régimen hidrológico del área que se quiere restaurar.</p>	 <p>Fuente: Alejandro Zamora</p>
--	--

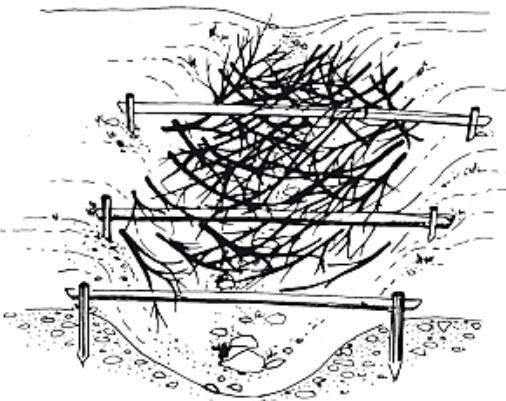


4.4.4.4 Control de erosión en la cuenca

Los factores que afectan la erosión y la sedimentación están en función del tipo de erosión en cuestión. Sin embargo, como regla general, se puede decir que la erosión que ocurrirá en un suelo específico va a depender directamente de ciertas variables como clima, vegetación, hojarasca, tipo de suelo, topografía, velocidad del flujo y uso de la tierra (Unesco, 2010).

Si bien, la eliminación o mitigación de este tensor desborda los alcances de la guía de restauración de manglares, es importante considerar que acciones sencillas de control de erosión en cuencas pequeñas o micro cuencas que drenan directamente a los ecosistemas de manglar, pueden ser importantes en los procesos de restauración ecológica.

Tabla 9. Algunas formas para mitigar la erosión en la cuenca

<u>Control de erosión en la microcuenca</u> Además de implementar planes de reforestación con especies nativas que amarren el suelo y atrapen los sedimentos a lo largo de la cuenca, se puede estabilizar y proteger de la erosión el lecho y los bordes del cauce, mediante la fijación al fondo de ramas muertas y ramaje y el anclaje transversal con estacas. Esta acción no solo atrapa los sedimentos, sino que disminuye la velocidad del flujo, que en conjunto reduce la tasa de erosión. Estas "trampas" contra la erosión pueden ser retiradas en verano o cuando el flujo de agua no tenga efectos erosivos.	 <p><i>Fuente: Zen (2007)</i></p>
--	--

4.4.4.5 Restricción de ingreso para el ganado (cerramiento)

Las condiciones ambientales imperantes en un ecosistema de manglar generalmente son adversas para el ganado, no obstante, con la expansión de la frontera agrícola y pecuaria es cada vez más común encontrar diversos tipos de ganado que usan los ecosistemas de manglar como fuente de agua y alimento, de descanso, protección del sol, o simplemente de paso, que en ocasiones tienen serias afectaciones en la estabilidad y conservación de los bosques de manglar y las especies que los habitan. Ante este impacto se deben implementar acciones sencillas, prácticas, de fácil



aplicación, económicas, de efectos verificables y efectivas, que se traduzcan en la eliminación del tensor, el mejoramiento del ecosistema y la conservación de la biodiversidad.

Tabla 10. Algunas formas para mitigar la erosión en la cuenca

<p>Cercado (cerramiento): Tiene como propósito disminuir el impacto producido por el ganado en el interior del bosque, ya sea por apertura de caminos, compactación o por consumo o pisoteo de propágulos y plántulas. Generalmente se usa una cerca con cuatro hilos de alambre de púas calibre 12 y postes de madera, plástico o concreto. Para prolongar la vida útil del cercado se puede utilizar alambre de púas recubierto (encauchetado), o pintarlo con pintura anticorrosiva antes de instarlo.</p>	
<p><i>Fuente: Carlos Villamil</i></p>	

4.4.5 Paso 5. Evaluar de forma periódica los factores ambientales que regulan y controlan la distribución y establecimiento de los propágulos y el desarrollo del bosque (monitoreo condiciones ambientales)

La distribución, establecimiento y desarrollo de los bosques de mangle depende de numerosos factores físicos, químicos y biológicos tanto en agua como en suelos. Los factores que ejercen mayor influencia en el desarrollo estructural, zonación, composición, abundancia y tipo de manglar, son los relacionados principalmente con los regímenes hídricos como las mareas, la salinidad, la temperatura del agua, las corrientes fluviales, los aportes de nutrientes, la frecuencia y magnitud de las inundaciones, las características edáficas; y con las características del terreno: microtopografía, tipo de suelo, pH, potencial de óxido reducción, entre otros (Cintrón & Schaeffer, 1983; McKee, 1993).

Para obtener altas probabilidades de éxito en el proyecto, es necesario que, con la implementación de las acciones para la eliminación o mitigación de los tensores y sus efectos, se garanticen condiciones ambientales similares a las del ecosistema de referencia (Steer, y otros, 1997), o sencillamente condiciones ambientales que propicien el desarrollo de los bosques de manglar como:



- Temperaturas medias mayores a 20 grados centígrados y medias mínimas no inferiores a 15 grados centígrados.
- Terreno aluvial de grano fino: las áreas de manglar más extensas están a lo largo de los litorales, deltas, esteros y lagunas costeras, que constan de fondos de limo y arcilla.
- Riberas libres de la fuerte acción de las olas y vientos: extensas formaciones se desarrollan en sitios protegidos dentro de estuarios y lagunas costeras.
- Límite de marea y suave inclinación de la costa: el amplio límite de marea horizontal se considera una condición importante debido a que, con un gradiente suave de la costa, el sustrato no se erosiona durante los cambios de marea y permite el encharcamiento o inundación favorecido por las mareas.
- Agua salada: el agua salada no es un requerimiento esencial, dado que los manglares toleran amplios rangos de salinidad del suelo y agua, sin embargo, pueden ser desplazados por la competencia con otras plantas en humedales de agua dulce. De otro lado, los manglares requieren de agua dulce para su normal desarrollo, con el fin de mantener un adecuado balance iónico y recibir nutrientes inorgánicos (Prahl, Cantera, & Contreras, 1990).

Para evaluar las condiciones ambientales se deben seleccionar variables que sean fáciles de medir, que no requieran muchos recursos de personal, tiempo y financieros, y que sean un buen indicador del objetivo de restauración planteado. El esfuerzo de medición de las condiciones ambientales (número y frecuencia de medición) varía a razón de los objetivos del proyecto y del área de restauración. Es necesario contar con información periódica, como mínimo una medición relacionada con cada época climática y por lo menos durante la totalidad de ejecución del proyecto, adicionalmente, se deben establecer puntos de medición sistemáticamente distribuidos por toda el área de restauración, de tal forma que se consideren los gradientes salino y de inundación, típicos de un ecosistema de manglar, para ello se recomiendan series de puntos de muestreo dispuestos en línea recta perpendicular al cuerpo de agua principal.

Las variables ambientales de mayor importancia y uso en estudios ecológicos se refieren a continuación:

- Salinidad del agua superficial e intersticial: es un factor que influye en la zonación y el grado de desarrollo de los manglares, cuando es superior a 70, provoca la disminución del desarrollo del manglar llegando a causar su muerte

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016





(Cintrón & Schaeffer, 1983). Aunque está ampliamente reconocido que las condiciones óptimas de crecimiento de las diferentes especies de mangle son entre 5 y 30 (Krauss, y otros, 2008), algunos autores han encontrado que las diversas especies de manglar tienen diferente grado de tolerancia a las altas salinidades siendo las especies del género Avicennia las que exhiben mayor tolerancia, seguidas de Rhizophora, Laguncularia y Conocarpus. En condiciones de alta salinidad (> 70), las especies más tolerantes (Avicennia) pueden crecer como matorral (Cintrón & Schaeffer, 1983; Flores, y otros, 2007; Agraz, 1999). La medición de esta variable tanto en el agua superficial e intersticial se realiza por medio de un electrodo combinado acoplado a un conductímetro portátil. La salinidad superficial se toma de forma directa en el agua de inundación y para la salinidad intersticial se emplean dos tubos de PVC acoplados a manera de jeringa, que se entierran en el suelo a la profundidad deseada. Uno de los tubos presenta en su extremo inferior una banda con orificios que permite el ingreso del agua intersticial y la posterior medición de la salinidad.

- Temperatura: la temperatura del agua es un factor determinante para el crecimiento, fijación de carbono fotosintético, respiración y osmorregulación, además influencia los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica y la liberación de dióxido de carbono (Clough, 1993). La temperatura máxima óptima para los procesos fotosintéticos en los árboles de mangle es 35 grados centígrados, por encima de 40 grados centígrados se presenta inhibición fotosintética (Moore, Miller, Albright, & Tieszen, 1972; Lugo, Sell, & Snedaker, 1973; Clough, Andrews, & Cowan, 1982). Entre las lesiones causadas por las altas temperaturas a plantas de mangle se destacan: hojas y frutos cloróticos, necrosis en tejidos especialmente en tallos e hipocotilos y muerte (Krauss, y otros, 2008). La medición de esta variable se hace junto con la medición de la salinidad del agua superficial e intersticial, ya que en la mayoría de los casos el electrodo combinado tiene sensor de temperatura.
- pH: los valores óptimos de pH en suelos de manglar deben ser cercanos a la neutralidad (6,5 y 7,5) (Krauss, y otros, 2008), no obstante, en bosques inundados es común encontrar valores que oscilan entre 5,5 y 8,5, sin tener



efectos apreciables sobre las especies de mangle. Algunos estudios han demostrado que la colonización, el asentamiento y el crecimiento de las especies de mangle, pueden ser afectados por el pH especialmente cuando es ácido. La medición de esta variable debe realizarse con muestras frescas para evitar la oxidación de las piritas de hierro a ácido sulfúrico, dando así un valor mucho más bajo de pH que normalmente se produce *in situ* (English, Wilkonsen, & Basker, 1997). Para medirlo se emplea un electrodo combinado acoplado a sonda portátil introducida directamente en el sedimento o agua, o inmediatamente en una muestra recolectada.

- **Potencial de óxido-reducción (Eh):** los suelos de manglar en su mayoría son anegados, lodosos, fangosos o arenos-arcillosos, con bajas concentraciones de oxígeno y alto contenido de materia orgánica, factores que en conjunto influyen directamente sobre el potencial de óxido reducción (Cintrón & Schaeffer, 1983). Diferentes autores aseguran que valores de Eh inferiores a – 200mV puede acarrear importantes consecuencias sobre la disponibilidad de nutrientes y la liberación de sustancias tóxicas para la vegetación (como por ejemplo Al++, H2S, Fe++) (Chapman, 1975; Ensminger, 1997). Para conocer el potencial de óxido reducción del suelo, se realiza una medición electrométrica con electrodo combinado acoplado a sonda portátil Ionómetro pH/ION.
- **Nivel de inundación:** el nivel de inundación depende directamente del hidroperiodo y la micro topografía y determina las posibilidades de establecimiento de las diferentes especies de mangle. Adicionalmente, el nivel de agua de los flujos de agua superficial e intersticial son factores importantes que afectan la productividad de los humedales a través de su influencia en la acumulación y eliminación de cloruros, nutrientes y toxinas, la hipersalinización, el potencial de óxido reducción de los sedimentos, el pH y el contenido de humedad en el suelo. El conocimiento de la variación en el nivel freático o de inundación a través del tiempo, permite entender la hidrodinámica de los humedales, así como su hidroperiodo y su influencia en las dinámicas del bosque (Invemar y ANH, 2013).
- **Tamaño de partícula en el sedimento:** la composición y el desarrollo de las especies de mangle está directamente influenciado por la composición y



tamaño de grano de los sedimentos de manglar. Las proporciones de arcilla, limo y arena, junto con el tamaño de grano, dictan la permeabilidad (o conductividad hidráulica) del suelo al agua, lo que influye en la salinidad del suelo y el contenido de agua (English, Wilkerson, & Basker, 1997). La medición de esta variable consiste básicamente en separar por tamaños de grano una muestra seca de masa conocida, pasándola a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente menores (2 mm, 1 mm, 0,5 m, 0,25 mm, 0,125 mm y 0,063 mm), con el objeto de determinar los tamaños de las partículas.

- Nutrientes: el nitrógeno es normalmente un factor limitante para el crecimiento de las especies de manglar en la mayoría de ecosistemas, aunque en algunos ambientes de manglar (con bajas cantidades de suelo "*nativos*") los fosfatos han demostrado ser el factor limitante (Krauss, y otros, 2008). Dado que la fertilización con nutrientes en un sitio de restauración ecológica de manglares presenta desafíos técnicos y económicos significativos, este tipo de mediciones normalmente no es considerada, no obstante, es ideal contar con información de este tipo en la caracterización o diagnóstico inicial. El fosfato y nitrato son los principales nutrientes en los ecosistemas de manglar, el fosfato total (PO_4) y nitrato total de (NO_3) se pueden medir *in situ* con un kit de prueba de campo del suelo, o en el laboratorio, al igual que una variedad de otras formas de fósforo y nitrógeno, incluyendo tanto orgánica y mineral y las tasas de mineralización. Para la medición de los nutrientes nitrogenados en laboratorio se emplean generalmente las siguientes técnicas: extracción inicial desde la muestra de sedimento con cloruro de potasio 2 M, determinación de nitritos mediante la adición de sulfanilamida y N-(1-naftil) etilendiamina (Garay, y otros, 2003); reducción de nitratos a nitritos al pasar el extracto a través de una columna de cadmio y leerse como nitritos (Garay, y otros, 2003); el amonio se determina mediante la técnica del azul de indofenol (Garay, y otros, 2003). Por su parte, los fosfatos se extraen del sedimento con una solución de acetato de sodio 1 M/ácido acético 1 M y se determinan adicionando un reactivo mixto (Garay, y otros, 2003).



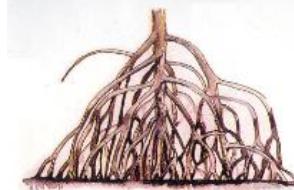
4.4.6 Paso 6. Evaluar periódicamente los procesos de reclutamiento y regeneración natural después de la eliminación del tensor (monitoreo regeneración natural)

La regeneración natural es el proceso por el cual en un espacio dado se produce la aparición de nuevos especímenes sin intervención directa o indirecta del hombre (Serrada, 2003), por tanto, es la capacidad funcional que tiene el bosque de mantenerse naturalmente ante la influencia de factores bióticos y abióticos principalmente como la disponibilidad hídrica, intensidad lumínica y parámetros edafológicos relacionados con la fertilidad, acidez, materia orgánica, entre otros (Pérez, 2007), es por esto que los procesos de regeneración natural se hacen evidentes y necesarios en eventos de intervención o degradación; no obstante, la regeneración natural de un bosque después de alguna perturbación, puede resultar en cambios estructurales en términos de composición y/o abundancia de especies (Pérez, 2007).

El reclutamiento y la regeneración natural en proyectos de restauración ecológica son indicadores de éxito, ya que sugieren la eliminación o mitigación de los tensores, la generación de condiciones ambientales propicias en el sitio de restauración, la entrada de propágulos viables a partir de una fuente cercana, y la futura formación de una cobertura vegetal a partir de una zonación natural regida por el hidroperiodo y la microtopografía.

Cuando se cuente con evidencias de una regeneración natural activa, se pueden iniciar acciones que favorezcan y aumenten dicha regeneración (Paso 7), pero para ello, es necesario conocer la ecología de las especies de mangle que pueden reclutar en el sitio de restauración, sus patrones de reproducción, la distribución de propágulos y el éxito de establecimiento de las plántulas, algunas de las principales características se sintetizan en la Tabla 11.

Tabla 11. Ecología de las principales especies de manglares presentes en Colombia

<p>Familia: Rhizophoraceae. Especies: <i>Rhizophora mangle</i>, <i>R. racemosa</i> y <i>R. harrisonii</i></p> <p>Denominadas comúnmente mangle rojo. Son árboles de hasta 30 metros de altura con raíces dispuestas como zancos, que le permiten ocupar fondos poco consolidados e inestables; sus propágulos son alargados y tienen la capacidad de flotar conservando su poder de germinación por más de seis meses (Tomlinson, 1986; Prah, Cantera, & Contreras, 1990). Sus hojas son carnosas, simples y</p>	
--	--

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016

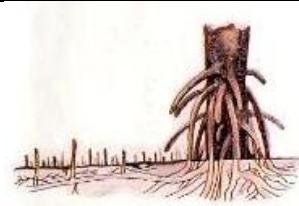


opuestas, y los frutos son ovoides de color café oscuro (Prahl, Cantera, & Contreras, 1990). *R. mangle* tiene inflorescencia con pocas flores y crece tanto en el Caribe como en el Pacífico colombiano, mientras que *R. racemosa* y *R. harrisonii* tienen muchas flores en sus inflorescencias y están restringidas solamente al Pacífico colombiano. *R. harrisonii* es considerado un híbrido de las dos especies anteriores (Tomlinson, 1986). Son especies tolerantes a inundaciones prolongadas y salinidad hasta 60, lo que hace que se ubiquen en la parte más expuesta de la franja intermareal y bordeando cuerpos de agua y canales.



Fuente: Prahl, y otros (1989)

Familia: Acanthaceae. Especies: *Avicennia germinans* y *A. bicolor*
Comúnmente llamadas mangle negro o mangle salado. Son árboles de hasta 30 metros con un sistema de raíces desarrollado en forma radial subsuperficial a unos pocos centímetros bajo el suelo, de las que emergen numerosos neumatóforos de hasta 30 centímetros de longitud. Sus hojas son elíptico lanceoladas y opuestas, con peciolos muy cortos. Los propágulos presentan envolturas con cámaras de aire que les dan flotabilidad y protegen la semilla germinada. Cuando se desprenden del árbol, estas cámaras se llenan de agua y se abren liberando la semilla, la cual se establece rápidamente al sustrato (Prahl, Cantera, & Contreras, 1990). *A. bicolor* crece solamente en el Pacífico colombiano y se caracteriza por presentar una copa densa de color verde oscuro, mientras que *A. germinans* se presenta en ambos litorales y se caracteriza por tener el envés de la hoja de color verde grisáceo. Ambas especies son tolerantes condiciones de alta salinidad (hasta 90) y poca inundación, por tanto, se ubica regularmente en áreas con suelos más estables y poco inundados, generalmente detrás de Rhizophora.



