

PROTOCOLO INDICADOR

Condición Tendencia Bosques de Manglar (ICT_{BM})

INDICADORES DE MONITOREO BIOLÓGICO DEL
SUBSISTEMA DE ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS (SAMP)



INDICADORES DE MONITOREO BIOLÓGICO DEL SUBSISTEMA DE ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS (SAMP)

PROCOLO INDICADOR Condición Tendencia Bosques de Manglar (ICT_{BM})

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SUBSISTEMA DE ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS EN COLOMBIA

Proyecto COL75241

PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EL CARIBE SUROCCIDENTAL

Proyecto GRT/FM-11865-CO





Directivos Invermar

Director General
Francisco A. Arias Isaza

Subdirector de Coordinación Científica (SCI)
Jesús Antonio Garay Tinoco

Subdirectora Administrativa (SRA)
Sandra Rincón Cabal

Coordinadora de Investigación e Información para Gestión Marina y Costera (GEZ)
Paula Cristina Sierra Correa

Coordinador Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)
David A. Alonso Carvajal

Coordinadora Programa Geociencias Marinas y Costeras (GEO)
Constanza Ricaurte Villota

Coordinadora Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)
Luisa Fernanda Espinosa

Coordinador Programa de Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos y Costeros (VAR)
Mario Rueda Hernández

Coordinador de Servicios Científicos (CSC)
Julían Mauricio Betancourt Pórtela



Directivos del Proyecto

Directora Damcra-MADS
Elizabeth Taylor

Directora General PNN
Julia Miranda Londoño

Director General CVS
José Fernando Tirado

Director General Codechoco
Teófilo Cuesta Borja

Director Ejecutivo Conservación Internacional
Fabio Arjona

TNC Colombia - Director para el norte de los Andes y sur de Centroamérica
Julio Carcamo

Director General Marviva
Jorge Jiménez

Representante para Colombia WWF
Mary Lou Higgins

Director Ejecutivo Patrimonio Natural
Francisco A. Galán Sarmiento

Director del Proyecto
Francisco A. Arias Isaza

Grupo Núcleo Coordinador
Francisco A. Arias Isaza
David A. Alonso Carvajal
Paula Cristina Sierra Correa
Ángela C. López Rodríguez



Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

Directivos CORALINA

Director General Coralina
Durcey Alison Stephens Lever

Subdirector Mares y Costas
Erick Richard Castro González

Subdirectora Gestión Ambiental
Opal Marcela Bent Zapata

Subdirectora Jurídica
Farina Sarmiento del Río

Secretario General
Pacheco Gordon Bryan

Jefe Control Interno
William Austin Archbold

Cítese como: Navarrete-Ramírez, S. M., A. M. Rodríguez-Rincón. 2014. Protocolo Indicador Condición Tendencia Bosques de Manglar (ICT_{BM}). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). Invermar, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del Invermar No. 67, Santa Marta. 40 p.

Palabras claves: Bosques de manglar, condición tendencia, integridad biótica, monitoreo, indicadores, Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP).

Nota aclaratoria de límites: Las líneas de delimitación presentadas en los mapas son una representación gráfica aproximada, con fines ilustrativos y no expresan una posición de carácter oficial. El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invermar) no asume ninguna responsabilidad sobre interpretaciones cartográficas que surjan a partir de éstas.

Obra completa: Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP)

ISBN Obra completa: 978-958-8448-66-4

Volumen: Protocolo Indicador Condición Tendencia Bosques de Manglar (ICT_{BM})

ISBN Volumen: 978-958-8448-69-5

La versión digital de esta publicación está disponible en nuestro sitio web como obra independiente con ISBN 978-958-8448-70-1

Diseño y diagramación: John Khatib, Carlos González (ediprint.com.co)

Impresión: Ediprint Ltda.

Créditos fotográficos: Programa BEM Invermar

Revisión de estilo: Carolina María Vázquez-Zapata.

Se imprimen 500 ejemplares. Octubre de 2014
© Derechos reservados según la ley, los textos pueden ser reproducidos total o parcialmente citando la fuente.

Invermar. Playa Salguero, El Rodadero. Santa Marta (Colombia)

Tel: (57) (5) 4328600

www.invermar.org.co

Reconocimiento al grupo de colaboradores

El proceso de construcción y elaboración del presente protocolo, contó con la participación y orientación de expertos nacionales, con amplia experiencia en el conocimiento de los bosques de manglar del país. Reconocemos el gran aporte que hicieron y agradecemos a ellos toda su contribución:

Carlos Villamil. Invemar.

Laura Perdomo. Invemar.

Catalina Gómez Cubillos. Invemar.

Diana Isabel Gómez-López. Invemar.

David A. Alonso Carvajal. Invemar.

Erick Richard Castro González. Coralina.

Nacor Bolaños. Coralina.

Giovanna Peñalosa. Coralina.

Carlos Ballesteros. Coralina.

David Acevedo Valencia. Coralina.

Luis Alberto Guerra. Coralina.

Martha Inés García. Coralina.

Rebeca Franke. Parques Nacionales Naturales. Dirección Territorial Caribe.

Vanburen Ward Bolívar. Parques Nacionales Naturales. PNN Old Providence McBean Lagoon.

Carlos Mauricio Herrera. Parques Nacionales Naturales. Nivel Central.

Claudia Marcela Sánchez. Parques Nacionales Naturales. Nivel Central.

Evelyn Paola Moreno. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.



PRESENTACIÓN

Como parte de los compromisos adquiridos por Colombia en el marco de los proyectos “Diseño e implementación del subsistema de áreas marinas protegidas en Colombia” y “Protección de la biodiversidad en el Caribe suroccidental”, co-financiados con recursos del GEF, y ejecutados por Invemar y Coralina respectivamente, se aunaron esfuerzos con el fin de diseñar y consolidar protocolos de monitoreo para los objetos de conservación más importantes dentro de las diferentes AMP del país. Estos protocolos parten de la experiencia alcanzada en Colombia en los últimos 15 años como el Sistema de Monitoreo de Arrecifes Coralinos (Simac), Red de Monitoreo de la Calidad de aguas marinas y costeras (REDCAM), Sistema de Información Pesquera (SIPEIN) y el monitoreo de manglares de la ciénaga grande de Santa Marta. La fortaleza de estos ha sido la aplicación con el SINA, específicamente las CAR costeras, el Sistema de Parques Nacionales Naturales y la Academia.

El objetivo de estos protocolos de monitoreo para las AMP no solo tuvo en cuenta la necesidad de adquirir información robusta y sistemática desde el punto de vista científico con la selección de algunas mínimas variables sino que fue importante revisar para su futura operatividad y mantenimiento en el tiempo, la capacidad instalada en cada una de las instituciones responsables de esta actividad, dado que la experiencia nos ha demostrado que cada vez se hace más difícil y costoso mantener sistemas de monitoreo que respondan a preguntas de manejo para las problemáticas locales y permitir de esta forma entender la dinámica y evaluar con menor incertidumbre la efectividad del manejo de las áreas.

