

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 pérdidas 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 estructura 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 mangles,
- (2B) regeneración natural del bosque de mangles,
- (2C) características físicas y químicas de las aguas de los bosques de mangles
- (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 Invermar 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 mangles, 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 proveniente 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.

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



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

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 <i>i</i> -ésima actividad o acontecimiento en relación con el ecosistema de manglar de la <i>j</i> -ésima unidad de manejo	$IA_{ij} = m_{ij} + r_{ij} + t_{ij} + e_{ij} + d_{ij} + rv_{ij}$ Dónde: m_{ij} es la magnitud de la <i>i</i>-ésima actividad en la <i>j</i>-ésima unidad de manejo; r_{ij} es la resiliencia; t_{ij} es la tendencia; e_{ij} es la extensión; d_{ij} es la duración; y rv_{ij} es la reversibilidad.
	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	$NA_j = \sum_{i=1}^n IA_{ij}$ Dónde: IA_{ij}, es la importancia ambiental de la <i>i</i>-ésima actividad o acontecimiento en relación con el ecosistema de manglar de la <i>j</i>-ésima unidad de manejo.

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

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

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

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

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 recabada 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 mangles

5.2.2.1 Justificación

La determinación de las características florísticas y estructurales del bosque de mangles 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 mangles 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 mangles 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.

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

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 mangles

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	$D = \frac{No. de individuos}{Area_{um}} \times 10000$ 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	$AB = \frac{\pi \times \sum_i^n DAP_i^2}{40000 \times Area_{um}} \times 10000$ 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).

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

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

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	$D_j = \frac{No. de individuos_j}{Area_{um}} \times 10000$ Dónde: <i>No. de individuos</i> es el número de individuos de la especie j en la unidad de muestreo; <i>Area_{um}</i> 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	$AB_j = \frac{\pi \times \sum_{ij} DAP_{ij}^2}{40000 \times Area_{um}} \times 10000$ Dónde: π es la constante pi; <i>DAP</i> es el diámetro del tronco del individuo i de la especie j; <i>Area_{um}</i> 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	$Ar_j = \frac{\frac{No. de individuos_j}{Area_{um}} \times 10000}{D} \times 100$ Dónde, <i>No. de individuos_j</i> es el número de individuos de la especie j en la unidad de muestreo; <i>D</i> es la densidad estimada en la unidad de muestreo; <i>Area_{um}</i> 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	$Dr_j = \frac{\frac{\pi \times \sum_{ij} DAP_{ij}^2}{40000 \times Area_{um}} \times 10000}{AB} \times 100$ Dónde: π es la constante pi; <i>DAP</i> es el diámetro del tronco del individuo i de la especie j; <i>Area_{um}</i> es el área de la unidad de muestreo; <i>AB</i> 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 mangles

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 mangles 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 mangles 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 mangles en el consejo comunitario de Juradó, (d y e) Julio de 2014. Vista panorámica de los mangles 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.

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



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

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 distanciometro, 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 coleccionarán 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



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

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 distanciometro (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 mangles 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 Andrés” 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 Riscals 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 mangles

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

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



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

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	$Dren = \frac{No.de\ renacientes}{Area_{um}} \times 10000$ Dónde: <i>No.de renacientes</i> es el número de renacientes en la unidad de muestreo; <i>Area_{um}</i> 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	$IEren = \frac{Dren_a}{250.000} + \frac{Dren_b}{25.000} + \frac{Dren_c}{2.500}$
Renacientes por especies o categoría en la unidad de muestreo	Densidad de renacientes para la especie o categoría <i>j</i>	Corresponde al número de renacientes de la especie o categoría <i>j</i> registrados en la unidad de muestreo, extrapolado a una superficie de una hectárea	$Dren_j = \frac{No.de\ renacientes_j}{Area_{um}} \times 10000$ Dónde: <i>No.de renacientes_j</i>, es el número de renacientes de la <i>j</i>-ésima especie o categoría en la unidad de muestreo; <i>Area_{um}</i> es el área de la unidad de muestreo (en metros cuadrados).
	Abundancia relativa para los renacientes de la especie o categoría <i>j</i> (en %)	Corresponde al número de renacientes de la especie o categoría <i>j</i> en relación con el número total de individuos dentro de la unidad de muestreo, expresado en términos porcentuales	$Ar_j = \frac{\frac{No.de\ renacientes_j}{Area_{um}} \times 10000}{Dren} \times 100$ Dónde, <i>No.de renacientes_j</i>, es el número de renacientes de la <i>j</i>-ésima especie o categoría en la unidad de muestreo; <i>D</i> es la densidad estimada de renacientes en la unidad de muestreo; <i>Area_{um}</i> 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.

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

La identificación de la especie se realizará a partir del conocimiento de los investigadores. En caso de desconocimiento se coleccionarán 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 distanciometro (opcional), cinta métrica y decímetros 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 remediación de las unidades permanentes de monitoreo de la composición florística y estructural del bosque de mangles.

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



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

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, Codehocó, 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 mangles

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 hidropériodo 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 hidropériodo definen el desarrollo estructural y la productividad de los bosques de mangles y del ecosistema, es así como por ejemplo un manglar con

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



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

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 mangles: 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 mangles 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 mangles 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



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

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 mangles (Prahl 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 mangles

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

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 mangles 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 mangles 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 acuicultura, 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.

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



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

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 mangles*” 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, arenales 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 mangles*”, 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 mangles*” 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 mangles*” 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 pérdida 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 mangles*” 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 mangles”

Atributo	Parámetro	Descripción	Ecuación
Unidad de cobertura “bosques de mangles”	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.	$P_{ma_i} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{i \rightarrow j}}{t_1 - t_0}$ 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	$P\%_{ma} = \frac{P_{ma_i}}{A_{i_{t_0}}} \times 100$ Dónde: P_{ma_i}, 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 mangles”

Atributo	Parámetro	Descripción	Ecuación
Unidad de cobertura “bosques de mangles”	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 iésima 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	$G\%_{ma} = \frac{G_{ma_i}}{A_{i_{t_1}}} \times 100$ Dónde: G_{ma_i}, es la ganancia 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

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 atmosfera 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.

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



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

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 relieves 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 periodos 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 píxeles 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 Martín & 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 presentó 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 mangles”), perdida (cuando al comienzo del periodo el polígono estaba referido como “bosque de mangles” 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 mangles*”, 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 periodos 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 periodos 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 periodos de interés 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 administrará, gestionará y custodiará la información generada por las referidas autoridades ambientales.

5.2.5.9 Disponibilidad de datos

Para los periodos 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 periodos 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



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

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 puede 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 cubiera 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 de 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.