Fuente: Prahl, Cantera, & Contreras (1990)



Continuación Tabla 11. Ecología de las principales especies de manglares presentes en Colombia

<p>Familia: Combretaceae. Especie: <i>Laguncularia racemosa</i> Se conoce comúnmente como mangle blanco, mangle amarillo o mangle "bobo". Son árboles de hasta 25 metros de altura que crecen tanto en el Caribe como en el Pacífico colombiano. Es considerada especie pionera de áreas perturbadas. Presenta neumatóforos poco desarrollados, menores a 10 centímetros de longitud. Sus hojas son oblongas-redondeadas, opuestas y simples, con peciolos rojizos y una glándula a cada lado. Sus propágulos son ovoides, pequeños y constan de dos costillas longitudinales pronunciadas (Prahl, Cantera, & Contreras, 1990). Son tolerantes a la inundación no prolongada y a salinidad de hasta 70, por tanto, al igual que <i>Avicennia</i> se ubica en áreas con suelos más estables y poco inundados, detrás de <i>Rhizophora</i>, generalmente formando bosques monoespecíficos o mixtos con <i>Avicennia</i>.</p>	 <p>Fuente: Prahl, Cantera, & Contreras (1990)</p>
<p>Familia: Combretaceae. Especie: <i>Conocarpus erectus</i> Llamado también mangle botón o mangle zaragoza. Crece como árbol o matorral hasta 10 metros de altura en ambos litorales colombianos. Su tronco es ramificado, con corteza gris o café, rugosa y fisurada. Las hojas son lanceoladas, alternas y los peciolos son cortos, con láminas a manera de quillas, que presentan una glándula a cada lado. El fruto es de 1 centímetro de diámetro en forma de piña redondeada de color púrpura o marrón (Prahl, Cantera, & Contreras, 1990). Tienen alta tolerancia a la salinidad y se encuentran frecuentemente en zonas secas con suelo consolidado, lo que los ubica en las partes más altas del ecosistema, o en playas.</p>	 <p>Fuente: Prahl, Cantera, & Contreras (1990)</p>



Continuación Tabla 11. Ecología de las principales especies de manglares presentes en Colombia

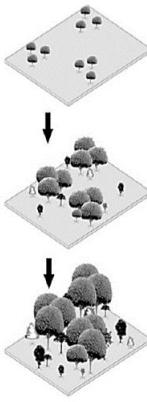
<p>Familia: Tetrameristaceae. Especie: <i>Pelliciera rhizophorae</i> Conocido como mangle piñuelo. Es un árbol con amplia distribución en el Pacífico colombiano, pero con distribución limitada en el Caribe, entre el Golfo de Morrosquillo y el Canal del Dique. Tiene un tronco recto, fuertemente ensanchado en la base por las raíces en contrafuerte, las cuales pueden estar fusionadas o separadas por estrechos pliegues. Las hojas no tienen pecíolo y son oblanceoladas, con un borde más ancho provisto de restos glandulares que le dan un aspecto aserrado. El fruto es simple leñoso, con forma de cabeza, irregularmente surcados y una sola semilla. Las flores son grandes y vistosas de color blanco y rosa. Toleran condiciones salinas e inundadas, con preferencia de suelos estables no consolidados (Prahl, Cantera, & Contreras, 1990).</p>	 <p>Fuente: Prahl, Cantera, & Contreras (1990)</p>
--	---

4.4.7 Paso 7. Favorecer los procesos de regeneración natural

Para acelerar el proceso de restauración pasiva iniciado con la implementación de acciones para eliminar o mitigar los tensores, se puede favorecer la regeneración natural a partir de la liberación manual y dispersión de propágulos de las especies de mangle de interés; mediante el establecimiento de núcleos de dispersión; o a través del establecimiento de especies facilitadoras. En todos los casos es importante conocer las condiciones ambientales del sitio de restauración y la ecología de las especies de que se quieren emplearán, parte de ella descrita en el paso 5. A continuación se refieren algunas estrategias que pueden contribuir con la regeneración natural.



Tabla 12. Algunas estrategias que pueden contribuir con la generación natural

<p><u>Liberación y dispersión manual de propágulos:</u></p> <p>El concepto generalizado de “<i>dispersión</i>” sugiere un proceso de propagar objetos de manera más o menos aleatoria (al azar), no obstante, en plantas de mangle la dispersión resulta en patrones que generalmente no son aleatorios, ya que la dispersión depende principalmente por el tamaño de los propágulos, flujo del agua y el nivel de inundación como agentes de dispersantes. Los propágulos de las especies de interés deberán liberarse en grandes cantidades a favor del flujo de agua que ingresa al sitio de restauración, los cuales se establecerán naturalmente en función de su tamaño. Con esta acción se incentiva la oferta de propágulos y por ende se aumentan las posibilidades de arraigo natural.</p>	 <p><i>Fuente:</i> Zen (2007)</p>
<p><u>Núcleos de dispersión:</u></p> <p>Son espacios de pequeñas dimensiones al interior del sitio de restauración, sembrados con las especies de mangle idóneas para las condiciones ambientales locales, con los que se espera potenciar la producción, dispersión y establecimiento de propágulos, asegurando a mediano o largo plazo la posterior colonización del espacio circundante por la expansión natural de éstos, siguiendo un modelo de agregación de las especies en el hábitat natural. La efectividad de esta acción solo podrá ser evaluada a largo plazo, pero en el corto plazo puede valorarse mediante indicadores simples como el grado de supervivencia. Esta acción puede complementarse con las demás acciones descritas para acelerar la regeneración natural del bosque.</p>	 <p><i>Fuente:</i> Corbin & Holl (2012)</p>



Continuación Tabla 12. Algunas estrategias que pueden contribuir con la generación natural

<p><u>Uso de especies facilitadoras:</u></p> <p>Una especie facilitadora debe permitir y ayudar los procesos de reclutamiento, regeneración, crecimiento y desarrollo de plantas de otra especie que más tarde será dominante y entonces la primera entraría en decadencia, generalmente como consecuencia del efecto sombra que impone la especie beneficiaria a la facilitadora, ya que habitualmente la especie facilitadora es de menor talla que la beneficiaria. Con la facilitación puede no solo mejorarse las condiciones ambientales que promueven el crecimiento de las especies beneficiarias, sino también pueden favorecer la dispersión y el establecimiento de las mismas (McKee & Faulkner, 2000)</p>	
--	--

Fuente: Carlos Villamil

4.4.8 Paso 8. Implementar acciones de restauración activa, si la regeneración natural no ocurre

Entre las acciones de restauración activa más comunes se contempla la reforestación, modificaciones en la micro topografía (generalmente relacionada con la acreción), acciones de ingeniería ecológica, entre otras. Todas éstas implican costos elevados y no siempre se obtienen los mejores resultados, por tanto, es imprescindible realizar con anterioridad los pasos anteriores, especialmente el relacionado con las acciones de eliminación o mitigación de los tensores, y un análisis de costo-beneficio, de tal modo que se pueda tomar la decisión de continuar o elegir otro sitio para restaurar. En esta fase del proceso es vital involucrar a las comunidades locales y usuarios del ecosistema en la implementación de las acciones seleccionadas, de tal modo que se genere sentido de pertenencia, compromiso, continuidad, control y vigilancia, hasta lograr los objetivos planteados en el proyecto.

4.4.8.1 Reforestación

Ha sido la actividad preponderante para la restauración de áreas de manglar degradadas, pero, en la mayoría de los casos esta técnica se ha empleado de manera empírica sin considerar el hidroperiodo, la salinidad, tensores y causas de deterioro, y factores ambientales como la energía

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016





del oleaje, corrientes, entre otros, lo que ha llevado generalmente al fracaso (Flores, y otros, 2007). Lo anterior indica que la reforestación en sí misma es insuficiente para restaurar áreas que no han sido antecedidas por labores de rehabilitación y respaldadas por instrumentos o planes de manejo, a excepción de las zonas degradadas que mantienen las condiciones ambientales intactas (Flores, y otros, 2007).

Las principales razones de bajo éxito o fracaso en las acciones de reforestación tienen que ver con el desconocimiento de la ecología del manglar y de la hidrología del sitio a recuperar; la falta de seguimiento y protección a semilleros y siembra; selección inadecuada de los períodos para la ejecución de los proyectos (épocas climáticas); etapas de seguimiento y control del proceso muy cortas; insostenibilidad de las acciones (acciones rápidas y no duraderas); no se involucran los actores locales en el proceso de planificación; uso de especies incorrectas; siembra en lugares y tiempos inadecuados.

El esfuerzo de reforestación es variable y depende de los métodos utilizados, la cercanía y accesibilidad del sitio, las especies empleadas, la densidad de siembra y la mano de obra. Las acciones de reforestación en ecosistemas de manglar se reducen a tres técnicas, con las cuales generalmente no se logra replicar la estructura, composición y abundancia del bosque de referencia, a saber:

- Siembra directa con propágulos y/o de plántulas (trasplante): es factible cuando las condiciones ambientales se han restablecido o no han sido modificadas. Las plántulas son obtenidas del medio natural y deberán transplantarse con bola de tierra. No implica costos de siembra y mantenimiento en vivero.
- Reforestación con plántulas de vivero: presenta mayor probabilidad de sobrevivencia en comparación con la siembra directa de plántulas, lo que se traduce en menor densidad de siembra, no obstante, los costos pueden ser mayores ya que requiere previamente siembra y mantenimiento en vivero. Cuando se utilizan estas plántulas, es importante adaptarlas a condiciones similares al sitio donde se van a sembrar (salinidad, temperatura del agua, inundación), para garantizar mayores tasas de supervivencia.
- Combinación de siembra directa y con plántulas de viveros.



Generalmente el resultado final de las tres prácticas son bosques mono o multiespecíficos dispuestos en filas semejantes a plantaciones forestales productoras y no a bosques naturales de manglar.

4.4.8.2 *Modificaciones en la micro topografía*

Están orientadas a estimular la sedimentación en las áreas degradadas, para reducir la energía erosiva del oleaje y las corrientes y proteger las plántulas de mangle. En ocasiones, se emplean estas modificaciones de la micro topografía con fines de reforestación con mangle en los bajos de marea, en un proceso definido como “*conversión de hábitat*”, sin considerar que los bajos de marea de arena o limo-arcilla son ecosistemas productivos que proveen de un importante hábitat a invertebrados, muchos de ellos de importancia comercial o son zonas de alimentación y descanso de aves playeras migratorias, por tanto, la modificación de la micro topografía debe evitarse en lo posible en este tipo de ambientes. Estas acciones pueden desarrollarse en áreas que ya han sido perturbadas por azolvamiento intenso o granjas para camarónicultura abandonadas (Flores, y otros, 2007).

Las acciones de modificación micro topográfica empleadas con mayor frecuencia en ecosistemas de manglar son:

- Camas elevadas de sedimentos: consisten en la acumulación manual de sedimentos para aportar rugosidad y variaciones en el relieve de la zona y favorecer el establecimiento natural de las plántulas de mangle que puedan ser arrastradas por los flujos de agua. Se debe tener cuidado en la altura del material acumulado, para que estas estructuras no queden por encima del nivel máximo de inundación y se afecte la supervivencia y el crecimiento de las plántulas. Una vez construidas estas estructuras se aconseja usar técnicas para favorecer la regeneración natural (paso 7).
- Plataformas o isletas: esta técnica se utiliza con relativa frecuencia en la restauración de áreas de manglar degradadas y, consiste en la construcción de plataformas o isletas utilizando material de relleno proveniente de dragados u otras fuentes, los cuales son confinados con alguna barrera (tablas o malla geotextil) y sobre los cuales se establecen plántulas de mangle de manera natural o inducida (Flores, y otros, 2007; Agraz, 1999). Esta



técnica debe emplearse en zonas donde se han realizado dragados y el nivel del suelo está por debajo del nivel de los manglares; además parte del material de relleno puede emplearse en los márgenes de los canales dragados para la navegación con el propósito de estabilizar los sedimentos y aumentar la vida media del canal (Benítez, 2003). Se recomienda la construcción de pequeños canales para la penetración de la marea en estas plataformas y de esta manera disminuir la salinidad intersticial, favorecer el recambio de aguas y evitar el bajo desarrollo de los árboles de mangle (Flores, y otros, 2007).

4.4.9 Paso 9. Monitoreo de las acciones de restauración implementadas

Monitoreo es el proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información para hacerle seguimiento al avance o cumplimiento de los objetivos planteados, de tal modo que se cuente con insumos técnicos, veraces y actuales que puedan guiar decisiones de manejo y de gestión.

Mediante el diseño e implementación de un programa de monitoreo en proyectos de restauración de manglares, no solo se mide el éxito o fracaso de las acciones realizadas, sino que también se pueden identificar y solucionar en *“tiempo real”* los posibles problemas que puedan interferir con las metas buscadas en el proceso de restauración.

Con los ocho pasos anteriores, especialmente con los pasos 1, 2, 3, 5 y 6, se ha levantado información primaria y secundaria para realizar un diagnóstico y caracterización completa del área perturbada y de referencia, de tal modo que a este punto se cuenta con conocimientos en aspectos como: estructura, composición y función, grado de alteración de la hidrología, identificación de factores tensionantes, regímenes de marea, aportes de agua dulce, factores que afectan los patrones de producción, dispersión y establecimiento de propágulos, aspectos físicos y químicos del agua y el sedimento, aspectos topográficos, entre otros

4.4.9.1 Diseño del monitoreo

El monitoreo en un proyecto de restauración ecológica de manglares debe responder fielmente a los objetivos inicialmente propuestos, los cuales se relacionan con los tensores identificados y las acciones realizadas para mitigarlos o eliminarlos, no obstante, el monitoreo en el marco del GREM

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016





debe contar con mediciones de las variables físico químicas descritas (Paso 5), con la evaluación de la regeneración natural (Paso 6) y con evaluación del crecimiento y supervivencia de las plantas de mangle que fueron establecidas por favorecimiento de la regeneración natural (Paso 7) o por acciones de restauración activa (Paso 8).

Elzinga, Salzer, & Willoughby (1998) propone varios cuestionamientos importantes que se deben considerar al momento de diseñar e implementar un estudio de monitoreo de manglar, entre los cuales se destacan:

- ¿Cuáles son las variables de interés?
- ¿Cuál es la unidad de muestreo adecuada?
- ¿Cómo se deben ubicar las unidades de muestreo?
- ¿Cuáles son los indicadores para evaluar el éxito del proyecto?

Para efectos del monitoreo en el marco del GREM, la unidad de muestreo serán parcelas permanentes de crecimiento (PPC) de mínimo 100 metros cuadrados (10 m X 10 m), dispuestas de forma perpendicular al cuerpo de agua principal y que cubran la totalidad del área de restauración ecológica (Figura 5), de tal modo que se contemple en la evaluación los gradientes ambientales salino y de inundación.



Figura 4. Disposición de las unidades de muestreo (PPC) al interior del área de restauración ecológica



El número de parcelas permanentes de crecimiento que se deben establecer, depende de factores como el área total de restauración, los recursos financieros con los que se cuente, el hidroperiodo y la microtopografía. Éstos últimos regulan el nivel de inundación y a su vez la posibilidad de establecimiento de las especies de acuerdo con las características anatómicas y fisiológicas de sus propágulos. Lewis & Brown (2014) recomiendan establecer al menos una unidad de muestreo de 100 metros cuadrados por cada hectárea en que se implementen acciones de restauración ecológica, no obstante, si los recursos son limitados, se puede disponer de un menor número de unidades pero que asegure la captura de información en todo el gradiente ambiental mencionado. Se debe tener en cuenta que entre menor sea el número de unidades de muestreo mayor será la incertidumbre de la información obtenida y por consiguiente se tendrá mayor dificultad para evaluar el éxito en el cumplimiento de los objetivos de restauración ecológica.

Sea cual sea el número de unidades de muestreo, al interior de cada una de ellas se deben realizar desde el inicio del monitoreo mediciones de variables físico químicas, regeneración natural y cobertura, e incluir mediciones estructurales cuando se cuente con árboles que tengan desarrollo diamétrico mayor a 2,5 centímetros.

4.4.9.2 *Variables físico-químicas*

En el Paso 5 se describen las variables físico-químicas comúnmente consideradas en estudios de diagnóstico y caracterización de ecosistemas de manglar, todas ellas podrían considerarse para estudios de monitoreo ambiental, no obstante, para efectos del monitoreo en el marco del GREM, la selección de variables debe apuntar a evaluar que las nuevas condiciones ambientales favorezcan la dispersión, establecimiento y desarrollo de las especies de mangle, por tanto deben considerarse como mínimo la medición de:

- Salinidad del agua superficial e intersticial
- Temperatura
- Nivel de inundación (hidroperiodo)



4.4.9.3 Regeneración natural

Este es uno de los aspectos más importantes en procesos de restauración ecológica, ya que es indicador de éxito de las acciones implementadas. Con el monitoreo de la regeneración natural se busca evaluar la tasa media de reclutamiento de las especies de mangle, por tanto, deben contarse la totalidad de individuos establecidos de cada especie al interior de las unidades de muestreo en un tiempo determinado. La tasa de reclutamiento puede variar en función de la época climática (condiciones ambientales) o de los procesos fenológicos de cada especie, por tanto, es recomendable hacer mediciones varia veces al año, idealmente una vez en cada trimestre del año, o como mínimo una vez en cada época climática.

Es ideal hacerle seguimiento a la totalidad o a una muestra de las plantas establecidas al interior de cada unidad de muestreo, con el fin de estimar adicionalmente las tasas de crecimiento y supervivencia, para ello se debe identificar los individuos de cada especie con un número o código único y se les debe medir como mínimo la altura total.

4.4.9.4 Cobertura

En este aspecto, se debe estimar el porcentaje de cada una de las unidades de cobertura presentes en la unidad de muestreo. Para ello es recomendable dividir la PPC en cuadrículas imaginarias y sumar la totalidad de cuadrículas en que se presenta cada una de las unidades de cobertura presentes en ella. Es recomendable realizar esta medición una vez al año e incluir la mayor cantidad de unidades de cobertura posibles, de ese modo se pueden identificar los cambios en pérdida y ganancia de alguna cobertura en particular. Se sugiere adicionalmente llevar registro fotográfico de los cambios de cobertura ocurridos en cada unidad de muestreo, para ello es necesario como mínimo fijar un punto y una orientación de captura de imagen desde el inicio del monitoreo.

4.4.9.5 Estructura

Con las variables estructurales se puede conocer el grado de desarrollo que presenta el bosque de mangle en proceso de restauración y compararlo con el bosque de referencia, a partir de la medición de parámetros sencillos, que no requieren muchos recursos técnicos o financieros y que sean universalmente aplicables (Schaeffer & Cintrón, 1986). Las variables que cumplen con estas

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016





condiciones son número de individuos categorizados por especie, diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total de los individuos evaluados. A partir de estos parámetros es posible calcular diversos atributos como: densidad, área basal, abundancia, frecuencia, dominancia, diámetro promedio cuadrático, e índice de valor de importancia (IVI), que en conjunto brindan una idea clara del estado y grado de desarrollo del bosque evaluado.

Según Cintrón & Schaeffer (1983), la medición de las variables estructurales debe iniciarse cuando se cuente con árboles que tengan altura mayor a 1,3 metros y DAP mayor a 2,5 centímetros, no obstante, en procesos de restauración ecológica, es importante incluir la totalidad de individuos que reclutan en cada unidad de muestreo, desde el comienzo del proceso de restauración, por tanto es recomendable incluir en la medición los individuos que cumplan con una altura mayor a 1,3 metros así el DAP sea menor a 2,5 centímetros, e incluirlos en la categoría “*DAP menor a 2,5 centímetros*” (Lewis & Brown, 2014), de este modo se considera la trayectoria de recuperación y desarrollo del bosque. Dado lo anterior, la medición de las variables estructurales (DAP y altura total) debe realizarse una vez al año a todos los individuos de cada especie contenidos en las unidades de muestreo. El seguimiento de estas variables, en años consecutivos, dará cuenta del crecimiento y desarrollo del bosque, e indicarán la trayectoria de restauración.

4.4.9.6 *Indicadores de éxito*

Un indicador es una representación cuantitativa (variable o relación entre variables), que permite verificar objetivamente información acerca de características, comportamientos o fenómenos de la realidad, por tanto, sirven para medir el avance o retroceso (éxito o fracaso) en el cumplimiento de los objetivos de restauración planteados, mediante el desarrollo de un proceso continuo y sistemático de recolección y análisis de información (Paso 9 - monitoreo). Los indicadores deben ser claros, pertinentes, económicos, adecuados, factibles de hacerles seguimiento, precisos y coherentes con los objetivos propuestos (Kusek & Rist, 2005).

Dado todo lo anterior y considerando que con la implementación de los nueve pasos del PREM, se pretende en términos generales la identificación, priorización y eliminación o mitigación de tensores con el fin de lograr y facilitar la reactivación de la regeneración natural en ecosistemas de manglar, se sugiere que los indicadores seleccionados correspondan con los tensores identificados y



priorizados, y su evaluación será al contrastarlos con los valores obtenidos a partir del ecosistema de referencia, o con los valores óptimos para el desarrollo de bosques de manglar., muchos de ellos descritos en los Pasos 4 y 5 de la presente guía.