Este trabajo fue realizado entre el 2012 y 2014 en el marco de los dos proyectos logrando concertar que variables mínimas eran necesarias tomar en campo para responder a preguntas de manejo y gestión y de esta forma poder diseñar la red de estaciones específica en cada una de las áreas, partiendo de criterios como la zonificación del manejo y los usos permitidos o no que se desarrollan al interior del AMP.

FRANCISCO A. ARIAS ISAZA
Director General de Invemar

DURCEY ALISON STEPHENS LEVER
Director General de Coralina



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
BOSQUES DE MANGLAR	10
MONITOREO DE MANGLARES	13
MATERIALES PARA EL MONITOREO	16
METODOLOGÍA DE MONITOREO	18
Información general de cada parcela por una vez	18
Información de cada parcela por monitoreo	19
Instalación de parcelas permanentes de monitoreo	19
Parcelas rectangulares (Recomendado)	21
Parcelas circulares	22
Variables a monitorear	22
a) Densidad por especie	25
b) Área basal	25
c) Altura total promedio del bosque	25
d) Reclutamiento	26
f) Otra información complementaria	28
CÁLCULO DEL INDICADOR	29
INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR	32
REPORTE DEL INDICADOR	33
Recomendaciones de manejo	35
BIBLIOGRAFÍA	36

INTRODUCCIÓN

La integridad biótica deseable de un sistema natural se entiende como la condición en la cual tiene la capacidad de mantenerse equilibrado y adaptable, con su red de componentes y procesos completa y funcionando óptimamente, de forma equiparable a las condiciones prístinas o a un estado de referencia de la región (Karr y Duley, 1981; Karr, 1991; Angermeier y Karr, 1994; Campbell, 2000; Parrish *et al.*, 2003).

Establecer indicadores para proveer información sobre la condición y los cambios de los sistemas naturales permite entender, por medio de medidas prácticas y cuantitativas, los conceptos abstractos de salud, integridad y estado de conservación de los mismos. Adicionalmente, estos indicadores facilitan la obtención de reportes de la condición ecosistémica panorámicos e instantáneos, y la observación de cambios y desarrollo a través del tiempo. Lo anterior, con el fin de establecer diagnósticos tempranos, llevar un control eficiente, evaluar las medidas de manejo y conservación y, de ser necesario, tomar nuevas decisiones con efectividad y a tiempo.

Los indicadores de condición-tendencia (ICT) de los ecosistemas estratégicos marino-costeros hacen parte de los indicadores de estado desarrollados por Invemar para evaluar la situación general de integridad o salud y sus cambios a través del tiempo, a diferentes escalas espaciales, de áreas coralinas someras, bosques de manglar y praderas de pastos marinos presentes en las áreas protegidas del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas de Colombia (SAMP), sin que esto implique la imposibilidad para utilizarse en otras áreas fuera del subsistema.

Así mismo, con el objetivo de garantizar el mantenimiento en buenas condiciones de estos ecosistemas, los indicadores han sido diseñados y ajustados para que tengan aplicabilidad viable en las distintas áreas marinas protegidas (AMP) y manejen métodos de monitoreo estandarizados y sostenibles, convirtiéndolos en herramientas prácticas de comunicación, control, gestión y manejo que den respuestas comprensi-

bles e inspiradoras, aumentando el impacto en la conservación colectiva del SAMP, como área de protección representativa de las costas y mares colombianos.

Es importante tener en cuenta que los ICT son una herramienta para generar información, a partir de mediciones generales en los ecosistemas, que permite integrar los datos a escala regional y del SAMP; por lo tanto al interior de cada AMP los actores comprometidos con su manejo y conservación podrán tener en cuenta el análisis de otros componentes de estos ecosistemas, no contemplados dentro de los indicadores, pero que ellos consideran relevantes para el monitoreo, manejo y control de su área.

El Indicador de Condición Tendencia de Bosques de Manglar (ICT_{BM}) evalúa la condición general de integridad biótica y, por tanto, el estado de conservación de bosques de manglar y sus cambios a través del tiempo, a partir de la incorporación de información de cinco variables, que miden atributos estructurales y funcionales de este ecosistema, en un solo valor numérico.

El valor del ICT_{BM} es clasificado según una escala establecida, de tal forma que los bosques de manglar evaluados que se encuentren más deterioradas (condición general biótica en alerta y no deseable) tendrán los valores más bajos y los que se hallen más conservados y estables (condición general biótica regular, buena y deseable) los valores más altos.

BOSQUES DE MANGLAR

Los manglares en Colombia ocupan una extensión aproximada de 289.122,25 ha, distribuidos en los litorales Caribe con 79.719,41 ha, y en el Pacífico con 209.402,84 ha (Gómez-Cubillos *et al.*, 2014).

Los manglares son ecosistemas presentes en zonas intermareales tropicales y subtropicales, conformados por plantas halófitas facultativas de tipo arbóreo o arbustivo (Ball y Farquhar, 1984), que tienen en común una gran variedad de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas, como la presencia de raíces en forma de zancos o tabloides, estructuras para intercambio gaseoso (lenticelas y neumatóforos) y reproducción por embriones vivíparos capaces de flotar, adaptaciones que les permite habitar en ambientes extremos con sustratos inestables, alto contenido de materia orgánica, altas temperaturas, amplias fluctuaciones de salinidad y mareas y bajas concentraciones de oxígeno (Tomlinson, 1986; Hutchings y Saenger, 1987).

La importancia de los manglares obedece a la función que cumple cada uno de sus componentes bióticos dentro del ecosistema y a la contribución de estos en el bienestar humano, ecológico, paisajístico, recreacional, social y económico. Estos ecosistemas son altamente productivos debido al flujo energético basado en la importación de nutrientes inorgánicos y la exportación de materia orgánica, condición que los convierte en sistemas abiertos que favorecen sistemas adyacentes (Álvarez-León, 2000). Además son ecotranspiradores y sumideros naturales de CO₂, son agentes detoxificadores (trampas naturales de contaminantes), amortiguadores de inundaciones y protectores de la erosión en la línea de costa. Además son zonas de refugio, alimentación y anidación de diversas especies de mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces e invertebrados (Minambiente, 2002). Adicionalmente son formadores de suelo, protegen los litorales de la erosión costera, dan sombrío en las playas y le ganan terreno al mar, además por su interrelación con ecosistemas adyacentes a partir de intercambio de energía y materia, favorecen el establecimiento de tramas tróficas complejas (Sanchez-Paez *et al.*, 2004).

En Colombia, los manglares representan importantes recursos para el aprovechamiento forestal e hidrobiológico. Se constituyen en uno de los ecosistemas más frágiles por su susceptibilidad a la degradación y pérdida por transformación del paisaje y extracción de recursos y por este motivo su protección es prioritaria, garantizando mediante su conservación y gestión integral, el mantenimiento de los recursos forestales, biológicos e hidrobiológicos de los cuales son fuente. Así mismo, tanto en la costa caribe como en la pacífica, existen poblaciones locales que habitan dentro o en cercanía de los manglares y que dependen de ellos para su subsistencia, sin embargo, en las dos costas se presentan procesos de degradación de los manglares por diversas causas, que en varios casos han llevado a la pérdida total de ellos (Minambiente, 2002). Por lo cual garantizar la existencia e implementación de medidas de protección y conservación hacia estos ecosistemas, se considera prioritario para las áreas marinas protegidas que constituyen el SAMP.

Las especies nucleares de manglar registradas en el Caribe colombiano son: *Avicennia germinans* (mangle salado o negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Pelliciera rhizophorae* (mangle piñuelo) y *Conocarpus erecta* (mangle gris). Las especies nucleares reportadas para la costa Pacífica son: *Rhizophora harrisonii* (mangle caballero), *R. mangle* (mangle rojo), *R. racemosa* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle iguanero o pelaojo), *Laguncularia racemosa*, *Mora oleífera* (mangle nato), *Conocarpus erecta* (mangle gris), *Pelliciera rhizophorae*. Los manglares se clasifican de acuerdo con la calidad del suelo, la frecuencia de inundación y la dominancia de una especie de mangle en particular; para ello existen varios sistemas propuestos, siendo el de Lugo y Snedaker (1974) el más aceptado. Estos autores proponen un sistema de cuatro categorías que incluyen:

- **Manglares ribereños.** Crecen en los cauces de los ríos y están asociados a flujos laterales de agua de baja salinidad.

- **Manglares de cuenca.** Se desarrollan en las depresiones donde el flujo de agua es lento y el movimiento vertical del agua prevalece sobre su flujo lateral.
- **Manglares de borde.** Se presentan al borde de los cuerpos de agua donde están expuestos a fluctuaciones verticales de agua o a amplios frentes de agua que se mueven desde y hacia el bosque.
- **Manglares de islote.** Ocurren en alta mar, están afectados por las mareas o pueden desarrollarse tierra adentro como especie de “hamacas” donde el agua fluye alrededor de la isla.

Para el Pacífico colombiano Prah *et al.* (1990) propusieron, además de estas categorías, tres adicionales, que se describen a continuación:

- **Manglares de barra/sobrelavado.** Se caracterizan por formarse detrás de una barra de protección conocida como “bajo” la cual va paralela a la costa, separada de esta por una laguna o batea mareal.
- **Manglares invertidos.** Este tipo de manglar evoluciona a partir de un manglar de barra, al estabilizarse la barra protectora y colmarse la batea. Normalmente al frente de una barra estabilizada, se desarrolla una nueva barra y de esta manera se repite gradualmente el proceso, formándose un manglar de barra y después un manglar invertido, dependiendo de la estabilidad de la barra y la sedimentación de la laguna interna.
- **Manglares enanos.** Con este nombre se designan las formaciones de manglares que se desarrollan sobre sustratos inadecuados, como plataformas de rocas sedimentarias expuestas al agua salada y en bateas predominantemente arenosas con poco intercambio de aguas mareales. Sobre estos sustratos los mangles generalmente no sobrepasan los 4 m de altura y presentan un desarrollo anormal.

MONITOREO DE MANGLARES

El monitoreo de los manglares hace parte de los procesos de planificación y manejo de los recursos naturales, los cuales se centran en la toma de decisiones para la gestión adecuada de objetivos, recursos, proyectos y metas. La toma de decisiones, al igual que el desarrollo de acciones, son procesos dinámicos que se llevan a cabo en los distintos niveles de la sociedad e implican consideraciones de orden cultural, social, económico, institucional, político y ambiental (Ideam, 2002). Dentro del marco institucional se destaca la Carta de los Manglares sometida a consideración de la Unesco por parte de la Sociedad Internacional de Ecosistemas de Manglar (ISME, por su siglas en ingles), en la cual se consagran siete principios básicos y un objetivo general:

“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 estos, 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”.

Las variables consideradas sensibles para determinar el estado de condición tendencia de manglares son:

- Densidad de árboles de mangle por especie (D): Número de individuos de cada especie por hectárea con diámetro a la altura del pecho DAP mayor a 2,5 cm.
- Sumatoria de área basal por especie de mangle (AB): Espacio ocupado por los troncos de los árboles de cada especie con DAP mayor a 2,5 cm, expresado en metros cuadrados por hectárea.
- Reclutamiento (R): Numero de propágulos, plántulas y juveniles con DAP menor a 2,5 cm por metro cuadrado.
- Densidad de aves residentes (Av): Número de individuos de aves residentes presentes de al menos tres grupos tróficos de la estación en el mangle por hectárea.

El monitoreo en manglares requiere de dos tiempos en el año de trabajo en campo:

- Una vez para las variables estructurales (Densidad y Área basal)
- Dos veces como mínimo al año (por estación climática) para compilar información general sobre las variables de Riqueza de aves y Reclutamiento de mangle (plántulas y propagulos).

El ICT_{BM} se ha proyectado con base en la revisión y colaboración de expertos, del Indicador de Integridad Biótica para Manglares (IBIm) propuesto por Invemar (Batista-Morales y Gomez, 2010), y en el ajuste de las versiones actualizadas del mismo (Posada *et al.*, 2012; Posada *et al.*, 2013), así como las recomendaciones dadas por los participantes del Taller de Indicadores Biofísicos Coralina-Invemar (Realizado del 26 al 28 de febrero de 2014, con la participación de representantes de Coralina, PNN Old Providence McBean Lagoon, Dirección Territorial Caribe Parques Nacionales e Invemar). El ICT_{BM} contempla variables correspondientes al componente estructural y se adicionan dentro del indicador algunas variables de información sobre la parte funcional del ecosistema, logrando con esto ampliar el análisis de integridad.

Teniendo en cuenta que no existen valores de referencia para algunas variables escogidas para el monitoreo a nivel nacional, regional o local (Reclutamiento, propágulos y plántulas por especies), es indispensable iniciar la referencia con comparaciones *in situ* entre áreas designadas *a priori*, a ojo de experto o tomando como referencia información nacional para iniciar; en cualquier caso deben ser representativos de la heterogeneidad de los bosques de mangle del lugar, que se hayan considerado como óptimas y deseables para el área, mientras se va adelantando con el tiempo una base de datos histórica sobre la cual se pueda ir determinando cada vez con mayor exactitud los valores de referencia.

Actualmente para las variables de Densidad de especies de mangle y Área basal se cuenta con una base de datos nacional por departamento realizada a partir de la integración de los registros numéricos de los trabajos de monitoreo realizados en los últimos 20 años en manglares (Gómez-Cubillos, 2014) con la cual se estará trabajando inicialmente, mientras se levanta la información propia y particular de cada área en campo.