Finalmente, el indicador de mayor importancia y que refleja en gran medida el éxito del proceso de restauración ecológica en el corto plazo, es el reclutamiento de plántulas y la regeneración natural de las especies de mangle, las cuales en el mediano o largo plazo aportarán a la estructura y cobertura del ecosistema de manglar restaurado. La forma de medición de estos indicadores se describe en los Pasos 6 y 9 de esta guía.

5 Anexo 5. Lineamientos nacionales para el monitoreo del manglar en Colombia¹¹

Colombia ha surtido importantes avances en el proceso de ordenamiento del manglar, posiblemente no con la celeridad prevista, pero sí de manera sistemática y participativa, pilares que constituyen algunos de los garantes en la consolidación de la conservación de este importante ecosistema.

No obstante, las presiones derivadas de las actividades humanas y los acontecimientos naturales que se ejercen in situ o en áreas adyacentes propician perdidas en la calidad y cantidad de los bienes y servicios que el manglar brinda. En muchas ocasiones éstas rebasan la capacidad de respuesta de la sociedad, y en otras oportunidades no avivan sentimientos en pro de la conservación del ecosistema.

La institucionalidad colombiana ha reconocido la necesidad de contar con un sistema de información en torno a los ecosistemas de manglar, tal propósito quedó normado en la Resolución 257 del 26 de marzo de 1997 (Minambiente, 1997) y ratificado en el Programa para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en Colombia (Minambiente, 2002).

Durante varios años el referido compromiso fue relegado por otras prioridades, no obstante, a partir del 2011 y bajo la iniciativa del Minambiente y la participación activa y decisiva de las autoridades ambientales regionales se reflexionó sobre el objetivo y alcance del mencionado instrumento.

Es así como a través de talleres de construcción colectiva (31 de octubre y 1 de noviembre de 2011, 22 al 26 de octubre de 2012 y 11 y 12 de marzo de 2013), mesa de expertos (26 de noviembre de 2012) y ejercicios piloto (2013 y 2015) se precisó la estructuración del sistema de información.

El presente documento refiere en detalle cada uno de los componentes (organizados en módulos) del sistema, identificando y resolviendo aspectos en relación con: ¿Por qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Cómo?, y ¿Con qué?, y contemplando, en los casos pertinentes, las diferencias entre las regiones de interés, a saber, costa pacífica, caribe continental y caribe insular. Los componentes considerados son:

¹¹ Documento construido por Tavera (2014) en el marco Convenio de asociación No. 156 de 2014 suscrito entre el Minambiente y ASOCARS.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



- (1A) actividades y acontecimientos que afectan los manglares (módulo de presión),
- (2A) composición florística y estructural del bosque de manglares,
- (2B) regeneración natural del bosque de manglares,
- (2C) características físicas y químicas de las aguas de los bosques de manglares
- (2D) dinámica de las coberturas de los ecosistemas de manglar (del módulo de estado), y,
- (3A) gestión para la conservación de los ecosistemas de manglar (módulo de respuesta)

De manera paralela y articulada Invemar diseño e implementó la herramienta tecnológica denominada “*Sistema de información para la gestión de los manglares de Colombia - SIGMA*”, y propició un proceso de capacitación para las autoridades ambientales regionales en el uso de ella. Ésta además de los módulos y componentes señalados contempla elementos transversales, a saber: generalidades y caracterización de los manglares, geovisor, gestor documental y catálogo de metadatos.

5.1 *El sistema de información para la gestión de los manglares de Colombia - SIGMA*

El SIGMA constituye una herramienta que tiene como propósito “*reunir, organizar e intercambiar de manera eficiente la información disponible para el manejo de los ecosistemas de manglar del país*” (Rodríguez, González, Rodríguez, Rodríguez, & Rodríguez, 2014), la que deberá redundar en una gestión más oportuna, eficiente y eficaz por parte de los actores con injerencia en éstos.

El referido sistema está concebido bajo el amparo del esquema presión – estado – respuesta, lo que presupone una lógica de causalidad, a saber: las actividades humanas y los acontecimientos naturales ejercen presiones sobre el ecosistema de manglar, las que derivan en cambios en cuanto a calidad y cantidad de los bienes y servicios que éste brinda. La sociedad ante tal situación responde a través de acciones de gestión en pro de la conservación del ecosistema.

Es así como el aludido esquema trata de dar respuesta a cuestionamientos básicos como: ¿Qué está afectando el ecosistema?, ¿Qué está pasando con el ecosistema ante tal situación?, y ¿Qué está haciendo la sociedad con respecto a estos problemas?

No obstante, es importante mencionar que en este contexto se asume una relación lineal entre la interacción de las actividades humanas, los acontecimientos naturales y el estado del ecosistema, la cual no siempre es de este tipo y en oportunidades puede ocultar aspectos complejos entre ellas.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016





5.2 *Módulos del sistema de información para la gestión de los manglares de Colombia*

El SIGMA se ha estructurado en tres módulos que responden al esquema propuesto, estado – presión – respuesta. En el primero de éstos se consideran las presiones que se ejercen en el ecosistema, para lo cual a través de la identificación y cualificación de las actividades humanas y/o acontecimientos naturales se estima un “*nivel de afectación*” por unidad de manejo (escala de reporte seleccionada en concordancia con lo establecido en el proceso de ordenamiento adoptado en Colombia).

En el módulo de estado se esboza una aproximación de las condiciones del manglar y los cambios en éstas a través del tiempo, elementos a partir de los que se puede inferir la cantidad y calidad de los bienes y servicios que el ecosistema puede brindar.

Los componentes considerados en el referido módulo son cuatro, tres a nivel de unidad permanente de muestreo en los bosques de manglares, que corresponden a composición florística y estructural, regeneración natural y características físicas y químicas de las aguas. A partir de los que se podrá derivar información que contribuya a definir el estado de la unidad de manejo en la que fueron instaladas las unidades de monitoreo.

El último componente del módulo de interés es evaluado a nivel de jurisdicción de autoridad ambiental regional, y tiene que ver con la dinámica de las coberturas de los ecosistemas de manglar.

La información provenida de los componentes del módulo de estado podrá ser empleada en la identificación de algunas actividades y acontecimientos que resulten en presiones sobre el manglar, las que tendrán que ser reportadas en el respectivo apartado.

En el módulo de respuesta se refieren los esfuerzos que realiza la sociedad con el propósito de prevenir, controlar, mitigar y/o compensar los efectos derivados de las actividades humanas y/o los acontecimientos naturales.

Las acciones pueden estar enfocadas hacia las causas de presión o en torno a aspectos que dan cuenta del estado del ecosistema. El componente considerado en el módulo de interés se denomina como gestión para la conservación de los ecosistemas de manglar.

A continuación, se abordará una descripción detallada de cada uno de los componentes de los módulos referidos, en esta se detallarán aspectos en relación con: justificación, descripción, cobertura, limitaciones, método de cálculo, metodología y periodicidad para la adquisición de la información, y fuente y disponibilidad de datos.

5.2.1 Componente 1A. Actividades y acontecimientos que afectan los manglares

5.2.1.1 Justificación

Los manglares son objeto de presiones que inducen impactos, en algunas ocasiones son derivadas de las actividades de origen antrópico y en otras oportunidades de acontecimientos de origen natural. Éstas pueden producirse *in situ*, en inmediaciones del manglar o en la parte alta de la cuenca hidrográfica.

De acuerdo con el informe de la Contraloría general de la Republica (2012) y el Minambiente (2002) algunas de las principales presiones que afectan el manglar están relacionadas con actividades en torno a: adecuación de áreas (para usos urbanos, agropecuarios, turísticos y de infraestructura), extracción forestal, disposición inadecuada de residuos (aguas servidas y desechos, domésticos e industriales) y pesca (industrial y artesanal), entre otras. O con acontecimientos naturales como: sedimentación por aportes de la cuenca “alta”, erosión (por corrientes fluviales y marinas), tormentas eléctricas y huracanes.

Los impactos derivados de éstas son múltiples, complejos y en algunas ocasiones acumulativos, y por ende de difícil identificación, tipificación y caracterización. Por el contrario, las actividades y los acontecimientos naturales son de simple reconocimiento y definición en la mayoría de los casos, lo que propicia que constituyan unidades de observación a partir de las cuales se pueden inferir posibles impactos sobre el ecosistema y por ende establecer acciones en torno a éstas, que redunden en la conservación de los manglares.

5.2.1.2 *Descripción*

Las actividades se inscriben en las actuaciones asociadas, influidas o pertenecientes al hombre (de origen antrópico), y pueden catalogarse como directas o indirectas. En el primer caso presuponen entradas y salidas al ecosistema, por ejemplo, vertimiento de aguas servidas en los esteros, pesca de recursos hidrobiológicos y tala para cambio de uso del suelo. Las indirectas se asocian con acciones en la periferia del manglar, como agricultura, minería y transporte. En ambos casos éstas pueden derivar en tensión física, química y/o biológica sobre los componentes del manglar.

Los acontecimientos de origen natural se asocian con procesos atmosféricos, hidrológicos y/o geológicos, los que se propician “sin” la influencia del hombre, y que también pueden originar condiciones desfavorables para el ecosistema de interés.

Las actividades y acontecimientos pueden ser tipificados a través de atributos, a partir de los cuales se puede precisar la importancia ambiental de éstas en el contexto en el que proceden.

5.2.1.3 *Cobertura*

Este componente se evalúa a nivel de unidad de manejo. Los reportes de gestión se pueden agregar a nivel de jurisdicción de la autoridad ambiental regional y a nivel de país.

5.2.1.4 *Limitaciones*

La principal limitante se asocia con el empleo de variables “proxy” (actividades y acontecimientos) para “representar” los posibles impactos ocasionados en el ecosistema de manglar por las actuaciones de origen antrópico o natural.

De igual manera, algunas de las escalas de valuación de los atributos que definen cada variable son objeto de estimación por parte del experto encargado del diligenciamiento del reporte, lo que puede derivar en cierto nivel de subjetividad y por ende de sesgo.

Algunas escalas son diferenciales en el contexto de la unidad de análisis definida como “región”, por lo cual no es posible llevar a cabo comparaciones entre éstas (a saber, costa pacífica, caribe continental y caribe insular).

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016





5.2.1.5 Método de cálculo

La valoración de la importancia ambiental de una actividad o acontecimiento se estima a partir de la suma simple de las cuantías asignadas a los atributos que caracterizan ésta, y el “*nivel de afectación*” de una unidad de manejo se estima como la sumatoria de la importancia ambiental del conjunto de actividades que se registran allí, de acuerdo con lo que se refiere en la Tabla 13.

Es así como una unidad de manejo en la que se reportan varias actividades y acontecimientos que tensionan el manglar posiblemente exhibe un mayor nivel de afectación en relación con una en la que se registren pocas actividades.

Tabla 13. Ecuación para estimar la magnitud de las actividades o acontecimientos y el nivel de afectación en una unidad de manejo

A nivel de	Parámetro	Descripción	Ecuación
Unidad de manejo	Importancia ambiental de la actividad o acontecimiento	Corresponde a la importancia ambiental de la iésima actividad o acontecimiento en relación con el ecosistema de manglar de la iésima unidad de manejo	$IA_{ij} = m_{ij} + r_{ij} + t_{ij} + e_{ij} + d_{ij} + r\nu_{ij}$ <p>Dónde: m_{ij} es la magnitud de la iésima actividad en la iésima unidad de manejo; r_{ij} es la resiliencia; t_{ij}: es la tendencia; e_{ij} es la extensión; d_{ij} es la duración; y $r\nu_{ij}$, es la reversibilidad.</p>
	Nivel de afectación en la unidad de manejo	Corresponde a la sumatoria de las cuantías de importancia ambiental de las actividades y/o acontecimientos que se registran en una unidad de manejo	$NA_j = \sum_{i=1}^n IA_{ij}$ <p>Dónde: IA_{ij}, es la importancia ambiental de la iésima actividad o acontecimiento en relación con el ecosistema de manglar de la iésima unidad de manejo.</p>

5.2.1.6 Metodología para la adquisición de la información

En la Tabla 14 se refieren los atributos a partir de los cuales se debe caracterizar cada actividad o acontecimiento identificado para la unidad de manejo de interés, éstos y sus respectivas escalas han sido adaptados de la metodología propuesta por Ecopetrol (2003).

Tabla 14. Variables por emplear en la estimación del impacto ambiental de las actividades y acontecimientos que ocurren en el manglar y en áreas adyacentes

Atributo	Descripción	Rango de cualificación	
Magnitud	Grado de incidencia de la actividad o acontecimiento sobre el ecosistema y la comunidad	Baja 1	No es significativa, es decir deriva en modificaciones mínimas sobre el ecosistema y/o la comunidad
		Media 2	No es suficiente para poner en grave riesgo el ecosistema y/o a la comunidad, pues sólo genera afectaciones o alteraciones moderadas
		Alta 3	Genera un deterioro o alteración en el ecosistema y/o la comunidad, puede derivar en pérdida ambiental o económica intermedia
		Muy alta 4	Afecta de manera significativa o grave el ecosistema y/o la comunidad, puede derivar en pérdida ambiental o económica significativa
Resiliencia	Corresponde a la capacidad intrínseca del ecosistema y la comunidad de absorber efectos derivados de la actividad o acontecimiento, sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad permitiéndole regresar a su estado original una vez que la perturbación ha terminado	Muy tolerante 1	Se asimila rápidamente y en su totalidad por el ecosistema y/o la comunidad durante la ejecución de la actividad, desapareciendo las manifestaciones tan pronto ésta termina
		Tolerante 2	Se asimila en un periodo mayor de tiempo por parte del ecosistema y/o la comunidad, sin que este tiempo adicional sea significativo
		Sensible 3	Se asimila parcialmente por el ecosistema y/o la comunidad, pero no se recupera fácilmente quedando pequeñas consecuencias de ésta
		Intolerante 4	No desaparece ni se asimila por parte del ecosistema y/o la comunidad, los efectos se mantienen latentes sin permitir la recuperación total y dejando secuelas significativas
Tendencia	Comportamiento de la actividad o el acontecimiento en la medida que transcurre el tiempo	Decreciente 1	La actividad o acontecimiento tiende a desaparecer en la medida que transcurre el tiempo
		Estable 2	La actividad o acontecimiento se mantiene constante en el tiempo
		Creciente 3	La actividad o acontecimiento tiende a incrementarse en el tiempo
		Exponencial 4	La actividad o acontecimiento tiende a incrementarse en el tiempo de una forma rápida y severa

Continuación Tabla 14. Variables por emplear en la estimación del impacto ambiental de las actividades y acontecimientos que ocurren en el manglar y en áreas adyacentes

Atributo	Descripción	Rango de cualificación	
Extensión	Corresponde al área sobre la que tiene efecto la actividad y/o acontecimiento, es decir donde tiene manifestación	Puntual 1	Los efectos se manifiestan en un espacio reducido, en un área menor a 0,01 hectáreas en el caso de unidades de manejo con menos de 250 hectáreas, de 0,1 hectáreas en el caso de unidades de manejo de 250 a mil hectáreas y de 1 hectárea en el caso de unidades de manejo con más de 1.000 hectáreas
		Local 3	Los efectos se manifiestan en un área entre 0,01 y 0,1 hectáreas en el caso de unidades de manejo con menos de 250 hectáreas, entre 0,1 y 1 hectáreas en el caso de unidades de manejo de 250 a mil hectáreas y entre 1 y 2,5 hectáreas en el caso de unidades de manejo con más de 1.000 hectáreas
		Parcial 6	Los efectos se manifiestan en un área entre 0,1 y 1 hectáreas en el caso de unidades de manejo con menos de 250 hectáreas, entre 1 y 2,5 hectáreas en el caso de unidades de manejo de 250 a mil hectáreas y entre 2,5 y 10 hectáreas en el caso de unidades de manejo con más de 1.000 hectáreas
		Extenso 9	Los efectos se manifiestan en un área mayor a 1 hectárea en el caso de unidades de manejo con menos de 250 hectáreas, mayor a 2,5 hectáreas en el caso de unidades de manejo de 250 a mil hectáreas y de 10 hectáreas en el caso de unidades de manejo con más de 1.000 hectáreas
Duración	Corresponde al tiempo de permanencia del efecto producido por la actividad y/o acontecimiento	Fugaz 1	El efecto se manifiesta con una duración inferior a un mes
		Temporal 2	El efecto se manifiesta con una duración entre uno y doce meses
		Prolongado 3	El efecto se manifiesta con una duración entre uno y cinco años
		Permanente 4	El efecto se manifiesta con una duración mayor a cinco años

Continuación Tabla 14. Variables por emplear en la estimación del impacto ambiental de las actividades y acontecimientos que ocurren en el manglar y en áreas adyacentes

Atributo	Descripción	Rango de cualificación	
Reversibilidad	Corresponde al tiempo que requiere el ecosistema para retornar a sus condiciones originales frente a la actividad y/o acontecimiento	Corto plazo 1	La recuperación se da en un plazo menor a un año
		Medio plazo 2	La recuperación se da en un plazo entre uno y cinco años
		Largo plazo 3	La recuperación se da en un plazo mayor a cinco años
		Irrecuperable 4	No hay posibilidad de recuperación

Es pertinente referir que para ciertas actividades o acontecimientos puede ser de difícil cualificación algunos atributos definidos, por ende y de acuerdo con el conocimiento y la experticia del evaluador se podrán diligenciar o no éstos. En la Tabla 15 se relacionan las referidas en el SIGMA, y la probabilidad “relativa” de consideración de los atributos objeto de valuación.

Tabla 15. Probabilidad “relativa” de consideración de atributos para algunas actividades y/o acontecimientos que se registran en los manglares

Actividad y/o acontecimiento	Atributo					
	Magnitud	Resiliencia	Tendencia	Extensión	Duración	Reversibilidad
Tala						
Pesca artesanal						
Pesca comercial						
Aplicación de agroquímicos						
Apertura y dragado canales						
Relleno de humedales						
Desvío de cuerpos de agua						
Disposición de residuos sólidos						
Vertimiento de aguas servidas						
Vertimiento de residuos industriales						
Cacería						
Labranza						

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016

Actividad y/o acontecimiento	Atributo					
	Magnitud	Resiliencia	Tendencia	Extensión	Duración	Reversibilidad
Quema						
Introducción de especies						
Pastoreo						
Terremoto						
Maremoto						
Erosión marina y fluvial						
Huracán, vendaval y tormenta eléctrica						
Avalancha						
Mar de leva						
Problemas fitosanitarios						



Muy probable de considerar



Probable de considerar



Poco probable de considerar

La identificación y caracterización de actividades y/o acontecimientos que se registran en una unidad de manejo puede ser derivada de la información consignada en los instrumentos de planificación (estudio de caracterización, diagnóstico y zonificación y estrategia de manejo, y/o lineamientos de manejo), a partir de ésta se construirá la línea de base (de referencia) que debe dar cuenta de los efectos que hasta el momento se identifican para el ecosistema de manglar.

Posteriormente, con la periodicidad definida, y a partir de las actividades de control y seguimiento, los resultados derivados del monitoreo (en el marco de cada estrategia de manejo), los reportes en la herramienta Egretta, (registrados por actores diferentes a la autoridad ambiental regional) y las observaciones derivadas de las unidades permanentes de registro, se deben precisar y caracterizar las actividades y/o acontecimientos que se susciten en cada unidad de manejo. En tal tarea serán de especial atención las definidas en la línea de referencia, además de los nuevos sucesos.



5.2.1.7 Periodicidad para la adquisición de la información

La información en torno a actividades y/o acontecimientos que deriven en presión sobre el ecosistema de manglar, a nivel de unidad de manejo, debe ser recaba anualmente, lo que significa que al comienzo del año se tendrá que haber reportado el total de sucesos identificados desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre del año inmediatamente anterior.