MATERIALES PARA EL MONITOREO

A continuación se listan los equipos y materiales mínimos básicos que se requieren para realizar las actividades de monitoreo de bosques de manglar, en función de la obtención de los datos de las variables que conforman el Indicador de Condición Tendencia (Tabla 1).

Tabla 1. Materiales necesarios para el desarrollo de las actividades de monitoreo en bosques de manglar (ICT_{BM}):

Ítem	Cantidad
Equipos	
Geoposicionador (GPS)*	2
Cámara fotográfica + memoria SD	1 cámara con respaldo de memorias SD
Computador	1
Brújula	1 por observador
Binoculares 8 x 40	1 por observador
Altímetro	1
Distanciómetro (opcional) **	1 (al menos uno)
Materiales	
Cinta métrica, preferiblemente cinta diamétrica	2
Cuerda plástica para delimitar zonas de muestreo*	5 rollos
Tablas acrílicas y formatos de campo	2 por observador
Lápices, sacapuntas y borrador	por observador
Calibrador	2
Regla extensible de 2 m	2
Lata de spray fluorescente	8
Pintura fluorescente	1 galón por monitoreo
Pincel plano #10 u #11	3
Guía de las aves de Colombia, aves marinas y guía de los chorlos y playeros de la región neotropical.	1 por observador
Botiquín	1

Ítem	Cantidad
Cajas plásticas para el transporte de los materiales y equipos	1
Nevera en fibra para el transporte de víveres y refrigerios a campo	1
Transporte	
Lancha	
Combustible para embarcación	
Vehículo de transporte terrestre	
Combustible para transporte terrestre	

* Dependiendo de las condiciones del paisaje es probable que el GPS no capte correctamente la señal por lo denso del dosel y se requiera de un equipo de mayor capacidad.

** Reemplazaría el uso de los 5 rollos de cuerda plástica para delimitar zonas de muestreo

METODOLOGÍA DE MONITOREO

Los bosques de manglar tienen varias propiedades únicas que hay que considerar al diseñar un monitoreo. Por lo general, los manglares tienen alta densidad de árboles con abundantes raíces aéreas o neumatóforos.

Adicionalmente, suelen estar divididos por canales de agua inundados durante las mareas que son difíciles de cruzar, especialmente durante la marea alta por los suelos anegados, esto puede limitar la movilidad dentro del bosque y disminuir la seguridad de los participantes durante los muestreos en campo (Boone *et al.*, 2013).

Una vez establecida la estación a monitorear (con un área no menor a 1.000 m²), se traza un rumbo de puesta del transecto lineal y en cada una de las parcelas seleccionadas, se marcan con pintura fluorescente cada uno de los árboles que serán medidos, los cuales tienen un diámetro igual o mayor a 2,5 cm. Para la numeración de cada individuo, se sugiere establecer un código constituido por cuatro dígitos o alfanumérico donde las primeras letras corresponden al nombre de la estación/parcela y el segundo al número consecutivo del árbol, (por ejemplo: CAR/B37, corresponde a la Estación Caracas Parcela B, árbol 37 respectivamente).

No olvidar realizar y tener a la mano suficientes copias de los formularios generales donde se registraran los datos de cada uno de los componentes por monitoreo.

Información general de cada parcela por una vez

Deberá recopilarse la siguiente información en cada parcela:

- Determinación del número y/o nombre que identifique al sitio y a la parcela muestreada.
- Ubicación del sitio y/o parcela y otra información adicional (municipio, área protegida, sector, otros).

- Caracterización general del área (puntos geoposicionados, fotografías, anotación del rumbo de la parcela desde el punto inicial y observaciones del perfil del transecto (diagrama), tipo de bosque etc...)
- Elaborar un mapa con la ubicación de las estaciones de muestreo en un mapa de la zona

Información de cada parcela por monitoreo

- Fecha del muestreo.
- Nombre de las personas encargadas en campo de una actividad específica (planillero, brujulero, medidor y reconocedor de campo).
- Diligenciar la información específica del formato para campo
- Registro de evidencia de perturbación: afectación por huracanes, tormentas o mar de leva; extracción de madera; evidencia de enfermedades o perturbaciones en la vegetación.
- Realizar el mantenimiento de las marcas que delimitan las parcelas y las marcas en los árboles.

Instalación de parcelas permanentes de monitoreo

De acuerdo con los *Lineamientos para la elaboración del plan nacional de monitoreo de las áreas de manglar* (2014) los cuales se encuentran en proceso de elaboración y publicación por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se propone el siguiente mínimo de parcelas permanentes de acuerdo a la extensión de los bosques de mangle a monitorear (Tabla 2):

Tabla 2. Número de parcelas permanentes de monitoreo, de acuerdo a la extensión del bosque de manglar. Adaptado de “Lineamientos para la elaboración del plan nacional de monitoreo de las áreas de manglar” (MADS, en prensa). Parcela Permanente de Monitoreo (PPM).

PACIFICO		CARIBE	
Extensión de Manglares	PPM instaladas	Extensión de Manglares	PPM instaladas
< de 30.000 ha	1PPM / 3.000 ha	< de 500 ha	1PPM / 100 ha
30.000 a 40.000 ha	1PPM / 4.000 ha	500 a 2.000 ha	1PPM / 250 ha
40.000 a 50.000 ha	1PPM / 5.000 ha	2.000 a 5.000 ha	1PPM / 500 ha
>50.000 ha	1PPM / 7.000 ha	5.000 a 15.000 ha	1PPM / 1.000 ha
		>15.000 ha	1PPM / 5.000 ha

Igualmente, en el mencionado documento se establecen tres metodologías para la ubicación de las estaciones de monitoreo; cada área protegida, según su capacidad logística y técnica, adoptara aquella opción que considere la más adecuada para su monitoreo

Siguiendo las recomendaciones establecidas por Restrepo y Vivas-Aguas (2007), se sugiere que en cada zona de monitoreo, se ubique geográficamente con un GPS el lugar a partir del cual se ingresa al sitio donde se encuentran delimitadas las parcelas. En este sitio se marca un árbol con pintura y se anotan las coordenadas geográficas, el número de la parcela, el rumbo y la fecha de instalación. En las parcelas permanentes los límites suelen estar claramente marcados y todos los arboles dentro de ellas, están identificados (generalmente con marcas de pintura fluorescente).

Se debe instalar mínimo una parcela permanente por área de monitoreo (según zonas de manejo). Sin embargo, si se cuenta con capacidad logística y económica, se deberán establecer más parcelas permanentes de acuerdo a la extensión de los manglares de cada zona del AMP. El número de parcelas a ser instaladas, se define de acuerdo a la extensión

del bosque de manglar presente en cada AMP y con base en su zonificación del manejo.

A continuación se describen dos de las opciones, las cuales incluyen también las recomendaciones y orientaciones dadas por Restrepo y Vivas 2007; Citron-Morelo y Schaeffer-Novelli (1984) y Boone *et al.* (2013).

Parcelas rectangulares (Recomendado)

Teniendo en cuenta que están establecidas a lo largo de un gradiente horizontal, permite una buena estimación de la composición y la estructura de los manglares, además de incluir la variabilidad de la vegetación debido a la elevación topográfica y la frecuencia de inundación de la marea.

Se establece un transecto lineal de 100 × 10 m perpendicular al cuerpo de agua que provoque la inundación de la estación de muestreo, subdividido en subparcelas de 10 × 10m, de las cuales al azar se seleccionan 5 para ser muestreadas. Dentro del área de cada subparcela seleccionada, se monitorean todos los árboles con DAP igual o mayor a 2,5 cm. Para el monitoreo de plántulas y árboles juveniles, dentro de cada subparcela se delimita un cuadrante de 1 m² y dentro de dicha área se tienen en cuenta todos los individuos con DAP igual o menor a 2,5 cm (Figura 1).

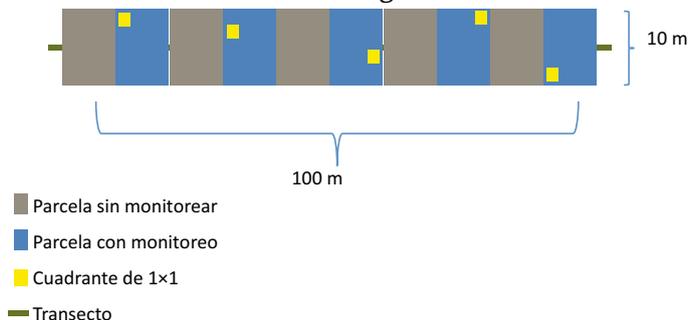


Figura 1. Representación esquemática de ubicación de parcelas permanentes de monitoreo rectangulares para monitoreo de bosques de manglar.

Parcelas circulares

Se sugiere que las parcelas circulares estén establecidas a lo largo de un gradiente desde el mar o cuerpo de agua principal que provoquen las inundaciones de la estación de muestreo. Al igual que la anterior, se establece un transecto lineal (procurando siempre el área mínima de muestreo de 1.000 m²), estando la primera parcela ubicada a 15 metros de la costa o borde del cuerpo de agua. Este diseño permite una buena estimación de la composición y la estructura de los manglares, además de incluir la variabilidad de la vegetación debido a la elevación topográfica y la frecuencia de inundación de la marea. Las parcelas circulares son relativamente fáciles de establecer y medir (Boone *et al.*, 2013).

Para su establecimiento se define un punto central y a partir de este un radio de 12 m. Dentro de este límite se miden todos los árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 2,5 cm. Las plántulas y juveniles con DAP igual o menor a 2,5 cm se miden en subparcelas de 2 m de radio. La distancia entre las parcelas dependerá de la extensión del área a monitorear y no deben cruzarse entre sí; para ello deben estar a una distancia de 50 m entre cada punto central (Figura 2). Adicionalmente se sugiere subdividir la parcela en cuatro cuadrantes para facilitar el muestreo.

Variables a monitorear

Los datos que se deben registrar en cualquier monitoreo de manglar si el árbol está vivo son la identificación de la especie y el diámetro del tronco principal de lo contrario solo se marcará “muerto”. Por lo general el diámetro del tronco se mide con el diámetro a la altura del pecho (se mide con una cinta diamétrica a 1,3 m de altura del suelo, considerando las excepciones presentadas en la Figura 3. Una vez medido el DAP se marca la zona con pintura fluorescente y de esta manera garantizar que la medición se haga siempre en el mismo lugar). Cuando esta medida es

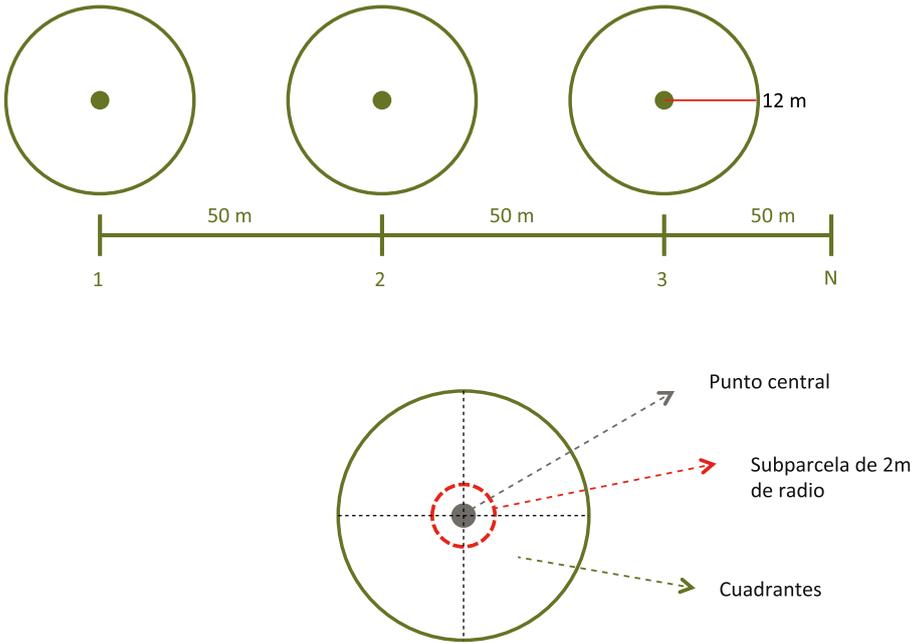


Figura 2. Representación esquemática de ubicación de parcelas permanentes circulares A para monitoreo de bosques de manglar.

tomada con una cinta diamétrica se obtiene directamente en campo el valor del DAP; cuando el dato se toma con una cinta métrica normal se está obteniendo la circunferencia, por lo que se debe hacer la conversión a DAP, a partir de la siguiente ecuación:

$$DAP = C \times \pi$$

Dónde:

DAP = Diámetro a la altura del pecho

C = Circunferencia

$\pi = 3,14159$

Es indispensable siempre dejar nota con qué tipo de cinta métrica se tomó el dato de DAP.