5.2.1.8 Fuente de datos

La adquisición y digitación de los datos será competencia de las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (Coralina, Corpoguajira, Corpamag, CRA, Cardique, Carsucre, CVS, Corpouraba, Codechoco, CVC, CRC y Corponariño) y de las autoridades ambientales de los Grandes Centros Urbanos creadas mediante la Ley 768 de 2002 y los Establecimientos Públicos Ambientales de que trata la Ley 1617 de 2013.

A través del SIGMA se administrarán, gestionarán y custodiarán los datos colectados por las referidas autoridades ambientales, además de los colectados por otros interesados en la temática, como por ejemplo institutos de investigación, centros de investigación y universidades, entre otros.

5.2.1.9 Disponibilidad de datos

De la información consignada en los estudios de caracterización, diagnóstico y zonificación de los manglares en jurisdicción de cada autoridad ambiental regional y de los planes de manejo para las unidades zonificadas en éstos, se podrá derivar información para la construcción de la línea base.

No obstante, es importante señalar que posiblemente en éstos no se cuente con un examen del total de atributos de interés, para lo cual se deberá apelar a la experticia del encargado de la temática en cada ente ambiental, que se encargará de la aproximación de la información necesaria.

Para el periodo 2013 se cuenta con la información recopilada por Codechoco y Corpoguajira para los pilotos de monitoreo realizados en el marco del convenio de asociación No. 103 de 2013 suscrito entre el Minambiente y ASOCARS.



5.2.2 Componente 2A. Composición florística y estructural del bosque de manglares

5.2.2.1 Justificación

La determinación de las características florísticas y estructurales del bosque de manglares y de la dinámica de éstas, contribuye a consolidar el conocimiento de las condiciones y la funcionalidad del ecosistema. Los cambios suscitados en la composición de las especies vegetales y en los parámetros estructurales pueden develar o relacionarse con perturbaciones (derivadas de actividades y acontecimientos) de las que es objeto éste. No obstante, es importante referir que algunos cambios son resultado de la dinámica natural, por ejemplo, el proceso de ecesis de las plantas en el ecosistema.

5.2.2.2 Descripción

La composición florística hace referencia a la clasificación de los individuos vegetales en categorías, para lo que comúnmente se emplea el nivel taxonómico denominado como “especie”, no obstante, en otras oportunidades son de interés los de familia o género. La participación del taxón (sea especie, género o familia) en la unidad de muestreo, puede ser definida a partir de parámetros como: abundancia, dominancia y/o frecuencia (esta última a partir de la evaluación en subunidades de muestreo o registro), o un índice sintetizado de éstos, como el de valor de importancia.

La composición estructural del bosque se relaciona con el ordenamiento en sentido vertical y horizontal de los individuos vegetales. El arreglo vertical puede ser expresado por la estratificación derivada de la clasificación en categorías de altura; y el ordenamiento horizontal por parámetros como la densidad y el área basal (Rangel, Petter, & Aguilar, 1997), éstos últimos pueden ser analizados a partir de su distribución en rangos de diámetro. Los valores de los parámetros mencionados pueden ser referidos para la unidad de muestreo, o para cada una de las especies que se encuentran en ésta.

De acuerdo con Barkman (1979) citado en Rangel, Petter, & Aguilar (1997) “*La composición estructural está directamente relacionada con el mantenimiento de una atmósfera (en el bosque) más o menos estable, pues influye sobre la radiación incidente, el flujo de la precipitación al interior del bosque y la acción del viento. El arreglo de las plantas según estratos y sus valores de cobertura*

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



(dominancia) se relaciona con el metabolismo de la comunidad ya que controlan la cantidad de la radiación y la evapotranspiración en la fotosíntesis".

De igual manera la presencia o ausencia de una especie se asocia, en algunas ocasiones, con las condiciones del medio definidas éstas por los reguladores (salinidad, sulfuro, pH y potencial redox, entre otros), los recursos (luz, nutrientes y temperatura, entre otros) y el hidro período. Por ende, un cambio en la composición florística puede asociarse con una variación en las condiciones del medio.

5.2.2.3 Cobertura

Este componente se evalúa a nivel de unidad de muestreo permanente. La información puede ser empleada para caracterizar de manera aproximada la unidad de manejo de la que hace parte. Se espera que en el futuro haya más de una unidad de muestreo por unidad de manejo, para que a partir de ésta se puedan establecer valores promedio para cada zona de manejo.

5.2.2.4 Limitaciones

La dinámica de los bosques de manglares deriva en cambios en la composición florística y estructural de éste, sin que éstos necesariamente estén asociados a perturbaciones. Por ende, es importante definir umbrales a partir de los cuales se identifiquen estados “*críticos*” que pueden estar asociados con alteraciones motivadas por perturbaciones, tanto de origen natural (acontecimientos) como antrópico (actividades).

En el contexto nacional la información sobre la dinámica de los bosques de manglares es escasa, solo algunos autores (Rodríguez, Nivia, & Garzón, 2004, Sánchez, Ulloa, & Tavera, 2004, (Sánchez, Ulloa, Tavera, & Gil, 2005, Tavera, Sánchez, Ulloa, & Zamora, 2005 y Valle, Osorno, & Gil, 2011) han abordado estudios en relación con: tasas de mortalidad y reclutamiento, incremento diamétrico y cambios en la composición florística; y en muy pocas ocasiones se relacionan éstos con las condiciones del medio (Sánchez, Ulloa, & Tavera, 2004). Es así como hay vacíos en el conocimiento lo que limita el discernimiento de las relaciones causales entre los cambios suscitados en la composición y estructura del bosque con perturbaciones sobre el ecosistema.



5.2.2.5 Método de cálculo

A nivel de unidad de muestreo se deberán estimar los parámetros de densidad y área basal, los valores de éstos deben estar dados en número de individuos por hectárea y en metros cuadrados por hectárea, respectivamente. Para este mismo nivel de análisis (unidad de muestreo) se deberán calcular por especie además de los parámetros referidos (densidad y área basal) los de: abundancia, dominancia y frecuencia relativa e índice de valor de importancia, todos éstos en términos porcentuales.

En la Tabla 16 se relacionan las ecuaciones para la estimación de los parámetros de interés. Los cálculos de éstos serán realizados por el SIGMA, para lo cual el usuario deberá organizar la información en una plantilla, en la que se tendrán que registrar por cada individuo vegetal los siguientes datos: especie, circunferencia a la altura del pecho, altura total y estado (vivo o muerto). Otra información de interés a nivel general y en relación con la unidad de muestreo deberá ser adquirida, ésta se refiere a: forma, tamaño y ubicación de la unidad de muestreo, fecha de adquisición de la información, investigador (es) e institución (es) responsable (s), de acuerdo con lo definido por (Rodríguez y otros, 2013).

Tabla 16. Ecuaciones de los parámetros de interés para la definición de la composición florística y estructural del bosque de manglares

Atributo	Parámetro	Descripción	Ecuación
Unidad de muestreo	Densidad (individuos por hectárea)	Corresponde al número de individuos (de todas las especies) en la unidad de muestreo, extrapolado a una superficie de una hectárea	$D = \frac{\text{No. de individuos}}{\text{Area}_{um}} \times 10000$ Dónde: <i>No. de individuos</i> es el número de individuos en la unidad de muestreo; <i>Area_{um}</i> es el área de la unidad de muestreo (en metros cuadrados).
	Área basal (metros cuadrados por hectárea)	Es el área de la sección (en metros cuadrados) ocupada por todos los troncos de los árboles (de todas las especies) presentes en la unidad de muestreo, extrapolada a una extensión de una hectárea	$AB = \frac{\pi \times \sum_i^n DAP_i^2}{40000 \times \text{Area}_{um}} \times 10000$ Dónde: π es la constante pi; DAP es el diámetro del tronco del <i>i</i> ésimo individuo (en centímetros); <i>Area_{um}</i> es el área de la unidad de muestreo (en metros cuadrados).



Continuación Tabla 16. Ecuaciones de los parámetros de interés para la definición de la composición florística y estructural del bosque de manglares

Atributo	Parámetro	Descripción	Ecuación
Especies en la unidad de muestreo	Densidad para la especie j (individuos de la especie j por hectárea)	Corresponde al número de individuos de la especie j registrados en la unidad de muestreo, extrapolado a una superficie de una hectárea	$D_j = \frac{\text{No. de individuos}_j}{\text{Area}_{um}} \times 10000$ Dónde: No. de individuos es el número de individuos de la j esima especie en la unidad de muestreo; Area_{um} es el área de la unidad de muestreo (en metros cuadrados).
	Área basal para la especie j (metros cuadrados de la especie j por hectárea)	Es el área de la sección (en metros cuadrados) ocupada por todos los troncos de los individuos de la especie j presentes en la unidad de muestreo, extrapolada a una extensión de una hectárea	$AB_j = \frac{\pi \times \sum_{ij}^n DAP_{ij}^2}{40000 \times \text{Area}_{um}} \times 10000$ Dónde: π es la constante pi; DAP es el diámetro del tronco del i esimo individuo de la j esima especie; Area_{um} es el área de la unidad de muestreo.
	Abundancia relativa para la especie j (en %)	Corresponde al número de individuos de la especie j en relación con el número total de individuos dentro de la unidad de muestreo, expresado en términos porcentuales	$Ar_j = \frac{\text{No. de individuos}_j}{\text{Area}_{um}} \times 10000 \times 100$ Dónde, $\text{No. de individuos}_j$ es el número de individuos de la j esima especie en la unidad de muestreo; D es la densidad estimada en la unidad de muestreo; Area_{um} es el área de la unidad de muestreo.
	Dominancia relativa para la especie j (en %)	Se define como la sumatoria de las áreas basales de los individuos de la especie j presentes en la unidad de muestreo, en relación con el área basal de todos los troncos de los individuos registrados en la unidad de muestreo, expresada en términos porcentuales	$Dr_j = \frac{\pi \times \sum_{ij}^n DAP_{ij}^2}{40000 \times \text{Area}_{um}} \times 10000 \times 100$ Dónde: π es la constante pi; DAP es el diámetro del tronco del i esimo individuo de la j esima especie; Area_{um} es el área de la unidad de muestreo; AB es el área basal para el total de los individuos.



Continuación Tabla 16. Ecuaciones de los parámetros de interés para la definición de la composición florística y estructural del bosque de manglares

Atributo	Parámetro	Descripción	Ecuación
Especies en la unidad de muestreo	Frecuencia relativa para la especie j (en %)	Corresponde al conteo de la presencia de la especie j en cada una de las unidades de registro de información en relación con la sumatoria del conteo de la presencia de las especies en la unidad de muestreo, expresada en términos porcentuales	$Fr_j = \frac{CP_j}{\sum_{j=1}^n CP_j} \times 100$ Dónde: CP_j es el conteo de la presencia de la especie j en las unidades de registro.
	Índice de valor de importancia para la especie j (en %)	Define cuál de las especies resulta más importante en la unidad de muestreo a partir de los valores de abundancia, frecuencia y dominancia. Se estima a partir de la sumatoria, para la especie j , de los valores relativos de abundancia, dominancia y frecuencia.	$IVI_j = Ar_j + Dr_j + Fr_j$ Dónde: Ar_j es la abundancia relativa para la especie j , Dr_j es la dominancia relativa para la especie j , Fr_j es la frecuencia relativa para la especie j .

5.2.2.6 Metodología para la adquisición de la información

Forma y tamaño mínimo de la unidad de muestreo: La adquisición de la información en relación con la composición florística y estructural del bosque de manglares se deberá realizar en unidades de muestreo de un área mínima de trescientos (300) metros cuadrados, la forma de éstas podrá ser circular, rectangular o cuadrada y podrán ser simples o compuestas (Figura 5).

Diseño del muestreo: Se sugiere que la distribución de las unidades de muestreo se realice bajo un diseño preferencial, propiciando que en cada unidad de manejo (definida en la zonificación) se establezca por lo menos una unidad de muestreo, no obstante, y de ser posible se sugiere que cada tipo de bosque identificado, a partir de la composición florística y estructural, en la unidad de manejo sea caracterizado y monitoreado a partir del establecimiento de una parcela de muestreo permanente.



(a) Circular simple



(b) Rectangular simple



(c) Cuadrada simple



Figura 5. Formas de las unidades de muestreo simples y compuestas. (a, b y c) Julio de 2013. Bosque de manglares en el consejo comunitario de Juradó, (d y e) Julio de 2014. Vista panorámica de los manglares en el consejo comunitario local de Nuquí.

(d) Circular compuesta



(e) Cuadrada compuesta



Continuación Figura 5. Formas de las unidades de muestreo simples y compuestas. (a, b y c) Julio de 2013. Bosque de manglares en el consejo comunitario de Juradó, (d y e) Julio de 2014. Vista panorámica de los manglares en el consejo comunitario local de Nuquí.

5.2.2.7 Variables por medir

En cada unidad de muestreo se deberán medir todos los individuos con diámetro normal mayor a 2,5 centímetros, medido éste a 1,3 metros del suelo, y en el caso de que exhiban raíces aéreas (genero Rhizophora) o fustes con contrafuertes (géneros Pelliciera y Mora) se medirá a 0,3 metros por encima de la inserción de éstas.

Cada individuo deberá ser identificado mediante un código único, el cual podrá ser dibujado con pintura o señalado con una etiqueta de aluminio adherida al árbol con una puntilla de este mismo material. El lugar en el que se medirá el diámetro normal deberá ser señalado para lo que se sugiere se dibuje con pintura un anillo alrededor del sitio de medición, éste no deberá ser más ancho que dos centímetros por lo que se sugiere utilizar un pincel que propicie el grosor sugerido.

Una vez señalado el sitio en el que se medirá se debe esperar a que la pintura seque, para posteriormente llevar a cabo la evaluación del diámetro normal. En el caso de que el individuo exhiba ramificaciones en el lugar de medición, estas deberán señalarse como ramas del individuo principal y para cada una ellas se tendrán que adquirir las variables de diámetro normal y altura total, por lo tanto, en cada una se dibujará el sitio en el que se verificará el diámetro normal y se le asignará un código que la identifique como rama del individuo.



La altura de los árboles se podrá estimar a partir de la experticia de los investigadores, o con el empleo de instrumentos para tal fin, como clinómetro (manual o digital) o distanciómetro, en el primero de los casos se espera una precisión en metros y en el otro de decímetros. Para la medición del diámetro normal se sugiere el empleo de cintas métricas, con precisión de milímetro.

La identificación de la especie se realizará a partir del conocimiento de los investigadores. En caso de desconocimiento se colectarán muestras para su determinación en laboratorio siguiendo claves taxonómicas.

Para cada individuo se deberá definir la localización relativa, en el caso de unidades de muestreo cuadradas o rectangulares se sugiere estimar la distancia a éste en el eje de las ordenadas y de las abscisas, y a partir del origen de la unidad de muestreo o desde cada subunidad de registro de información.

Si la unidad de muestreo es circular se sugiere definir la localización de los individuos a partir de la distancia en metros al centro de la unidad de muestreo (si es simple) o de la unidad de registro (en el caso de que sea compuesta) y del azimut en grados, entendido éste como el ángulo formado entre el norte y el individuo de interés.

En monitoreos posteriores a la instalación de la unidad de muestreo permanente se deberán identificar los nuevos individuos que hayan alcanzado o superado el diámetro mínimo de referencia (cuatro centímetros), los que tendrán que ser incluidos en la evaluación de la composición florística y estructural, y por ende a los que se les deberá asignar un código, y medir las variables de interés.

La unidad de muestreo deberá ser referenciada en coordenadas geográficas (Datum Magna y Esferoide GRS 1980). Para el caso de las de forma circular simple se tendrá que adquirir la coordenada del centro de la parcela, para circulares compuestas las de los centros de las unidades de registro. Para las unidades rectangulares y cuadradas simples los vértices de éste y para las cuadradas compuestas los vértices de cada unidad de registro.

5.2.2.8 *Materiales y equipos*

Los materiales y equipos mínimos requeridos para la instalación de las unidades de muestreo permanente se refieren a continuación, también se señalan otros elementos que permitirán garantizar la seguridad de los investigadores en el trabajo de campo.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



Materiales: Cinta biodegradable de señalización, cuerda biodegradable, pintura a base de aceite, disolvente de pintura, pinceles, placas en aluminio, clavos de aluminio, libreta de campo resistente al agua, lápiz, navaja y machete.

Equipos: sistema de posicionamiento global, cámara fotográfica (preferiblemente resistente al agua), brújula, clinómetro y/o distanciómetro (opcional), cinta métrica y decámetros de 20 y 50 metros.

Otros: botiquín de primeros auxilios, nevera en fibra para transporte de bebidas hidratantes y refrigerio.

5.2.2.9 Periodicidad para la adquisición de los datos

La composición florística y estructural del bosque de manglares se deberá evaluar mínimo con una periodicidad anual.

No obstante si a partir del análisis de información previamente colectada en campo en cuanto a la dinámica del bosque la autoridad ambiental regional considera que tiene argumentos para hacerlo en un lapso más amplio, deberá consultar ante el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible – MADS, quien en conjunto con el Instituto de investigaciones marinas y costeras “José Benito Vives De Andréis” determinará la pertinencia o no de la periodicidad propuesta por parte de la autoridad ambiental solicitante.

5.2.2.10 Fuente de los datos

La adquisición y digitación de los datos será competencia de las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (Coralina, Corpoguajira, Corpamag, CRA, Cardique, Carsucre, CVS, Corpouraba, Codechoco, CVC, CRC y Corponariño) y de las autoridades ambientales de los Grandes Centros Urbanos creadas mediante la Ley 768 de 2002 y los Establecimientos Públicos Ambientales de que trata la Ley 1617 de 2013.



A través del SIGMA se administrarán, gestionarán y custodiarán los datos colectados por las referidas autoridades ambientales, además de los colectados por otros interesados en la temática, como por ejemplo institutos de investigación, centros de investigación y universidades, entre otros.

5.2.2.11 *Disponibilidad de datos*

Para el periodo 2013 se cuenta con la información colectada por Codechoco y Corpoguajira para los pilotos de monitoreo realizados en el marco del convenio de asociación No. 103 de 2013 suscrito entre el Minambiente y ASOCARS..

Para el periodo 2013 – 2014 se cuenta con datos de unidades permanentes de monitoreo instaladas en el marco del plan de manejo de los manglares del Golfo de Tribugá, y derivada del trabajo conjunto entre la Asociación de Consejos Comunitarios General Los Riscales de Nuquí, Codechocó, la Fundación MarViva y el proyecto Bioredd+.

Para el periodo 2000 – 2014 en el marco del programa de monitoreo del complejo estuarino de la Ciénaga Grande de Santa Marta desarrollado por Corpamag e Invemar se ha monitoreado una red de parcelas permanentes de 10 unidades.

Para el lapso 2000 – 2012 Coralina cuenta con datos de composición florística y estructural para 10 unidades permanentes de monitoreo.

En el marco del proyecto manglares de Colombia se generó información para 40 unidades permanentes de monitoreo en el periodo comprendido entre 1996 y 2002.

5.2.3 Componente 2B. Regeneración natural del bosque de manglares

5.2.3.1 *Justificación*

De acuerdo con lo mencionado por Tavera, Sánchez, Ulloa, & Zamora (2005), precisar la abundancia, composición florística y calidad de los renacientes es de vital importancia en el momento de



establecer la susceptibilidad del ecosistema a los efectos derivados de las actividades y/o acontecimientos que concurren en éste.