Cuando se presentan anomalías del terreno o particularidades de cada árbol, se sugieren las siguientes alternativas de medición del DAP (Melo y Vargas, 2003) (Figura 3)

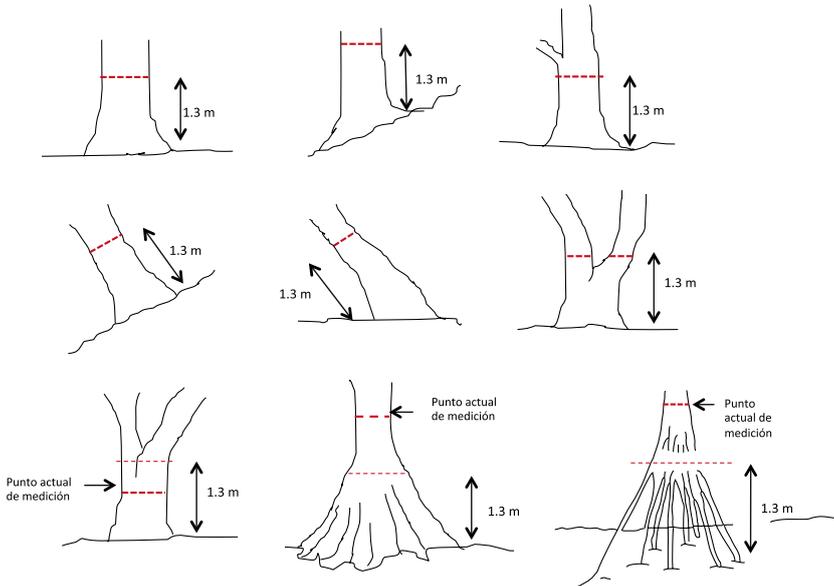


Figura 3. Recomendaciones para la medición del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), según particularidades del terreno y de cada árbol. Tomado de Melo y Vargas (2003).

Todos los árboles que tengan sus raíces dentro del diámetro de la parcela deberán ser medidos inclusive si más del 50% de su tronco principal está por fuera de esta.

Las categorías diamétricas para tener en cuenta en la identificación de los individuos objetivo del monitoreo, que han sido establecidas para los manglares son:

Brinzal: arbolitos con DAP entre 2,5 a 4,9 cm

Latizal: arbolitos con DAP entre 5 a 10 cm

Fustal: arbolitos con DAP >10 cm

a) Densidad por especie

Se refiere al número de individuos de una especie presentes en un área determinada. Por especie se deben contar todos los individuos con DAP igual o mayor a 2,5 cm y dividir este número por el área total muestreada. Se hace esto por cada una de las especies presentes dentro de la parcela. El resultado se expresa como Número de individuos por especie/ha.

b) Área basal

El área basal (AB) hace referencia al espacio ocupado por el tronco de un árbol. Se expresa en m² y se calcula con el DAP del árbol multiplicado por un factor de conversión: $AB (m^2) = DAP^2 \times 0,00007854$, donde $0,00007854 = \pi/4 \times 10.000$ (que es 1 ha). Se expresa por especie o categoría diamétrica para cada una de las plantas presentes en la parcela por hectárea.

La sumatoria de área basal, se obtiene de acuerdo a la suma de todas las áreas basales de cada uno de los individuos de dicha especie que se encuentran dentro de la parcela.

c) Altura total promedio del bosque

La altura de un árbol puede ser medida directa o indirectamente y las técnicas de medición dependen del tamaño del individuo. La forma directa se lleva a cabo en individuos caídos, derribados o pequeños (≤ 30 m), en donde la medida puede realizarse con una cinta métrica o con una vara extensible calibrada. La forma indirecta se realiza a los

árboles más grandes, puede estimarse a partir del uso de un clinómetro o un hipsómetro.

La altura total del árbol se mide a partir de la base del suelo hasta la parte más alta de la copa (Figura 4) con ayuda de un clinómetro o hipsómetro. Para establecer la altura total promedio se suman las alturas y se promedian por el número de árboles medidos.

Debe dejarse una nota sobre con qué clase de instrumento se hizo la medición.

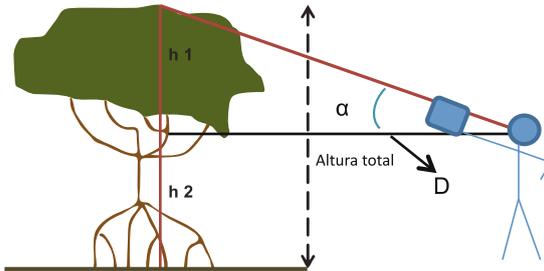


Figura 4. Esquema de medición de altura total de árboles de mangle con clinómetro.

$h1 = \text{Distancia del árbol} \times \text{tangente}(\text{ángulo } \alpha)$

$h2 = \text{altura del ojo sobre el suelo}$

$\text{altura del árbol} = h1 + h2$

d) Reclutamiento

Para entender mejor cómo afectan los factores bióticos y abióticos la composición y la estructura de las comunidades de manglar y especialmente la importancia relativa de éstos sobre las especies individuales, es esencial cuantificar la dinámica de los estados tempranos del ciclo de vida de los manglares, y el grado de incorporación a la población general y formar parte de estructura, composición de especies y recuperación de las perturbaciones (Ha *et al.*, 2003).

En cada subparcela de 1 × 1 m se cuentan los propágulos de todas las especies de mangle y se identifican 10 plántulas y 10 juveniles por especie con diámetro igual o menor a 2,5 cm, a las cuales se les mide el diámetro basal (a 1 cm del suelo) con un calibrador y la altura total desde la base del tallo hasta la parte más alta del individuo con una regla extensible. Se dejan marcadas con cinta o pintura para el seguimiento posterior.

e) Fauna asociada- riqueza de aves residentes: la caracterización de las poblaciones de aves, se realizará en los sitios para el estudio de la estructura del manglar (en un área de 1.000 m²). En cada punto de acceso se determinan las coordenadas geográficas mediante un GPS. Los muestreos deben realizarse a partir de observación directa utilizando binoculares 8 × 40, entre las 05:30 y las 10:00 horas haciendo recorridos en bote (minimizando el ruido al máximo, evitando así cualquier perturbación a las aves). La periodicidad del muestreo dependerá de las capacidades técnicas y logísticas de cada área protegida, pero se recomienda realizar como mínimo dos muestreos en el año siguiendo temporadas climáticas preferiblemente.

Adicionalmente, se establecen varios puntos de conteo (el número de puntos dependerá de las características del lugar) abarcando toda el área de la estación, cuyo límite deberá ser un poco más grande y teniendo cuidado de no observar más de una vez la misma zona.

El muestreo en cada punto, dura 15 minutos en los cuales se registran estación de muestreo, día, hora, condiciones climáticas, estado de marea, especies de aves observadas, número de individuos por especie, ubicación de las aves en el árbol y actividad. Se recomienda utilizar guías de identificación en campo de las aves.

f) Otra información complementaria

Teniendo en cuenta que este monitoreo presenta variables básicas para la colecta de datos en campo y poblar los indicadores, es indispensable la presencia de otra información complementaria que va a servir en el momento de darle una interpretación al indicador, esta es:

- Parámetros fisicoquímicos de Salinidad, pH, conductividad y temperatura de cada parcela
- Presencia de enfermedades: toda manifestación anormal en la estructura de los árboles (hipercrecimiento, parásitos, degradación etc...)
- Caracterización del sustrato de las parcelas
- Estados climáticos extremos o fuera de lo común antes, durante y entre monitoreos.

CÁLCULO DEL INDICADOR

El ICT_{BM} al ser un indicador compuesto, integra la relación entre cada una de sus variables componentes, con su respectivo valor de referencia por medio de la función de promedio geométrico aritmético. El peso o factor de ponderación que aporta cada variable es el mismo para todos inicialmente (Tabla 3).

Tabla 3. Pesos o Factores de ponderación para las variables que componen el Indicador de Condición-Tendencia de Bosques de Manglar ICT_{BM}.

Variable Peso (w)	
Densidad de árboles (D)	0,25
Área basal (AB)	0,25
Reclutamiento (R)	0,25
Riqueza de aves residentes	0,25

Adicionalmente, como se está observando el ecosistema como tal y no solo las plantas, las distintas especies no tendrán un factor de ponderación diferencial final más allá del indicado para la categoría general.

Formula:

$$ICT_{BM} = \left(\prod_{i=1}^n \left(\frac{Xi}{V_{ref} i} \right)^{wi} \right)^{\frac{1}{\sum wi}}$$

Corresponde a la sumatoria de los atributos mencionados en la Tabla 3 en cada una de las estaciones muestreadas siempre con referencia a 1.000m². Donde corresponde al valor de referencia de cada variable. Este valor de referencia es establecido para cada área protegida y cada atributo, con base en el muestreo de la estación de monitoreo que tenga el menor grado de perturbación antrópica y el mayor desarrollo estructural o de la información secundaria existente si es confiable. En el caso de Densidad y Área basal se cuenta ya con información por departamentos de estos datos para iniciar (Tabla 4).

Tabla 4. Escala de calificación establecida para los indicadores de Área Basal (m²/ha) y densidad (ind/ha) de los bosques de manglar en Colombia (Tomado de Gomez-Cubillos, et al., 2014).

DEPARTAMENTO	Área Basal (m ² /ha)				Densidad (ind/ha)			
	Pobre	Regular	Bueno	Muy Bueno	Pobre	Regular	Bueno	Muy Bueno
Archipiélago	<10	11 - 20	21 - 31	>32	<531	532 - 881	882 - 2237	>2237
La Guajira	<2,2	2,3 - 5,3	5,4 - 12,0	>12,1	<163	164 - 466	467 - 1281	>1282
Magdalena	<17,8	17,9 - 19,6	19,7 - 26,9	>27,0	<1637	1638 - 2006	2007 - 3620	>3621
Atlántico	<3,1	3,2 - 11,7	11,8 - 16,3	>16,4	<737	738 - 1325	1326 - 2483	>2484
Bolívar	<0,8	0,9 - 2,5	2,6 - 6,0	>7,0	<104	105 - 273	274 - 442	>443
Sucre	<1,3	1,4 - 2,3	2,4 - 5,8	>5,9	<46	47 - 355	356 - 1031	>1032
Córdoba	<7,5	7,6 - 12,1	12,2 - 17,5	>17,6	<77	78 - 556	557 - 1300	>1301
Antioquía	<2,2	2,3 - 8,1	8,2 - 21,6	>21,7	<240	241-898	899 - 1658	>1659
Choco								
Valle del Cauca	<0,6	0,7 - 1,5	1,6 - 3,0	>3,1	<17	18 - 47	48 - 153	>154
Cauca	<1,0	1,1 - 3,2	3,3 - 14,3	>14,4	<62	63 - 135	136 - 230	>231
Nariño	<0,6	0,7 - 2,9	3,0 - 12,5	>12,6	<36	37 - 127	128 - 346	>346

Teniendo en cuenta la tabla 3, en donde se muestran los pesos (w) de cada variable, y que la sumatoria de los pesos es igual a 1, se tiene:

ICT_{BM} =

$$\left(\frac{D_{sp1}}{V_{ref} D_{sp1}} + \frac{D_{sp2}}{V_{ref} D_{sp2}} + \frac{D_{spX}}{V_{ref} D_{spX}} \right)^{0,25} \times \left(\frac{AB_{sp1}}{V_{ref} AB_{sp1}} + \frac{AB_{sp2}}{V_{ref} AB_{sp2}} + \frac{AB_{spX}}{V_{ref} AB_{spX}} \right)^{0,25} \times \left(\frac{R_{prog_{sp1}}}{V_{ref} Sp1} + \frac{R_{Plant_{sp1}}}{V_{ref} Sp1} + \frac{R_{prog_{sp2}}}{V_{ref} Sp2} + \frac{R_{Plant_{sp2}}}{V_{ref} Sp2} + \frac{R_{prog_{spX}}}{V_{ref} SpX} + \frac{R_{Plant_{spX}}}{V_{ref} SpX} \right)^{0,25} \times \left(\frac{AvR}{V_{ref} AvR} \right)$$

Donde sp corresponde a las especies de mangle presentes en el bosque, donde 1 es la especie dominante y consecuentemente el número hasta la menos representativa del bosque. Para obtener la calificación de condición general de integridad del bosque de manglar evaluado, el valor obtenido para el ICT_{BM} se clasifica según la escala de valores que

se presenta en la tabla 5 (a medida que se vaya consolidando la aplicación del indicador y se genere mayor información sobre cada una de las variables, dicha tabla deberá ir siendo actualizada y particularizada).

Tabla 5. Escala de clasificación inicial del Indicador de Condición-Tendencia de Bosques de Manglar (ICT_{BM}) para el Subsistema de Áreas Marinas Protegidas de Colombia-SAMP. Se presentan cinco calificaciones posibles de condición general de integridad biótica para este ecosistema.

Condición general de integridad biótica Valor ICTBM	
Deseable	0,80-1,00
Buena	0,60-0,79
Regular	0,40-0,59
Alerta	0,21-0,39
No deseable	0,00-0,20

Los bosques de manglar más deteriorados (condición general de condición- tendencia en alerta y no deseable) obtendrán los valores más bajos (0,00-0,39), y los más conservados (condición-tendencia regular, buena y deseable) los valores más altos (0,40-1,00).

INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR

Para la interpretación del indicador es indispensable conocer así mismo la información complementaria y cualquier otra que pueda ofrecernos la oportunidad de dar una amplia y mayor explicación al indicador obtenido en la clasificación de la condición general de tendencia del bosque de manglar en: deseable, buena, regular, alerta y no deseable.

Independientemente de cual haya sido el resultado todos deberán ser explicados de la forma más práctica posible para entender el porqué de este y para proceder a identificar cuales deberán ser las acciones a tomar y las recomendaciones de manejo de la situación o particularidad resaltada con el indicador.

El ICT_{BM} se ha elaborado para evaluar la condición general de condición tendencia y sus cambios a través del tiempo, a diferentes escalas espaciales de bosques de manglar, presentes en las áreas protegidas del SAMP, sin que esto implique que no pueda ser utilizado en otras áreas fuera del subsistema.