Por ejemplo, una disponibilidad de renuevos pobre debe ser limitante de la ejecución de actividades de aprovechamiento forestal, pues a partir de ésta no se puede garantizar el continuo flujo de individuos entre las clases diamétricas. No obstante, una abundante presencia de renuevos no siempre es sinónimo de viabilidad, pues se debe tener en cuenta que especies hacen parte de ésta y la dinámica de los renacientes.

5.2.3.2 *Descripción*

En sentido amplio la regeneración natural es el proceso a través del cual aparecen nuevos individuos vegetales sin que en éste intervenga la acción directa o indirecta del hombre; y constituye el medio a través del cual las especies presentes o no, en el bosque, incrementan su representación tras la diseminación, germinación e instalación de renacientes.

La regeneración natural puede ser evaluada a partir de la composición florística, la que hace referencia a la presencia de individuos vegetales de diferentes categorías taxonómicas, para lo que se considera el nivel denominado como “especie”. La participación del taxón en la unidad de muestreo se define a partir de parámetros como: abundancia y frecuencia (a partir de la evaluación en subunidades de muestreo o registro). La composición estructural de los renacientes se relaciona con el ordenamiento en sentido vertical y horizontal de los nuevos individuos vegetales. El arreglo vertical puede ser expresado por la estratificación derivada de la clasificación en categorías de altura; y el ordenamiento horizontal por los parámetros densidad e índice de existencias. Los valores de los parámetros pueden ser referidos para la unidad de muestreo, o para cada una de las especies que se encuentran en ésta, a excepción del referido índice.

5.2.3.3 *Cobertura*

Este componente se evalúa a nivel de unidad de muestreo permanente. La información puede ser empleada para caracterizar de manera aproximada la unidad de manejo de la que hace parte. Se

espera que en el futuro haya más de una unidad de muestreo por unidad de manejo, para que a partir de éstas se puedan establecer valores promedio para cada zona de manejo.

5.2.3.4 *Limitaciones*

El proceso de regeneración natural deriva en cambios en la composición florística y estructural del conjunto de renacientes, sin que éstos necesariamente estén asociados a perturbaciones. Por ende, es importante definir umbrales a partir de los cuales se identifiquen estados “críticos” que pueden estar asociados con posibilidades limitadas para el adecuado flujo de individuos entre categorías diamétricas.

En el contexto nacional la información sobre la dinámica de la regeneración natural es escasa, solo algunos autores (Lema, Polanía, & Urrego, 2003, Sánchez, Ulloa, & Tavera, 2004, Sánchez, Ulloa, Tavera, & Gil, 2005, Tavera, 2005, Rojas, 2011 e Ibarra, y otros, 2014) han abordado estudios en relación con: tasas de mortalidad y reclutamiento, y composición florística y estructural de la regeneración natural; y en muy pocas ocasiones se relacionan éstos con las condiciones del medio. Es así como hay vacíos en el conocimiento lo que limita el discernimiento de las relaciones causales entre los cambios suscitados en la composición y estructura de la regeneración natural con perturbaciones sobre el ecosistema.

5.2.3.5 *Método de cálculo*

A nivel de unidad de muestreo se deberá estimar el parámetro de densidad por categoría de “regeneración natural”, el valor de éste debe estar dado en número de individuos por hectárea. Para este mismo nivel de análisis (unidad de muestreo) se deberá calcular por especie además del parámetro referido (densidad) los de: abundancia y frecuencia relativa, éstos en términos porcentuales.

En la Tabla 17 se relacionan las ecuaciones para la estimación de los parámetros de interés. Los cálculos de éstos serán realizados por el SIGMA, para lo cual el usuario deberá organizar la información en una plantilla, en la que se tendrán que registrar por cada renaciente los siguientes datos: especie, altura total y estado (vivo o muerto). Otra información de interés a nivel general y

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016





en relación con la unidad de muestreo deberá ser adquirida, ésta se refiere a: forma, tamaño y ubicación de la unidad de muestreo.

Tabla 17. Ecuaciones de los parámetros de interés para la definición de la composición florística y estructural de la regeneración natural

Atributo	Parámetro	Descripción	Ecuación
Unidad de muestreo	Densidad de renacientes por hectárea	Corresponde al número de renacientes (de todas las especies) en la unidad de muestreo, extrapolado a una superficie de una hectárea	$Dren = \frac{\text{No. de renacientes}}{\text{Area}_{um}} \times 10000$ Dónde: $\text{No. de renacientes}$ es el número de renacientes en la unidad de muestreo; Area_{um} es el área de la unidad de muestreo (en metros cuadrados).
	Índice de existencias de renacientes	Corresponde al nivel de ocupación de los renacientes en la unidad de muestreo, extrapolado a una superficie de una hectárea	$I\text{Eren} = \frac{Dren_a}{250.000} + \frac{Dren_b}{25.000} + \frac{Dren_c}{2.500}$
Renacientes por especies o categoría en la unidad de muestreo	Densidad de renacientes para la especie o categoría j	Corresponde al número de renacientes de la especie o categoría j registrados en la unidad de muestreo, extrapolado a una superficie de una hectárea	$Dren_j = \frac{\text{No. de renacientes}_j}{\text{Area}_{um}} \times 10000$ Dónde: $\text{No. de renacientes}_j$, es el número de renacientes de la j esima especie o categoría en la unidad de muestreo; Area_{um} es el área de la unidad de muestreo (en metros cuadrados).
	Abundancia relativa para los renacientes de la especie o categoría j (en %)	Corresponde al número de renacientes de la especie o categoría j en relación con el número total de individuos dentro de la unidad de muestreo, expresado en términos porcentuales	$Ar_j = \frac{\frac{\text{No. de renacientes}_j}{\text{Area}_{um}} \times 10000}{Dren} \times 100$ Dónde, $\text{No. de renacientes}_j$ es el número de renacientes de la j esima especie o categoría en la unidad de muestreo; D es la densidad estimada de renacientes en la unidad de muestreo; Area_{um} es el área de la unidad de muestreo.

5.2.3.6 Metodología para la adquisición de la información

Forma y tamaño mínimo de la unidad de muestreo: La adquisición de la información deberá realizarse en subunidades de muestreo de regeneración natural, las que deben tener un área mínima de un (1) metro cuadrado, la forma de éstas podrá ser circular, rectangular o cuadrada.

Por cada subunidad en la unidad de muestreo establecida para definir la composición florística y estructural del bosque de mangles se deberá instalar una de registro de información en relación con la regeneración natural.

Variables por medir: En las subunidades de muestreo de regeneración natural se deberán registrar todos los individuos con diámetro normal menor a 2,5 centímetros, medido éste a 1,3 metros del suelo, y en el caso de que exhiban raíces aéreas (genero *Rhizophora*) o fustes con contrafuertes (géneros *Pelliciera* y *Mora*) se medirá a 0,3 metros por encima de la inserción de éstas.

Cada renaciente deberá ser categorizado, para lo cual se emplearán las siguientes clases: individuos con altura total menor a 0,5 metros en la categoría “A”, con una altura total mayor a 0,5 metros y menor a 1,5 metros en la clase “B”, y renacientes con altura total mayor a 1,5 metros, pero con un diámetro normal menor a 2,5 centímetros en la denominada como “C”.

Cada individuo deberá ser identificado mediante un código único, el cual podrá ser dibujado con pintura o señalado con una etiqueta de aluminio adherida con nylon al renaciente. Para los individuos de la categoría “C” el lugar en el que se mida el diámetro normal deberá ser señalado, para lo que se sugiere se dibuje con pintura un anillo alrededor del sitio de medición, éste no deberá ser más ancho que dos centímetros por lo que se sugiere utilizar un pincel que propicie el grosor sugerido.

Una vez señalado el sitio en el que se medirá se debe esperar a que la pintura seque, para posteriormente llevar a cabo la evaluación del diámetro normal. En el caso de que el individuo exhiba ramificaciones en el lugar de medición, se deberá seleccionar la de mayor diámetro (sin olvidar que debe ser inferior a cuatro centímetros de diámetro normal).

La altura de los árboles se podrá estimar a partir de la experticia de los investigadores, o a partir del empleo de instrumentos para tal fin, como decámetro. Para la medición del diámetro normal de los renacientes de la categoría "C" se sugiere el empleo de cinta métrica, con precisión de milímetro.



La identificación de la especie se realizará a partir del conocimiento de los investigadores. En caso de desconocimiento se colectarán muestras para su determinación en laboratorio siguiendo claves taxonómicas.

Cada subunidad de muestreo para regeneración natural deberá ser referenciada en coordenadas geográficas (Datum Magna y Esferoide GRS 1980). Para el caso de las de forma circular simple se tendrá que adquirir la coordenada del centro de la parcela, para circulares compuestas las de los centros de las unidades de registro. Para las unidades rectangulares y cuadradas simples un vértice de éstas, al igual que para las cuadradas compuestas.

Materiales y equipos: Los materiales y equipos mínimos requeridos para la instalación de subunidades de muestreo de regeneración natural es: cinta biodegradable de señalización, cuerda biodegradable, pintura a base de aceite, disolvente de pintura, pinceles, placas en aluminio, nylon, libreta de campo resistente al agua, lápiz, navaja y machete. En lo que respecta a equipos corresponden a: sistema de posicionamiento global, cámara fotográfica (preferiblemente resistente al agua), brújula, clinómetro y/o distanciómetro (opcional), cinta métrica y decámetros de 20 y 50 metros.

5.2.3.7 Periodicidad para la adquisición de los datos

La regeneración natural se deberá evaluar mínimo con una periodicidad anual. La información con respecto a este componente se registrará en las actividades de establecimiento y remedición de las unidades permanentes de monitoreo de la composición florística y estructural del bosque de manglares.

5.2.3.8 Fuente de los datos

La adquisición y digitación de los datos será competencia de las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (Coralina, Corpoguajira, Corpamag, CRA, Cardique, Carsucre, CVS, Corpouraba, Codechoco, CVC, CRC y Corponariño) y de las autoridades ambientales de los Grandes Centros Urbanos creadas mediante la Ley 768 de 2002 y los Establecimientos Públicos Ambientales de que trata la Ley 1617 de 2013.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



A través del SIGMA se administrarán, gestionarán y custodiarán los datos colectados por las referidas autoridades ambientales, además de los colectados por otros interesados en la temática, como por ejemplo institutos de investigación, centros de investigación y universidades, entre otros.

5.2.3.9 *Disponibilidad de datos*

Para el periodo 2013 – 2014 se cuenta con datos de subunidades de regeneración natural instaladas en el marco del plan de manejo de los manglares del Golfo de Tribugá, y derivada del trabajo conjunto entre la Asociación de Consejos Comunitarios General Los Riscales de Nuquí, Codechocó, la Fundación MarViva y el proyecto Bioredd+.

Para el periodo 2000 – 2014 en el marco del programa de monitoreo del complejo estuarino de la Ciénaga Grande de Santa Marta desarrollado por Corpamag e Invemar se ha monitoreado una red de noventa subunidades de muestreo de regeneración natural.

5.2.4 Componente 2C. Características físicas y químicas de las aguas de los bosques de manglares

5.2.4.1 *Justificación*

De acuerdo con lo referido por Twilley & Rivera (2005) los procesos ecológicos que se dan en los humedales costeros están influenciados por los aspectos ambientales que caracterizan cada entorno particular. La interacción entre procesos geofísicos y paisajes geomorfológicos deriva en variedad de subsidios y factores de estrés.

En los manglares los principales reguladores identificados por Twilley & Rivera (2005) son: salinidad, sulfuro, pH y potencial redox; en lo que respecta a recursos refieren nutrientes, luz y espacio. Y el hidroperíodo el otro gradiente señalado por los mencionados autores está asociado con la influencia de la marea, tanto en cantidad de veces que inunda como en duración de la inundación.

Los recursos y reguladores aunados al hidroperíodo definen el desarrollo estructural y la productividad de los bosques de manglares y del ecosistema, es así como por ejemplo un manglar con

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016





reducidos niveles de salinidad, alta oferta de nutrientes, adecuada disponibilidad de luz y exposición intermedia al influjo de la marea (tanto en frecuencia como en duración) posiblemente exhiba valores máximos en biomasa y productividad neta.

Por ende, caracterizar y analizar el comportamiento de algunas de las variables relacionadas con los gradientes señalados contribuirá al entendimiento del funcionamiento del ecosistema de manglar.

5.2.4.2 *Descripción*

Cuatro son las variables objeto de análisis en la caracterización física y química de las aguas en los bosques de manglares: nivel del agua, salinidad, pH y temperatura. La primera de éstas se puede relacionar con la frecuencia y el periodo de inundación, aspectos que definen la presencia y extensión de las diferentes especies de manglares en un sitio.

La salinidad se asocia con el contenido de sales en el agua, y de acuerdo con Flores, Agraz, & Benítez (2009) tanto la superficial como la intersticial contribuye a definir la zonación de los manglares y condiciona el grado de desarrollo del bosque, restringiendo el crecimiento del arbolado cuando alcanza valores superiores a 70 unidades, los que en ocasiones puede contribuir a desencadenar la muerte de la vegetación (Citrón y Shaeffer, 1983 en Flores, Agraz, & Benítez, 2009).

A partir del comportamiento espacio temporal de la salinidad se infieren patrones de circulación y mezcla del agua, tanto para la proveniente del mar como del aporte fluvial. Es así como cuando se registran cuantías de salinidad cercanas a la unidad se pueden deducir aportes directos y constantes por parte de cuerpos de agua “dulce” (ríos, quebradas y caños), y cuando ésta alcanza valores mayores a 50 unidades se asocia a contribuciones de origen marino y posiblemente con un alto nivel de residencia (poco intercambio).

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno, a partir de la cual se define si en el medio predominan reacciones básicas o ácidas (Guevara, y otros, 1998). Con respecto a este parámetro Schnetter (1986) en Guevara, y otros (1998) señala que en manglares donde hay una importante acumulación de materia orgánica y descomposición por parte de micro organismos prevalecen condiciones ácidas, es así que cuando se evidencia una mayor actividad biológica se estiman bajos valores de pH.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016





La temperatura es una magnitud relacionada con la energía interna de un sistema. Cuantías por encima de los 38 grados centígrados pueden inducir a estados de defoliación, disminución en el tamaño de las hojas y deficiencia en el sistema de ultrafiltración de los árboles de manglares (Prahel et al., 1989 en Ulloa, y otros, 1998). Estos valores se presentan generalmente en aguas estancadas y con bajo porcentaje de cobertura arbórea, lo que facilita una mayor incidencia de los rayos del sol y por ende evaporación del agua.

5.2.4.3 Cobertura

Este componente se evalúa a nivel de unidad de muestreo permanente. La información puede ser empleada para caracterizar de manera aproximada la unidad de manejo de la que hace parte. Se espera que en el futuro haya más de una unidad de muestreo por unidad de manejo, para que a partir de ésta se puedan establecer valores promedio para cada zona de manejo.

5.2.4.4 Limitaciones

La principal limitante de este componente tiene que ver con la frecuencia de monitoreo, pues algunas de las variables de interés se ven influenciadas por aspectos climáticos, por ejemplo la salinidad tiende a disminuir en la época de mayor lluvia, por el aporte de la precipitación y de las aguas de desbordamiento de ríos y quebradas; por el contrario la temperatura del agua disminuye en la época seca, situación posiblemente asociada, en el Caribe colombiano, a los vientos Alisios los que propician un desplazamiento de la capa superficial del agua (Giraldo, 1995 en Ulloa, y otros, 1998).

De igual manera los rangos de variación para algunos de los aspectos de interés son reducidos, y en algunas oportunidades el nivel de conocimiento sobre estas fluctuaciones no permite asociar con certeza estados del ecosistema a partir de los cuales se pueden prever acciones de gestión.

Por ejemplo, Ulloa, y otros (1998) reportan que durante el monitoreo llevado a cabo desde junio de 1997 a marzo de 1998 en parcelas permanentes de crecimiento y de restauración, se registraron temperaturas promedio del agua interna de 30 y 35 grados y máximas de 38 y 41 grados centígrados,

respectivamente. Las diferencias entre las cuantías referidas son leves, situación que posiblemente no se asocie con unas características particulares del ecosistema.

5.2.4.5 Método de cálculo

A nivel de unidad de muestreo se deberán estimar por niveles (superficial e intersticial a 0,5 y 1 metro) los valores promedio para las variables de interés, éstos deben estar dados en las siguientes unidades: partes por mil para salinidad, unidades de pH para el potencial de hidrogeniones y grados centígrados en el caso de la temperatura (Tabla 18). En relación con el nivel del agua se reportará la cuantía estimada en centímetros.

Tabla 18. Ecuación para estimar el promedio de los valores del parámetro de interés en relación con las condiciones físicas y químicas de las aguas de los bosques de manglares

Atributo	Parámetro	Descripción	Ecuación
Unidad de muestreo	Promedio para la variable y nivel de interés	Corresponde al promedio de la iésima variable de interés (salinidad, conductividad eléctrica y temperatura) en el jésimo nivel de análisis (superficial, intersticial a 0,5 metros e intersticial a 1 metro)	$\bar{v}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^3 v_{ijk}}{3}$ <p>Dónde: v_{ijk} es el valor de la medición para la iésima variable en el jésimo nivel.</p>

5.2.4.6 Metodología para la adquisición de la información

La adquisición de información en relación con las condiciones físicas y químicas de las aguas de los bosques de manglares se debe realizar en las unidades de muestreo establecidas para la caracterización de la composición florística y estructural del bosque, las que como fue referido pueden ser circulares, rectangulares o cuadradas y simples o compuestas. De no existir éstas se puede seleccionar un sitio representativo del lugar, y materializar una unidad de registro de 10 por 10 metros.

En el caso de parcelas simples circulares se deberán distribuir tres puntos de muestreo en el área de ésta, para las rectangulares se tendrá que seleccionar una unidad de registro y en ésta disponer los mencionados sitios de interés. Pero si la unidad de muestreo es compuesta (circular o cuadrada)

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



convendrá escoger una de las subunidades para llevar a cabo la asignación de los lugares objeto de evaluación.

Una vez identificados los puntos en los que se medirán los parámetros de interés, se procederá a la señalización de éstos, para lo que se marca con pintura el árbol más cercano y se codifica con un número del uno al tres. En cada punto y con un pequeño recipiente de plástico se toma una muestra del agua superficial, a la cual in situ se le estiman los parámetros definidos empleando para tal fin un equipo multiparamétrico. Una vez adquirida y procesada la información se continúa con la evaluación de las variables en el agua intersticial, a 0,5 y 1 metro de profundidad.

Para esto se pueden introducir en el sedimento dos tubos de PVC (de una y media y una y un cuarto de pulgada) acoplados uno dentro del otro, los que llevan una punta de madera en el extremo posterior y seguida a ésta una banda con orificios, lo que facilita enterrar la herramienta a la profundidad deseada y el ingreso del agua intersticial, de acuerdo con lo referido por Ibarra, y otros (2014). En el mencionado instrumento se deben señalar las profundidades de interés, 0,5 y 1 metro.

Introducida la mencionada herramienta a una profundidad de 0,5 metros se espera a que se acumule un poco de agua, para luego con la sonda del equipo medir los parámetros a evaluar. Posterior se retiran los tubos y contiguo al lugar perforado se vuelve a introducir la herramienta esta vez a un metro, y se obra como en el caso anterior. Procedimiento que se repite en los otros dos sitios seleccionados. El nivel del agua se mide con una regla o cinta métrica en un lugar representativo de la altura de la lámina de agua.

5.2.4.7 Periodicidad para la adquisición de la información

Las características físicas y químicas de las aguas de los bosques de manglares se deberán evaluar mínimo con una periodicidad anual, el muestreo tendrá que realizarse en la época de menor precipitación con el objeto de registrar las variables en las condiciones más extremas del año.

No obstante, si la autoridad ambiental requiere de información más frecuente, podrá llevar a cabo la evaluación de las variables de interés con una periodicidad semestral o trimestral, siempre y cuando uno de los muestreos contemple la época de menor precipitación.



5.2.4.8 *Fuente de los datos*

La adquisición y digitación de los datos será competencia de las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (Coralina, Corpoguajira, Corpamag, CRA, Cardique, Carsucre, CVS, Corpouraba, Codechoco, CVC, CRC y Corponariño) y de las autoridades ambientales de los Grandes Centros Urbanos creadas mediante la Ley 768 de 2002 y los Establecimientos Públicos Ambientales de que trata la Ley 1617 de 2013.

A través del SIGMA se administrarán, gestionarán y custodiarán los datos colectados por las referidas autoridades ambientales, además de los colectados por otros interesados en la temática, como por ejemplo institutos de investigación, centros de investigación y universidades, entre otros.

5.2.4.9 *Disponibilidad de datos*

Por parte de Corpoguajira, entre septiembre y noviembre del 2013, en cuatro unidades de muestreo y con una periodicidad quincenal se evaluaron las variables físicas y químicas del agua del manglar, actividades realizadas en el contexto del piloto de monitoreo desarrollado en el marco del convenio de asociación No. 103 de 2013 suscrito entre el Minambiente y ASOCARS.

En sesenta unidades de muestreo instaladas con la concurrencia de las autoridades ambientales regionales se cuenta con una medición de las variables de interés para el periodo del 2014, actividad adelantada en el marco del convenio interadministrativo No. 190 de 2014 entre el Minambiente y el Invemar.

Para el periodo 1995 – 2014 en el contexto del programa de monitoreo del complejo estuarino de la Ciénaga Grande de Santa Marta desarrollado por Corpamag e Invemar se han monitoreado semestralmente cinco estaciones de interés.

En el marco del proyecto manglares de Colombia se generó información para 16 unidades permanentes de monitoreo en el Pacífico colombiano en el periodo comprendido entre septiembre de 1997 y febrero de 1998, y en 19 estaciones del Caribe entre junio de 1997 y marzo de 1998.

5.2.5 Componente 2D. Dinámica de las coberturas de los ecosistemas de manglar

5.2.5.1 Justificación

De acuerdo con lo referido por Twilley & Rivera (2005) el ecosistema de manglar ha sido objeto de decisiones que han propiciado la pérdida de extensas áreas de éstos, algunas relacionadas con la adecuación para actividades de acuacultura, agricultura y desarrollo urbano. Por otro lado, la alteración de la dinámica hídrica y de la calidad del agua (por nutrientes, metales pesados, derrames de aceites y pesticidas entre otros) han derivado en el deterioro del ecosistema.

Colombia no es ajena a la problemática referida, pues en el documento del Minambiente (2002) se menciona que los tres principales desarrollos que han derivado en impactos negativos sobre el ecosistema de manglar son: construcción de obras civiles, avance de la frontera urbana y desarrollo de la acuicultura.

A partir de los datos compilados por FAO (2005) se estima en Colombia una tasa anual de pérdida para el ecosistema de manglar, entre las décadas de 1980 y 2000, cercana a una unidad porcentual, y de acuerdo con la información referida por Invemar (1997) e Invemar (2014) se calcula por año una disminución próxima al 1,5%, entre 1996 y 2010.

Como lo refiere Tavera (2010) la cobertura vegetal constituye la matriz estructurante del ecosistema de manglar, por ende, la pérdida del bosque puede propiciar el detrimento de algunos de los componentes de éste y comprometer la capacidad de resiliencia y su estabilidad, además de limitar las posibilidades de provisión de bienes del manglar para las comunidades que tradicionalmente se han relacionado con el ecosistema.

5.2.5.2 Descripción

La cobertura corresponde a la cubierta que se observa sobre la superficie de la tierra, esta última en sentido amplio de acuerdo con lo referido por Di Gregorio (2005). La dinámica se refiere a los cambios suscitados en un periodo de interés para una unidad de cobertura objeto de análisis, y que pueden estar asociados a procesos de pérdida, ganancia o situaciones de estabilidad.



En el caso específico de las unidades observables para el ecosistema de manglar se precisa que la de interés para el análisis de dinámica en el SIGMA será la de “*bosques de manglares*” la que abarca las siguientes clases: denso y alto, denso y bajo, abierto y alto y abierto y bajo. Es importante señalar que ésta es considerada en la clasificación propuesta por el Ideam (2010) bajo la categoría denominada como “*manglar denso alto*”.

Entre otras unidades que pueden ser objeto de identificación y de ser necesario de análisis, están: tejido urbano continuo y discontinuo, herbazal denso inundable arbolado o no arbolado, helechal, zonas arenosas naturales (playas, arenas y dunas), áreas húmedas costeras (pantanos costeros, salitral, sedimentos expuestos en bajamar), ríos, lagunas costeras, esteros, ensenadas y estanques para acuicultura marina, siempre y cuando estén asociadas con el ecosistema de manglar.

Este nivel de asociación podrá estar relacionado con dos aspectos. Uno, el interés de la autoridad ambiental en conocer la dinámica de otras unidades de cobertura cercanas al “*bosque de manglares*”, escenario en el podrá incluir cuantas unidades de cobertura considere pertinente y bajo los límites que haya establecido para tal fin (posiblemente los asociados a la unidad ambiental costera – UAC en su jurisdicción).

Y otro podrá estar definido por los criterios de: vecindad con la cobertura “*bosques de manglares*” y la proporción del área de la unidad de cobertura adyacente con respecto a la extensión de la unidad de interés. Es así como una unidad podrá ser de interés si exhibe una adyacencia con la cobertura de “*bosques de manglares*” en más del 50% de su perímetro, y si su extensión no es superior a la de la unidad objeto de análisis, de acuerdo con lo referido por Tavera (2014).

5.2.5.3 Cobertura

Este componente se evalúa a nivel de jurisdicción de la autoridad ambiental regional (corporación autónoma regional o de desarrollo sostenible) y de los departamentos administrativos ambientales, con competencia en los ecosistemas de manglar.



5.2.5.4 *Limitaciones*

La escala de trabajo y consecuentemente la unidad mínima cartografiable, constituyen variables que pueden limitar el análisis en relación con la dinámica de las coberturas de los ecosistemas de manglar, pues algunos cambios suscitados en éstas pueden no ser identificados a las escalas de trabajo propuestas (1:50.000 para los manglares del Pacífico colombiano, 1:25.000 para los del Caribe y 1:5.000 para los insulares).

Por ejemplo, para el caso de los manglares del Caribe la unidad mínima a cartografiar debe ser de 1,5 hectáreas y los cambios a registrar (por perdida o ganancia) tendrán que ser iguales o mayores a un área de 0,3 hectáreas, lo que significa que sitios intervenidos (por cambio de uso del suelo) con una extensión menor no serán objeto de registro.

De igual manera es importante señalar que la periodicidad propuesta para el monitoreo de este componente puede constituir un limitante, pues el lapso considerado no puede propiciar acciones de respuesta inmediata por parte de las autoridades ambientales.

5.2.5.5 *Método de cálculo*

Para la unidad de cobertura “bosque de manglares” se deberá estimar el cambio neto, y disgregar por los atribuibles a pérdidas y ganancias, éstos analizados en hectáreas y porcentajes (en relación con el área inicial objeto de análisis); también se deberá referenciar la extensión (en hectáreas y porcentaje) que permaneció estable. En la Tabla 19 se relacionan las ecuaciones a emplear en las estimaciones de interés.

5.2.5.6 *Metodología para la adquisición de la información*

La metodología por emplear corresponde a una adaptación de la propuesta por Ideam, IGAC y Cormagdalena (2008) denominada como Corine Land Cover Colombia – CLCC. Contempla la interpretación visual de productos de sensores remotos, especialmente de tipo óptico, como los derivados de Landsat (en sus diferentes misiones), Aster, Spot, Alos, Radip Eye, Quick Bird, Ikonos y Ultra Cam D, entre otros. La escala de producción y de interpretación, la unidad mínima a



cartografiar y mínima de cambio identificable, se relacionan en la Tabla 20, aspectos que son variables en relación con la región del país considerada.

Tabla 19. Ecuaciones de los parámetros de interés para la definición de la dinámica de la unidad de cobertura “bosque de manglares”

Atributo	Parámetro	Descripción	Ecuación
Unidad de cobertura “bosques de manglares”	Cambio medio anual neto	Corresponde a la diferencia entre el área de la cobertura de interés al inicio del lapso considerado y el área de ésta al final del periodo evaluado, en hectáreas y anualizada	$Cn_i = \frac{A_{i,t_1} - A_{i,t_0}}{t_1 - t_0}$ Dónde: A_{i,t_1} es el área al final del periodo considerado para la unidad de cobertura de interés, A_{i,t_0} es el área al inicio del periodo considerado para la unidad de cobertura de interés, t_1 , es el año al final del periodo considerado y t_0 , es el año al comienzo del periodo de interés
	Pérdida media anual en hectáreas	Corresponde a la sumatoria de las áreas que en el periodo inicial eran bosque de mangle y en el periodo final pasaron a otras categorías de cobertura, con respecto al número de años en el periodo considerado.	$P_{mai} = \frac{\sum_i^n A_{i \rightarrow j}}{t_1 - t_0}$ Dónde: $A_{i \rightarrow j}$, es el área de la i ésima unidad de cobertura que al inicio del periodo considerado era bosque de mangle y al final del lapso de interés no, t_1 , es el año al final del periodo considerado y t_0 , es el año al comienzo del periodo de interés.
	Pérdida porcentual media anual	Es el porcentaje de área, con respecto a la extensión inicial, en el que disminuyó la unidad de cobertura de bosque de mangle por un cambio en el uso del suelo, en el periodo de interés y anualizado	$P\%_{ma} = \frac{P_{mai}}{A_{i,t_0}} \times 100$ Dónde: P_{mai} , es la pérdida media anual en hectáreas para la unidad de interés y A_{i,t_1} es el área al comienzo del periodo considerado para la unidad de interés



Continuación Tabla 19. Ecuaciones de los parámetros de interés para la definición de la dinámica de la unidad de cobertura “bosque de manglares”

Atributo	Parámetro	Descripción	Ecuación
Unidad de cobertura “bosques de manglares”	Ganancia media anual en hectáreas	Corresponde a las sumatoria de las áreas que en el periodo inicial no eran bosque de mangle y en el periodo final pasaron a bosque de mangle, con respecto al número de años en el periodo considerado	$G_{ma} = \frac{\sum_j^n A_{j \rightarrow i}}{t_1 - t_0}$ Dónde: $A_{j \rightarrow i}$, es el área de la i ésima unidad de cobertura que al final del periodo considerado era bosque de mangle y al inicio del lapso de interés no, t_1 , es el año al final del periodo considerado y t_0 , es el año al comienzo del periodo de interés
	Ganancia porcentual media anual	Es el porcentaje de área, con respecto a la extensión inicial, en el que aumentó la unidad de cobertura de bosque de mangle en el periodo de interés y anualizado	$G\%_{ma} = \frac{G_{ma}}{A_{i,t_0}} \times 100$ Dónde: G_{ma} , es la ganancia media anual en hectáreas para la unidad de interés y A_{i,t_0} es el área al comienzo del periodo considerado para la unidad de interés

Tabla 20. Aspectos a tener en cuenta para la generación de mapas de cobertura para los ecosistemas de manglar

Aspectos de interés	Región		
	Manglares Insulares	Manglares del Caribe	Manglares del Pacífico
Escala mínima de producción	1:5.000	1:25.000	1:50.000
Escala mínima interpretación en pantalla	1:1.250	1:6.250	1:12.500
Unidad mínima cartografiable (en hectáreas)	0,0625	1,5625	6,25
Unidad mínima de cambio identificable (en hectáreas)	0,0125	0,3125	1,25
Insumos para el proceso de interpretación visual	Quick Bird, Ikonos y UltraCam D	Spot, RadipEye, Alos y Aster	Aster y Landsat



El primer paso de la metodología consiste en definir el origen de los datos satelitales a emplear, para lo cual se deberán considerar entre otros factores los siguientes: tamaño del pixel del producto, características radiométricas del sensor, vida útil de la misión y posibilidad de sustitución de los productos seleccionados.

Con respecto al tamaño del pixel se puede referir que será adecuado entre 15 y 30 metros para escalas de producción iguales o mayores a 1:50.000, entre 5 y 10 metros si se requieren mapas a 1:25.000, y entre 1 y 2,5 metros en el caso de pretender obtener productos a escala 1:5.000.

En lo referente a la resolución radiométrica es preciso que se consideren sensores con las bandas verde (0,5 a 0,6 nanómetros), rojo (0,6 a 0,7 nanómetros) e infrarrojo cercano (0,8 a 1,2 nanómetros) y medio (2,5 a 50 micrómetros), pues éstas habitualmente son empleadas en el análisis de vegetación.

La vida útil de la misión y la posibilidad de sustitución de la fuente de información deben ser evaluadas, pues el propósito de este componente del SIGMA es contar con datos en el largo plazo, para lo cual se debe garantizar una fuente permanente de productos que puedan ser empleados en el cumplimiento del propósito establecido.

Una vez seleccionados y adquiridos los productos del sensor de interés, éstos deberán ser preprocesados para lo cual se llevará a cabo la corrección geométrica y radiométrica. El objetivo de la primera de éstas es disminuir las posibles distorsiones en la geometría de los datos (derivadas de las características del sensor y la interacción entre la geometría de la órbita del satélite y la forma de la superficie terrestre de acuerdo con lo mencionado por Toutin, 2001 en Lencinas, 2011) y en el otro la eliminación de distorsiones producidas por el sensor, la atmósfera y/o la topografía (Richter, 2007 citado en Lencinas, 2011).

En el proceso de corrección geométrica se deberán reposicionar los píxeles desde su ubicación original a una grilla de referencia específica referida a un sistema de coordenadas cartográfico, en este caso al denominado como GCS MAGNA (Datum Magna y Esferoide GRS 1980). Para tal fin se tendrá que emplear cartografía base, imágenes procesadas provenientes de otros sensores con mayor resolución, y en algunas ocasiones puntos de control de campo, además de modelos digitales de elevación. Las características de estos insumos deberán estar acordes con el producto a corregir.



En relación con la corrección radiométrica se deberán emplear modelos digitales de elevación para compensar las diferencias de iluminación dadas por la forma del terreno (aunque posiblemente este no sea un efecto marcado en las áreas de manglar, por establecerse en relieve planos); en lo que respecta a la influencia atmosférica se pueden emplear datos del estado de ésta al momento de la captura o algoritmos que permitan disminuir tal influencia.

Los productos corregidos del primer periodo de análisis constituirán la fuente a partir de la cual se procesarán geométricamente los futuros insumos a emplear en el análisis de la dinámica de las coberturas (para períodos anteriores o posteriores), aspecto que garantizará un desplazamiento mínimo entre imágenes ortorectificadas.

Con los insumos preprocesados se procederá a la clasificación visual de las unidades de cobertura, para lo cual un intérprete capacitado y con conocimiento del área de estudio reconocerá el patrón espacial y espectral, la forma, el tamaño y patrones espaciales característicos de un conjunto de pixeles similares (Tucker et al., 1984 citado en Lencinas, 2011), criterios a partir de los cuales podrá deslindar y categorizar unidades de cobertura de interés.

Cada una de las unidades identificadas debe ser codificada siguiendo la leyenda propuesta por Ideam (2010), además se tendrán que referir para ésta los atributos relacionados en la Tabla 21. Los resultados del proceso de interpretación convendrá verificarlos en campo, para lo cual se podrán programar visitas a los sitios en donde existan dudas sobre la categorización propuesta, la información colectada in situ se empleará para el ajuste de las unidades de cobertura de interés. Posteriormente se debe verificar la consistencia topológica, garantizando que no existan polígonos multiparte, adyacentes con el mismo código y sobreposiciones o huecos. Finalmente, y si el proceso se ha llevado a cabo por sectores se deberán empalmar éstos garantizando la continuidad temática.

El primer mapa de unidades de cobertura generado para un periodo de interés constituirá la base para la producción de los mapas de otras épocas (anteriores o posteriores) a considerar. Por lo cual no se realizará un nuevo proceso de interpretación, sino la reinterpretación de las unidades de cobertura, para lo que se sugiere seguir la metodología propuesta por Martin & Aguilar (2010).

Los atributos a considerar para cada unidad de cobertura en el proceso de reinterpretación serán los referidos en la Tabla 21, además se deberá incluir uno nuevo en relación al origen del cambio, de acuerdo con la siguiente codificación: 1, si el polígono fue revisado y no presento cambio alguno,

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



2, cuando el polígono se ha modificado porque se evidencia un cambio en la cobertura por una modificación en la categorización o en la geometría de éste, 3, si el polígono se actualiza por una inconsistencia evidente en el mapa de cobertura base, 4, cuando el polígono se actualiza por una mejor resolución del insumo empleado, y 5, si el polígono se revisó pero no fue actualizado por la presencia de nubes o sombras de éstas.

Tabla 21. Atributos por considerar para cada uno de los polígonos identificados de las coberturas de interés

Atributo	Descripción	Tipo de dato	Observación
Código	Codificación correspondiente a la clase temática en la leyenda del mapa de cobertura (de acuerdo con Ideam, 2010)	Entero largo	Obligatorio
Insumo	Imagen fuente con la cual se realizó la interpretación de cada uno de los polígonos	Texto de quinientos caracteres	Obligatorio. Se referencia indicando el path y row del producto de interés y la fecha de adquisición (en formato año, mes y día), si se emplean más de dos insumos éstos van separados con coma.
Apoyo	Recursos en los cuales el intérprete se apoyó para asignar el código de la cobertura al polígono, por ejemplo, fotografía aérea, imagen de otro sensor, inventario de campo y verificación de campo, entre otros	Texto de quinientos caracteres	Opcional
Confiabilidad	Representa el grado de certeza del polígono interpretado	Texto de dos caracteres	Obligatorio. Se diligencia con sí o no dependiente de certeza del intérprete al momento de codificar el polígono de interés

A partir de dos o más mapas de cobertura, para la jurisdicción de la autoridad ambiental, se podrá llevar a cabo el proceso de análisis de dinámica. Se identificarán los cambios suscitados para lo cual se hará la “unión” de las bases de datos, y se incluirán dos nuevos atributos, uno en el que se almacene el código de la cobertura inicial y el código de la cobertura final (separados por algún carácter), y otro en el que se establezca el tipo de cambio, a saber estable (cuando al comienzo y al final del periodo el polígono estaba codificado como “bosque de manglares”), perdida (cuando al comienzo del periodo el polígono estaba referido como “bosque de manglares” y al final no) y ganancia



(en el caso de que al final del periodo el polígono este codificado como “*bosque de mangle*” y al inicio no).

A partir de la identificación de estos cambios se podrán estimar los parámetros referidos en la Tabla 19, que corresponden a los mínimos a reportar. Otros análisis de interés se podrán llevar a cabo, por ejemplo: definir hacia que coberturas está cambiando el “*bosque de manglares*”, a expensas de que unidades se propician ganancias, e identificar lugares activos de pérdida de “*bosque de mangle*” (si en áreas adyacentes en uno o más períodos se evidencian procesos de pérdida), entre otros análisis que sean de interés por parte de la autoridad ambiental competente.

5.2.5.7 Periodicidad para la adquisición de la información

La dinámica de las coberturas del ecosistema de manglar se deberá evaluar con una periodicidad quinquenal en el caso de los años subsiguientes (a saber 2015, 2020 y 2025), y para períodos posteriores cada década (2010, 2000, 1990 y 1980).

No obstante, es importante señalar que la frecuencia referida no permitirá identificar y atender presiones por cambio de uso del suelo de manera temprana, por lo cual se sugiere que las autoridades ambientales que requieren información frecuente empleen a nivel de referencia la generada en el marco del sistema de “*Alertas tempranas de deforestación para Colombia*” (Ideam, 2013 e Ideam, 2014), y validen ésta en el contexto local.

5.2.5.8 Fuente de los datos

La adquisición de los insumos, el pre y procesamiento de éstos para obtener los mapas de cobertura de la tierra para los períodos de interés será competencia de las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (Coralina, Corpoguajira, Corpamag, CRA, Cardique, Carsucré, CVS, Corpouraba, Codechoco, CVC, CRC y Corponariño) y de las autoridades ambientales de los Grandes Centros Urbanos creadas mediante la Ley 768 de 2002 y los Establecimientos Públicos Ambientales de que trata la Ley 1617 de 2013.

A través del SIGMA se administrará, gestionará y custodiará la información generada por las referidas autoridades ambientales.

5.2.5.9 Disponibilidad de datos

Para los períodos 2000 y 2010 se cuenta con información generada por Codechoco para los municipios de Nuquí y Bajo Baudó en el contexto de los pilotos de monitoreo llevados en el marco del convenio de asociación No. 103 de 2013 suscrito entre el Minambiente y ASOCARS.

Para los períodos 2001, 2003, 2007, 2009, 2011 y 2013 en el marco del programa de monitoreo del complejo estuarino de la Ciénaga Grande de Santa Marta adelantado por Corpamag e Invemar se han construido mapas de cobertura de la tierra para el área referida (Ibarra, y otros, 2014).

Desde el año 2000 y hasta el 2013 y de manera anualizada se cuenta con información de coberturas para el sector de la Bahía de Cispatá, generada por Invemar (Invemar, 2014).

Zambrano & Rubiano (1996 a y b) en el marco del proyecto “*Conservación y manejo para el uso múltiple y desarrollo de los manglares en Colombia*” adelantaron los estudios “*Mapas del bosque de manglar en la costa Pacífica Colombiana, años 1969, 1996 y multitemporal*” y “*Mapa de los bosques de manglar en el Caribe colombiano*”.

5.2.6 Componente 3A. Gestión para la conservación de los ecosistemas de manglar

5.2.6.1 Justificación

De acuerdo con lo referido por Invemar (2014) “*la zona costera es un espacio complejo donde se generan importantes procesos ecológicos, económicos e institucionales que requieren una planificación y manejo enfocado a conciliar*” el uso que allí se da con la conservación de los ecosistemas, y por ende de los bienes y servicios que éstos brindan.

En el marco de la “*Política nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia*” (Minambiente, 2001) y bajo el amparo de los

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



lineamientos del enfoque ecosistémico se formuló el *"Programa para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en Colombia"* (Minambiente, 2002).

En éste con una visión temporal de largo plazo (año 2025) se propuso como objetivo general el *"Adelantar acciones para lograr el uso sustentable de los ecosistemas de manglar de Colombia, procurando la participación directa y permanente de las comunidades asociadas a éstos, considerándolos como espacio de vida a través de la conservación y restauración de los mismos y el fortalecimiento de la generación de alternativas productivas, sociales, económicas y ecológicamente adecuadas"* (Minambiente, 2002).

El mencionado instrumento de política está estructurado en once subprogramas, a saber: zonificación de las áreas de manglar, planificación para conservación y uso sostenible, áreas protegidas, investigación, participación ciudadana, educación para la conservación y capacitación, restauración y restablecimiento de áreas alteradas y deterioradas de manglares, proyectos productivos piloto, actualización y aplicación de normas sobre manglares, sistema de información sobre manglares, fortalecimiento institucional, y seguimiento de acciones nacionales (Minambiente, 2002).

En evaluación realizada por el Minambiente en lo referente al avance de la implementación del programa nacional, se pudieron identificar adelantos y retrasos en el cumplimiento de los objetivos y metas propuestas (Moreno, 2011), es así que se precisó la necesidad de formular un plan de acción para el periodo 2014 – 2019 con el objeto de dinamizar el mencionado instrumento de política, éste se concibió con la concurrencia de las autoridades ambientales y la participación de otros actores con interés en el ecosistema de manglar (Villamil, 2013).

La gestión adelantada por las diferentes instituciones de carácter gubernamental en torno a los manglares debe estar enmarcada en el mencionado programa y plan de acción, es así como el reporte de las actividades que se llevan a cabo por parte de cada una de las autoridades ambientales regionales contribuirá a develar los progresos en pro del objetivo trazado, la conservación de este ecosistema.

5.2.6.2 Descripción

La gestión “ambiental” es entendida como el conjunto de acciones que se realizan, en el marco de un sistema, de forma consciente y dirigida por parte de la sociedad para propiciar la conservación (a través de la recuperación, la preservación y/o el uso sostenible) de un recurso, ecosistema y/o territorio, y por ende el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades que se relacionan con éste.

Es así como es un proceso dinámico el que se ajusta en la medida en que se avanza, de acuerdo con las circunstancias que procedan y los resultados que se vayan alcanzando.

En el país las acciones de gestión en torno a los ecosistemas de manglar están estructuradas en el “Programa para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en Colombia” (Minambiente, 2002) y en el conjunto de normas en relación al ordenamiento de éste, entre las que se pueden referir las resoluciones 0721 del 31 de julio de 2002 (Minambiente, 2002), 0924 del 16 de octubre de 1997 (Minambiente, 1997), 020 del 9 de enero de 1996 (Minambiente, 1996) y 1602 del 21 de diciembre de 1995 (Minambiente, 1995), entre otras.

En el marco del proceso de gestión ambiental normado por el estado (Congreso de Colombia, 1993) el Minambiente es el encargado de “*coordinar el sistema nacional ambiental... para asegurar la adopción y ejecución de políticas y de los planes, programas y proyectos respectivos... en relación con el medio ambiente y con el patrimonio natural de la nación*”; y las autoridades ambientales regionales y locales de ejecutar los mencionados instrumentos de política, además de “*dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento (en lo que respecta a medio ambiente y recursos naturales renovables)*”.

En conclusión, la estructura de subprogramas concebida en el mencionado instrumento de política constituye una plataforma adecuada para dar cuenta de la gestión ambiental en torno al ecosistema de manglar, la que de acuerdo con el enfoque seguido en el ordenamiento de éste deberá precisarse a nivel de unidad de planificación y por parte de cada una de las autoridades ambientales regionales con jurisdicción en este ecosistema.



5.2.6.3 Cobertura

Este componente se evalúa a nivel de unidad de manejo. Los reportes de gestión se pueden agregar a nivel de jurisdicción de la autoridad ambiental regional y a nivel de país.

5.2.6.4 Limitaciones

La principal limitación tiene que ver con el grado de desagregación requerido, pues la información debe ser reportada a nivel de unidad de manejo, esto en concordancia con el proceso de planificación adoptado en el país. Algunas acciones de gestión pueden ser de carácter regional y contribuir en la consolidación del ordenamiento de varias unidades de manejo, en este caso se tendrá que registrar como si fueran acciones independientes, y estimar la inversión por cada área de interés.

5.2.6.5 Método de cálculo

Seis son los atributos que caracterizan las acciones de gestión de la autoridad ambiental regional, a saber: nombre de la acción, participantes en la acción, fecha de inicio y de finalización, descripción de la acción, subprograma en el que se enmarca e inversión en la acción e inversión (Rodríguez A. , González, Rodríguez, Rodríguez, & Rodríguez, 2014); cada uno de éstos se describe en la Tabla 10.

5.2.6.6 Metodología para la adquisición de la información

Los datos para el diligenciamiento de las acciones de gestión pueden ser recabados en los informes (periódicos y/o finales) de ejecución de los proyectos desarrollados en el periodo de interés. Para que tal labor se más expedita para el funcionario encargado del reporte en el SIGMA, se podrá requerir a la persona jurídica o natural encargada de la acción de gestión un producto adicional en el que dé cuenta de las principales características en torno a la acción llevada a cabo, las que obviamente tendrán que ver con los atributos establecidos en el acápite anterior.

Tabla 22. Atributos para caracterizar las acciones de gestión en torno al ecosistema de manglar

A nivel de	Atributo	Descripción
Unidad de manejo	Nombre de la acción	Se refiere de manera resumida el nombre de la acción desarrollada por parte de la autoridad ambiental regional. Alusiones en relación con el lugar geográfico donde se llevó a cabo la acción se pueden obviar, pues ésta es reportada para una unidad de manejo definida geográficamente en el proceso de zonificación de los manglares.
	Participantes en la acción	Se refieren los actores que participaron en el desarrollo de la acción de gestión, tanto los de orden institucional, como privado y comunitario. No se limita a describir quien ejecuto el proyecto sino también cuales fueron los beneficiarios de éste.
	Fecha de inicio y de finalización	Se relacionan las fechas de comienzo y culminación de la acción de gestión llevada a cabo en torno al ecosistema de manglar. El formato es día, mes y año.
	Descripción de la acción	Se reseñan de manera resumida los objetivos propuestos, los productos conseguidos y los resultados derivados de la acción de gestión implementada en torno al ordenamiento de los ecosistemas de manglar. Se describen las fortalezas y las dificultades en la implementación de la acción. Se pueden incluir testimonios de los beneficiarios.
	Subprograma en el que se enmarca	Se selecciona (n) el (los) subprograma (s) en el (los) que se enmarca la acción de gestión llevada a cabo.
	Inversión	Se estima la inversión realizada, ésta en términos de pesos para el año de la inversión.

5.2.6.7 Periodicidad para la adquisición de la información

La información en torno a la gestión de los ecosistemas de manglar se debe recabar anualmente, lo que significa que al comienzo del año se tendrá que haber reportado el total de las acciones realizadas desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre del año inmediatamente anterior.

No obstante, es importante señalar que el reporte en el SIGMA se pudo realizar en el transcurso del año, en la medida en que vayan finalizando las acciones de gestión, siempre y cuando la información de los atributos definidos para caracterizar éstas este completa. En el caso de que la acción cobije dos o más periodos de reporte se podrán realizar registros parciales, los cuales se tendrán que completar en la medida en que se avanza en la implementación de la acción.



5.2.6.8 *Fuente de datos*

La adquisición y digitación de los datos será competencia de las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (Coralina, Corpoguajira, Corpamag, CRA, Cardique, Carsucre, CVS, Corpouraba, Codechoco, CVC, CRC y Corponariño) y de las autoridades ambientales de los Grandes Centros Urbanos creadas mediante la Ley 768 de 2002 y los Establecimientos Públicos Ambientales de que trata la Ley 1617 de 2013.

A través del SIGMA se administrarán, gestionarán y custodiarán los datos colectados por las referidas autoridades ambientales, además de los colectados por otros interesados en la temática, como por ejemplo institutos de investigación, centros de investigación y universidades, entre otros.

5.2.6.9 *Disponibilidad de datos*

En el documento de Moreno (2011) se reportan las acciones de gestión desarrolladas por las autoridades ambientales regionales en el marco del *“Programa para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en Colombia”*.

La contraloría general de la República entre el 2011 y 2012 llevó a cabo la *“Evaluación del programa nacional de uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar”* identificando las acciones de gestión adelantadas por cada una las autoridades ambientales con competencia en el tema (Contraloría general de la Republica, 2012).

Los informes de gestión anual de las autoridades ambientales regionales pueden constituir una fuente de datos para el reporte de acciones llevadas a cabo en torno a los ecosistemas de manglar.



6 Bibliografía

- Acevedo, D., & Flórez, G. (Enero - Junio de 2016). Estudio de los instrumentos normativos de ordenamiento ambiental del municipio de Turbo (Antioquia), en el marco de la políticas de ordenamiento ambiental de Colombia. *Luna Azul*(42), 167 - 184.
- Agraz, C. (1999). *Reforestación experimental de manglares en ecosistemas lagunares estuarinos de la costa noroccidental de México*. Monterrey.
- Ballou, T., & Lewis, R. (1989). Environmental Assessment and restoration recommendations for a mangrove forest affected by jet fuel. En *Oil Spill Conference (Prevention, Behavior, Control, Cleanup) proceedings* (págs. 407 - 412).
- Barrera, J., & Valdés, C. (2007). Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universitas Scientiarum*, 12(Evolución Especial II), 11.
- Benítez, D. (2003). *Creación de áreas de manglares en islas de dragados como apoyo potencial a las pesquerías en la Bahía de Navachiste, Sinaloa, México*. Mazatlán.
- Berger, U., Adams, M., Grimm, V., & Hildenbrandt, H. (2005). Modelling secondary succession of neotropical mangroves: causes and consequences of growth reduction in pioneer species. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematic*(7), 243-252.
- Berkers, F., & Folke, C. (1994). *Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. Discussion Papers*. Stockholm, Sweden.
- Bosire, J., Dahdouh, F., Walton, M., Crona, B., Lewis, R., Field, C., . . . Koedam, N. (2008). Functionality of restored mangroves: a review. *Aquatic Botany*(89), 251–259.
- Bravo, H. (1998). *Diversidad cultural y manglares del Pacífico colombiano*. (H. Sánchez, & R. Alvarez, Edits.) Bogotá.
- Bravo, H. (1998). *Diversidad cultural y manglares del Pacífico colombiano*. (H. Sánchez, & R. Alvarez, Edits.) Bogotá.



Brockmeyer, R., Rey, J., Virnstein, R., Gilmore, R., & Earnest, L. (1997). Rehabilitation of impounded estuarine wetlands by hydrologic reconnection to the Indian River Lagoon, Florida (USA). *Wetlands Ecology and Management*, 2(4), 93 - 109.

Cardenas, A., & Godoy, D. (2008). *Estrategias de comunicación, basado en un diagnostico empresarial en The Natural Source*. Bogotá.

Carpenter, S., Pingali, P., Bennett, E., & Zurek, M. (2005). *Ecosystems and human well - being: scenarios, Volume 2*. Washington.

CCCN Bazán - Bocana, CVC y MarViva. (2012). *Plan de manejo de los manglares de la reserva natural especial Bazán - La Bocana, Departamento del Valle de Cauca*. Bogotá.

Chapman, V. (1975). Mangrove biogeography. En G. Gainsville, S. Snedaker, & H. Teas, *Procedement International Symposium On Biology and Management of Mangroves* (págs. 3-22). Gainsville.

Cintrón, G., & Schaeffer, Y. (1983). *Introducción a la ecología del manglar*. Uruguay.

Clough, B. (1993). *he Status and Value of Mangrove Forest in Indonesia, Malaysia and Thailand: Summary. The Economic and Environmental Values of Mangrove Forest and Their Present State of Conservation in The South – East Asia / Pacific Region*.

Clough, B., Anrews, T., & Cowan, I. (1982). Physiological processes in mangroves. En B. Clough, *Mangrove Ecosystems in Australia: Structure, Function and Management*. Canberra.

Congreso de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993 “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos renovables, se organiza el sistema nacional ambiental – SINA y se dictan otras”*. Bogotá.

Contraloría general de la Republica. (2012). *Informe del estado de los recursos naturales y del ambiente, 2011* . Bogotá.



Corbin, J., & Holl, K. (2012). Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest Ecology and Management*(265), 37 – 46.

Corporación y UDEA. (2012). *Actualización de la zonificación y ajustes al plan de manejo del ecosistema de manglar en jurisdicción de Corporación*. Apartadó.

Corte Constitucional. (2000). *Sentencia C-1340/00 Demanda de inconstitucionalidad contra los artículos 64, 65 y 66 de la Ley 99 de 1993*. Bogotá.

Corte Constitucional. (2000). *Sentencia C-994/00 Demanda de inconstitucionalidad contra los artículos 39 parcial y 41 parcial de la Ley 443 de 1998*. Bogotá.

Cortés, J., & Estupiñán, L. (2016). *Las huellas del agua. Propuesta metodológica para identificar y comprender el límite de los humedales de Colombia*. Bogotá.

Crona, B., Holmgren, S., & Rönnbäck, P. (2006). Re-establishment of epibiotic communities in reforested mangroves if Gazi Bay, Kenya. *Wetlands Ecology Management*(14), 527 - 538.

CVC. (2001). *Zonificación, caracterización y ordenación de los manglares vallecaucanos*. Cali.

Di Gregorio, A. (2005). *Sistema de clasificación de la cobertura de la tierra. Conceptos de clasificación y manual para el usuario, versión 2 del programa*. Roma.

Ecopetrol. (2003). *Metodología evaluación de Impactos ambientales y valoración de riesgos*. Bogotá.

Elzinga, C., Salzer, D., & Willoughby, J. (1998). *Measuring and monitoring plant populations. Bureau of Land Management Technical Reference*. Denver.

English, S., Wilkerson, C., & Basker, V. (1997). *Survey manual for tropical marine resources*. Townsville.

Ensminger, C. (1997). *Apoyo de la regeneración natural de una vegetación de manglares degradada. Repercusiones de obras hidráulicas en el Canal Clarín, Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia)*. Eschborn.



Fajardo, M. (2009). *Valoración económica de los ecosistemas de manglar del Pacífico Vallecaucano*. Cali.

Fajardo, M. (2009). *Valoración económica de los ecosistemas de manglar del Pacífico Vallecaucano*. Cali.

FAO. (2005). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005, estudio temático sobre manglares Colombia perfil nacional*. Roma.

Flores, F., Agraz, C., & Benítez, D. (2009). Creación y restauración de ecosistemas de manglar: principios básicos. En P. Casasola, E. Peresbarbosa, & A. Travieso, *Estrategia para el manejo costero integral* (págs. 1093 - 1110). México D.F.

Flores, F., Casasola, P., Agraz, C., López, H., Benítez, D., & Travieso, A. (2007). La topografía y el hidroperíodo: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. *Boletín Sociedad Botánica México*(80), 33-47.

Florida Groundwater Services. (1995). *Phase I Environmental Site Assessment Cross Bayou Parcel, Pinellas Park, FL*. Tampa.

Garay, J., Betancourt, J., Ramírez, G., Marín, B., Cadavid, B., Panizzo, L., ... Franco, A. (2003). *Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos: aguas, sedimentos y organismos*. Santa Marta.

García, M. (2007). *Plan de manejo integrado de los manglares de la Isla de San Andrés, excluyendo el manglar del parque regional de Old Point*. San Andrés.

Getter, C., Cintron, G., Dicks, B., Lewis, R., & Seneca, E. (1984). The recovery and restoration of salt marshes and mangroves following oil spills. En J. Cairns, & A. Buikema, *Restoration of habitats impacted by Oil Spills* (págs. 65 - 113). Boston.

Gil, W., Fonseca, G., Restrepo, J., Figueroa, P., Gutiérrez, L., Gómez, G., . . . Segura, C. (2009). *Ordenamiento ambiental de los manglares de la Alta, Media y Baja Guajira*. Santa Marta.



Gómez, M., Licero, L., Perdomo, L., Rodríguez, A., Romero, D., Ballesteros, D., . . . Ricaurte, C. (2015). *Portafolio "Áreas de arrecifes de coral, pastos marinos, playas de arena y manglares con potencial de restauración en Colombia"*. Santa Marta.

Gómez, M., Licero, L., Rodríguez, J., Romero, D., Ballesteros, D., Gómez, D., . . . Alonso, D. (2014). *Asistir técnicamente en la implementación de los productos de restauración y monitoreo de ecosistemas marinos costeros: Identificación de las áreas potenciales de restauración ecológica*. Santa Marta.

Guevara, O., Sánchez, H., Murcia, G., Bravo, H., Pinto, F., & Álvarez, R. (1998). *Conservación y uso sostenible de los manglares del Pacífico Colombiano*. Bogotá.

Herrera, J. (2012). *Rehabilitación de manglares en el estado de Yucatán sometidos a diferentes condiciones hidrológicas y nivel de impacto: el caso de Celestún y Progreso*. Mérida.

Hoff, R. (2002). *Oil Spills in Mangroves: planning and response considerations*. National Oceanic and atmospheric administration-office of response and restoration.

Holguín, M., Bonilla, P., Pupo, A., Lezaca, J., Rodríguez, I., & Rodríguez, T. (2006). *Guía metodológica para la formulación de proyectos ambientales escolares: Un reto más allá de la escuela*. Bogotá.

Ibarra, K., Gómez, M., Viloria, E., Arteaga, E., Quintero, M., Cuadrado, I., . . . Rueda, M. (2014). *Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las coberturas vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta*. Santa Marta.

Ideam. (2010). *Leyenda Nacional de coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Bogotá.

Ideam. (2013). *Reporte de alertas tempranas de deforestación para Colombia, Sistema de monitoreo de bosques y carbono para Colombia. No. 1, Octubre 2013*. Bogotá.

Ideam. (2014). *Reporte de alertas tempranas de deforestación para Colombia, Sistema de monitoreo de bosques y carbono para Colombia. No. 2, Abril 2014*. Bogotá.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



Calle 37 No. 8 - 40
Comutador (571) 3323400
www.minambiente.gov.co
Bogotá, Colombia

Ideam. (2015). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá.

Ideam y otros. (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. Bogotá.

Ideam, IGAC y Cormagdalena. (2008). *Mapa de cobertura de la tierra Cuenca Magdalena – Cauca, Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000*. Bogotá.

Invemar. (1997). *Informe nacional sobre el estado de biodiversidad en Colombia, ecosistemas marinos y costeros*. Santa Marta.

Invemar. (2010). *Potencial productivo de las poblaciones naturales de la piangua Anadara tuberculosa y Anadara similis dentro de una perspectiva espacio - temporal en la costa Pacífica colombiana*. Santa Marta.

Invemar. (2013). *onvenio interadministrativo MADS – INVEMAR formulación e implementación de medidas que contribuyan al manejo sostenible de los recursos y ecosistemas marinos y costeros de Colombia*. Santa Marta.

Invemar. (2014). *Elementos técnicos y generación de capacidad para el ordenamiento, conservación y manejo de los espacios y recursos marinos, costeros e insulares de Colombia*. Santa Marta.

Invemar. (2014). *Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2013*. Santa Marta.

Invemar. (2017). *CPT - CAM - 012 - 17 Concepto técnico Tipo "D" Insumos técnicos para el análisis del cambio de zonificación en los manglares asociados a la desembocadura del río Dagua, Buenaventura - Valle del Cauca*. Santa Marta.

Invemar y ANH. (2013). *Manual de Métodos de Ecosistemas Marinos y Costeros con Miras a Establecer Impactos Ambientales*. Santa Marta.

Invemar y CVC. (2007). *Monitoreo de los manglares del Valle del Cauca y fauna asociada con énfasis en las aves y especies de importancia económica (cangrejo azul y piangua)*. Buenaventura.

Invemar y CVC. (2007). *Monitoreo de los manglares del Valle del Cauca y la fauna asociada con énfasis en las aves y especies de importancia económica como la piangua y el cangrejo azul*. Buenaventura.

Invemar, TNC, CI y UAESPNN. (2009). *Informe Técnico: Planificación ecorregional para la conservación in situ de la biodiversidad marina y costera en el Caribe y Pacífico continental colombiano*. Santa Marta.

Kamali, B., & Hashim, R. (2011). Mangrove restoration without planting. *Ecological Engineering*(37), 387 - 391.

Krauss, K., Lovelock, C., McKee, K., López, L., Ewe, S., & Sousa, W. (2008). Environmental drivers in mangrove establishment and early development: A review. *Aquatic Botany*(89), 105 - 127.

Kusek, J., & Rist, R. (2005). *Manual para gestores del desarrollo. Diez pasos hacia un sistema de seguimiento y evaluación basado en resultados*. Washington D.C.

Lee, S., Primavera, J., Guebas, F., McKee, K., Bosire, J., Cannicci, S., . . . Record, S. (2014). Ecological role and services of tropical mangrove ecosystems: a reassessment. *Global Ecology and Biogeography*, 726 - 743.

Lema, L., Polanía, J., & Urrego, J. (2003). Dispersión y establecimiento de las especies de mangle del Río Ranchería en el período de máxima fructificación. *Revista de la academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales*, XXVIII(102), 94 - 104.

Lencinas, J. (2011). *Tecnología geomática para la evaluación de bosques nativos en Patagonia*. Chubut.

Lewis, R. (1998). Management and restoration of mangrove forests in Puerto Rico, The US Virgin Islands, and Florida, USA. En I. d. Tabasco, *Memorias* (págs. 319 - 342). Tabasco.

Lewis, R. (1999). *ime zero report For the Cross Bayou mangrove restoration site, Pinellas Country, Florida*. The Cross Bayou Project Review Group. Florida.



Lewis, R. (1999). Key concepts in successful ecological restoration of mangrove forests. En *TCE-Workshop No. II, Coastal Environmental Improvement in Mangrove/ Wetland Ecosystems* (págs. 19 - 32). Bangkok.

Lewis, R. (2004). *Time Zero plus 60 months report for the Cross Bayou Mangrove Restoration site, Pinellas County, Florida*. Florida.

Lewis, R., & Brown, B. (2014). *Ecological mangrove rehabilitation: A field manual for practitioners*.

Lewis, R., & Streever, B. (2000). *Restoration of mangrove habitat, WRP Technical Notes Collection (ERDC TN-WRP-VN-RS-3.2)*. Vicksburg.

Lugo, A., Sell, M., & Snedaker, S. (1973). Mangrove ecosystems analysis. En S. Snedaker, & A. Lugo, *The role of mangrove ecosystems in the maintenance of environmental quality and a high productivity of desirable fisheries*. Florida.

Martin, C., & Aguilar, D. (2010). *Metodología para la actualización del mapa de coberturas de la tierra, CLCC. Documento de trabajo, segunda versión*. Bogotá.

McKee, K. (1993). Soil physicochemical patterns and mangrove species distribution - reciprocal effects. *Journal Ecology*(81), 477 - 487.

McKee, K., & Faulkner, P. (2000). Restoration of biogeochemical function in mangrove forests. *Restoration Ecology*(8), 247 – 259.

Menéndez, L., & Guzmán, J. (2006). *Ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano: Estudios y experiencias enfocados a su gestión*. La Habana.

Minambiente, ARAP, CI Wetlands International y PNUD. (2017). *Restauración de manglares: ¿ensembrar o no sembrar?* Ciudad de Panamá, Panamá.

Minambiente. (1995). *Resolución 1602 del 21 de diciembre de 1995 “Por medio de la cual se dictan medidas para garantizar la sostenibilidad de los manglares en Colombia”*. Bogotá.

Minambiente. (1996). *Resolución 020 del 9 de enero de 1996 “Por medio de la cual se aclara la Resolución No. 1602 del 21 de diciembre de 1995 y se dictan otras disposiciones”*. Bogotá.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



Minambiente. (1997). *Resolución 0924 del 16 de octubre de 1997 "Por la cual se establecen términos de referencia para estudios sobre estado actual y propuestas de zonificación de las áreas de manglar en Colombia"*. Bogotá.

Minambiente. (1997). *Resolución 0924 del 16 de octubre de 1997 "Por medio de la cual se establecen términos de referencia para estudios sobre estado actual y propuestas de zonificación de las áreas de manglar en Colombia"*. Bogotá.

Minambiente. (1997). *Resolución 257 del 26 de marzo 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"*. Bogotá.

Minambiente. (1997). *Resolución 257 del 26 de marzo 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"*. Bogotá.

Minambiente. (2001). *Política nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia*. Bogotá.

Minambiente. (2002). *Programa nacional, uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar*. Bogotá.

Minambiente. (2002). *Programa nacional, uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar*. Bogotá.

Minambiente. (2002). *Programa nacional, uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar*. Bogotá.

Minambiente. (2002). *Resolución 0721 del 31 de julio de 2002 "Por la cual se emite pronunciamiento sobre los estudios y propuestas de zonificación en áreas de manglares presentados por las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible y se adoptan otras"*. Bogotá.

Minambiente. (2006). *Resolución 196 del 1 de febrero de 2006 "Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia"*. Bogotá.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016

Minambiente. (2008). *Resolución 857 del 28 de mayo de 2008 "Por medio de la cual se modifica la Resolución 0721 del 31 de julio de 2002, modificada por la Resolución 696 del 19 de abril de 2006 y se toman otras determinaciones"*. Bogotá.

Minambiente. (2012). *Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad*. Bogotá.

Minambiente. (2012). *Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos - PNGIBSE*. Bogotá.

Minambiente. (2014). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, POMCAS*. Bogotá.

Minambiente. (2015). *Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible"*. Bogotá.

Minambiente. (2016). *Resolución 1478 del 12 de septiembre de 2016 "Por medio de la cual se aprueba y actualiza la zonificación de los manglares de la unidad Ciénaga de Mallorquín, ubicada en jurisdicción de la CRA y se adoptan otras determinaciones"*. Bogotá.

Minambiente. (2017). *Resolución 0768 del 17 de abril de 2017 "Por la cual se adopta la guía técnica para la ordenación y manejo integrado de la zona costera"*. Bogotá.

Moore, R., Miller, P., Albright, D., & Tieszen, L. (1972). Comparative gas exchange characteristics of three mangroves species during the winter. *Photosynthetica*(7), 387-394.

Moreno, E. (2011). *Evaluación acciones desarrolladas. Programa para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en Colombia*. Bogotá.

Pérez, I. (2007). Factores que condicionan la regeneración natural de especies leñosas en un bosque mediterráneo del sur de la Península Ibérica. *Ecosistemas*(16), 131 - 136.

Prahl, H., Cantera, J., & Contreras, R. (1990). *Manglares y hombres del Pacífico colombiano*. Bogotá.

Prahl, H., Castaño, A., Brando, J., Cantera, J., Ocampo, P., Machado, J., & Ríos, G. (1989). *Manglares*. Bogotá.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



Primavera, J., & Esteban, J. (2008). A review of mangrove rehabilitation in the Philippines: successes, failures and future prospects. *Wetland Ecology Management*.

Rangel, O., Petter, L., & Aguilar, M. (1997). *Colombia Diversidad Biótica II. Tipos de vegetación en Colombia*. Bogotá.

Ren, H., Jian, S., Lu, H., Zhang, Q., Shen, W., Han, W., . . . Guo, Q. (2008). Restoration of mangrove plantations and colonisation by native species in Leizhou bay, South China. *Ecological Restoration*, 401-407.

Ren, H., Lu, H., Shen, W., Huang, C., Guo, Q., Li, Z., & Jian, S. (2009). Sonneratia apetala Buch.Ham in the mangrove ecosystems of China: An invasive species or restoration species? *Ecological Engineering*(35), 1243 - 1248.

Ren, H., Wu, X., Ning, T., Huang, G., Wang, J., Jian, S., & Lu, H. (2011). Wetland changes and mangrove restoration planning in Shenzhen Bay, Southern China. *Landscape Ecology Enginner*(7), 241-250.

Riley, R., & Salgado, C. (1999). Riley encased methodology: principles and processes of mangrove habitat creation and restoration. *Mangrove and Salt Marshes*(3), 207-213.

Rodríguez, A., González, D., Bohórquez, J., Bejarano, H., Ospino, M., Rodríguez, M., & Perdomo, L. (2013). *Generar capacidad en las CAR en el manejo del sistema de información ambiental. Sistema de información para la gestión de los manglares en*. Santa Marta.

Rodríguez, A., González, D., Rodríguez, R., Rodríguez, J., & Rodríguez, M. (2014). *Manual del sistema de información para la gestión de los manglares de Colombia, SIGMA – V 2.0, versión preliminar*. Santa Marta.

Rodríguez, A., Nivia, J., & Garzón, J. (2004). Características estructurales y funcionales del manglar de Avicennia germinans en la Bahía de Chengue, Caribe Colombiano. *Boletín de investigaciones marinas y costeras*(33), 223 - 244.

Rojas, A. (2011). *Ánálisis espacial de los bosques de mangle, la regeneración natural y las variables fisicoquímicas en la zona deltaico estuarina del Río Sinú, Caribe colombiano*. Santa Marta.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



Saenger, P., Gartside, D., & Funge, S. (2013). *A review of mangrove and seagrass ecosystems and their linkage to fisheries and fisheries management*. Bangkok.

Samson, M., & Rollon, R. (2008). Growth Performance of planted mangroves in the Philippines: revisiting forest management strategies. *Ambio*, 4(37), 234 - 240.

Sánchez, H., & Alvarez, R. (1998). *Diversidad cultural y manglares del Pacífico colombiano*. Bogotá.

Sánchez, H., Ulloa, G., & Tavera, H. (2004). *Manejo integrado de los manglares por comunidades locales, Caribe de Colombia*. Bogotá.

Sánchez, H., Ulloa, G., Tavera, H., & Gil, W. (2005). *Plan de manejo integral de los manglares de la zona de uso sostenible del sector estuarino de la Bahía de Cispatá, Departamento de Córdoba, Colombia*. Bogotá.

Schaeffer, Y., & Cintrón, G. (1986). *Guía para estudios de áreas de manguezal: estrutura, função e flora*. São Paulo.

Serrada, R. (2003). Regeneración natural: situaciones, concepto y evaluación. *Cuadernos sociedad especialista ingenieros forestales*(15), 11 - 15.

Snedaker, S., & Pool, D. (1973). Mangrove forest types and biomass. En S. Snedaker, & A. Lugo, *The role of mangrove ecosystems in the maintenance of environmental quality and a high productivity of desirable fisheries* (págs. 1-13). Florida.

Sociedad portuaria Delta del Río Dagua S.A. (2014). *Estudio de impacto ambiental. Terminal marítimo Delta del Río Dagua*. Cali.

Sociedad portuaria Delta del Río Dagua S.A. (2016). *Respuesta al Auto 4106 del 28 de septiembre de 2015 - ANLA Expediente LAV 0051-00-15 Estudio de impacto ambiental*. Cali.

Solano, O., Ruiz, C., García, C., Villamil, C., Vega, D., Cortés, F., . . . Sáenz, H. (2011). *Plan de Seguimiento y Monitoreo de la Zona Deltaico Estuarina del Río Sinú (Noviembre 2000 a Diciembre de 2010)*. Santa Marta.

Spalding, M., Blasco, F., & Field, C. (1997). *World Mangrove Atlas*. Japón.

F-E-SIG-23 Versión 2 Vigencia 14/03/2016



Steer, R., Arias, F., Ramos, A., Sierra, P., Alonso, D., & Ocampo, P. (1997). *Documento base para la elaboración de la "Política Nacional de Ordenamiento Integrado de las Zonas Costeras Colombianas"*. Santa Marta.

Stevenson, N., Lewis, R., & Burbridge, P. (1999). Disused Shrimp Ponds and Mangrove Rehabilitation. En *An International Perspective on Wetland Rehabilitation* (págs. 277 - 297).

Swain, E., & James, D. (2008). nverse modeling of surface-water discharge to achieve restoration salinity performance measures in Florida Bay, Florida. *Journal of Hydrology*(351), 188-202.

Tavera, H. (2010). *Documento síntesis: caracterización, diagnóstico y zonificación de los manglares en el Departamento de Nariño*. Bogotá.

Tavera, H. (2014). *Documento de análisis que aporte a la construcción y ajuste del protocolo final para el monitoreo de ecosistemas de manglar en Colombia, Segundo informe*. Bogotá.

Tavera, H. (2014). *Lineamientos nacionales para el monitoreo de ecosistemas de manglar en Colombia*. Bogotá.

Tavera, H., Sánchez, H., Ulloa, G., & Zamora, A. (2005). *Plan de manejo de los manglares de la zona de uso sostenible de la Ciénaga de la Caimanera, Sucre, Colombia*. Bogotá.

Thampanya, U., Vermaat, J., & Duarte, C. (2003). Colonization success of common Thai mangrove species as a function of shelter from water movement. *Marine Ecology Progressse*, 111 – 120.

Toledo, G., Rojas, A., & Bashan, Y. (2001). Monitoring black mangrove restoration with nursery-reared seedlings on an arid coastal lagoon. *Hydrobiologia*(444), 101 - 109.

Tomlinson, P. (1986). *The botany of mangroves*. New York.

Turner, R., & Lewis, R. (1997). Hydrologic restoration of coastal wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 2(4), 65 - 72.



- Twilley, R., & Rivera, V. (2005). Developing performance measures of mangrove wetlands using simulation models of hydrology, nutrient, biogeochemistry, and community dynamics. *Journal of coastal research*(40), 79 - 93.
- Ulloa, G., Sánchez, H., Gil, W., Pino, J., Rodríguez, H., & Álvarez, R. (1998). *Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe Colombiano*. Bogotá.
- Unesco. (2010). *Procesos de erosión – sedimentación en cauces y cuencas*.
- Universidad del Magdalena y CRA. (2014). *Definición de la ronda hídrica de la Ciénaga de Mallorquín y formulación del plan de manejo de manglares en el departamento del Atlántico*. Barranquilla.
- Universidad del Pacífico y CVC. (2015). *Monitoreo del ecosistema de manglar - Informe final*. Buenaventura.
- USGS. (2003). *Effects of hydrology on Red Mangrove Recruits*.
- Valle, A., Osorno, A., & Gil, D. (2011). Estructura y regeneración del bosque de manglar de la Ciénaga de Choló, Isla Barú, Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, Caribe colombiano. *Boletín de investigaciones marinas y costeras*, 1(40), 115 - 130.
- Vargas, O., Reyes, S., Gómez, P., & Díaz, J. (2010). *Guías técnicas para la restauración ecológica de ecosistemas*. Bogotá.
- Vegh, T., Jungwiwatthanaporn, M., Pendleton, L., & Murray, B. (2014). *Mangrove Ecosystem Services Valuation: State of the Literature*. Durham.
- Vieira, C., Tavera, H., Rincón, C., Rentería, E., & Murillo, E. (2014). *Plan de manejo de los manglares del Golfo de Tribugá*. Bogotá.
- Vilardy, S. (2016). Metodologías para evaluar criterios sociales, económicos e institucionales. En J. Cortés, & L. Estupiñán, *Las Huellas del agua. Propuesta metodológica para identificar y comprender el límite de los humedales de Colombia* (págs. 253 - 296). Bogotá.



Villamil, C. (2013). *Plan de acción 2014 – 2019 del programa para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en Colombia*. Bogotá.

Villamil, C. (2014). *Lineamientos nacionales para la restauración de ecosistemas de manglar y justificación técnica*. Bogotá.

Walters, B. (1997). Human ecological questions for tropical restoration: experiences from planting native upland trees and mangroves in the Philippines. *Forestry Ecology and Management*(99), 275 - 290.

Windevoxhel, N. (1994). Valoración económica de los manglares: demostrando la rentabilidad de su aprovechamiento sostenible. *Revista Forestal Centroamericana*, 18 - 26.

Yuan-Lee, H., & Shu-Shin, S. (2004). Impacts of vegetation changes on the hydraulic and sediment transport characteristics in Guandu mangrove wetland. *Ecological engineering*(23), 85 - 94.

Zambrano, C., & Rubiano, D. (1996). *Memoria de los mapas de los bosques de manglar del Caribe colombiano. Informe técnico 11*. Bogotá.

Zambrano, C., & Rubiano, D. (1996). *Memoria de los mapas de los bosques de manglar del Pacífico colombiano: 1969, 1996 y multitemporal. Informe técnico 8*. Bogotá.

Zen, H. (2007). *Ingeniería biológica: Manual técnico*.