REPORTE DEL INDICADOR

Como se espera que la medición de las variables del ICT_{BM} hagan parte de un plan de monitoreo con periodicidad anual, pueden generarse dos resultados; el de la condición actual del ecosistema dentro del AMP para el año determinado, según el valor obtenido y clasificado de acuerdo a la escala mencionada (Tabla 5), y el de la tendencia de dicha condición a partir de graficas que permitan la comparación con años anteriores (Figura 5). Esto permitirá saber, en términos generales, si la condición de integridad biótica del ecosistema está mejorando o empeorando con el paso del tiempo.

El valor general para el AMP debe obtenerse a partir del cálculo del indicador a partir del grupo de datos del área y no el promedio de los ICT_{BM} calculados en los distintos sitios o zonas de manejo.

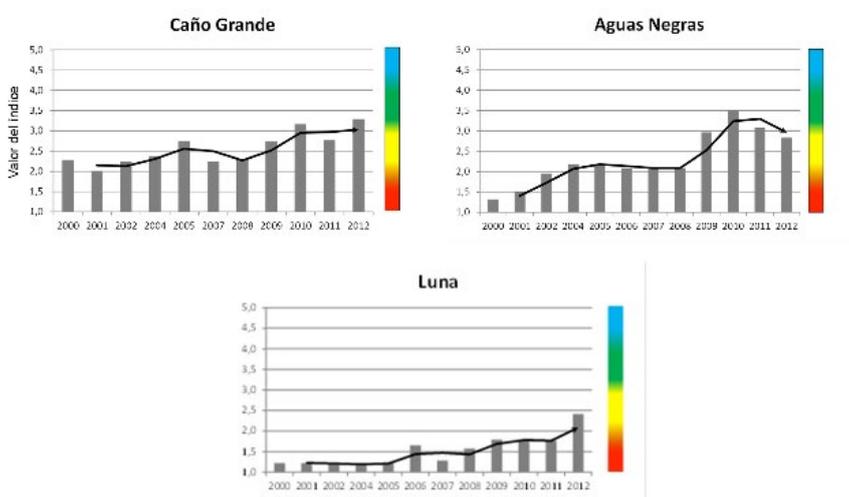


Figura 5. Ejemplo de Serie histórica en la estación Caño Grande de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) con el Indicador de Integridad Biológica de Manglares (IBIm). Modificado de Posada et al. (2012).

Para escalas espaciales mayores, como a nivel regional o del SAMP no es posible calcular el ICT_{BM} directamente, pues no es conveniente unir los datos de las distintas AMPs. Por lo tanto, para estos casos la condición general de integridad biótica del ecosistema se expresa como el porcentaje de AMPs en las distintas categorías, pudiendo también analizar la tendencia a través del tiempo (Figuras 6 y 7).

ICT_{BM} SAMP año 2014

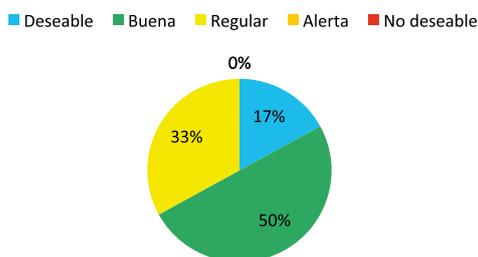


Figura 6. Indicador de Condición Tendencia de Bosques de Manglar (ICT_{BM}). Porcentaje de áreas marinas protegidas en las distintas categorías de condición general de integridad biótica de bosques de manglar durante el año 2014. Grafica de ejemplo, no basada en datos reales.

ICT_{BM} SAMP

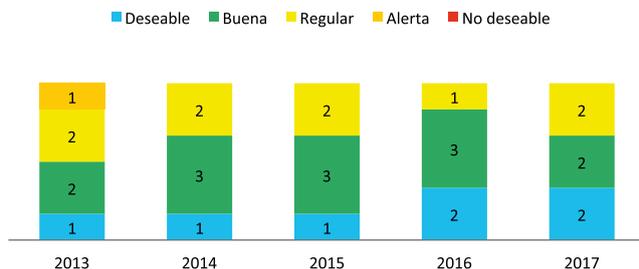


Figura 7. Indicador de Condición Tendencia de Bosques de Manglar (ICT_{BM}). Gráfica de barras apiladas que muestra el número de áreas marinas protegidas en las diferentes categorías de condición general de integridad biótica durante varios años de monitoreo. Grafica de ejemplo, no basada en datos reales

Adicionalmente, para las distintas escalas espaciales pueden generarse mapas mostrando la distribución espacial del ICT_{BM}.

Recomendaciones de manejo

El indicador ha sido diseñado y ajustado para que tenga aplicabilidad viable en las distintas áreas marinas protegidas, por lo tanto maneja métodos de monitoreo estandarizados y sostenibles que deben aplicarse según las indicaciones establecidas. De esta manera el indicador se convertirá en una herramienta práctica de comunicación, control, gestión y manejo.

Es importante tener en cuenta que al interior de cada AMP los actores comprometidos con el manejo y conservación de estos ecosistemas, deberán tener en cuenta el análisis de otros componentes particulares para el área evaluada, que no estén contemplados dentro del ICT_{BM}, pero que consideren relevantes para entender los resultados del monitoreo y para el manejo y control del AMP.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-León, R. 2000. Los manglares colombianos y su capacidad productiva en términos de materia orgánica, pesquería y acuicultura. *Geotrópica*, 5: 41-46.
- Angermeier P. L. y J. R. Karr. 1994. Biological integrity versus biological diversity as policy directives Protecting biotic resources. *Bioscience* 44 (10): 690-697.
- Ball, M.C. y G.D. Farquhar, 1984. Photosynthetic and stomatal responses of the grey mangrove, *Avicennia marina*, to transient salinity conditions. *Plant Physiol.*, 74: 7-11.
- Batista-Morales, A. y D.I. Gomez. 2010. Indicadores de estado de conservación de los ecosistemas marino-costeros de Colombia. 173-210. En: Invemar. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009. Serie Publicaciones Periódicas del Invemar No. 8, Santa Marta. 319 p.
- Boone, J., D. Donato y M. F. Adame. 2013. Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. CIFOR. Bogor, Indonesia. 48 p.
- Campbell, D. E. 2000. Using energy systems theory to define, measure and interpret ecological integrity and ecosystem health. *Ecosystem Health*, 6 (3): 181-204.
- Citron-Morelo, G. y Y. Schaeffer-Novelli. 1984. Methods for studying mangrove structure. 91-113. En: Snedaker S. C. y J. G. Snedaker (Eds.). *The mangrove ecosystem: research methods*. Unesco, Bungalay, Reino Unido. 251 p.
- Gómez, C., L. Licero, L. Perdomo, D. Romero, D. Ballesteros, D.I. Gómez, A. Melo, J. García, L. Chasqui, M. Bastidas y C. Ricaurte, C. 2014. Elementos técnicos que permiten establecer medidas de manejo, control, uso sostenible y restauración de los ecosistemas costeros y marinos del país. Convenio interadministrativo no 190 de 2014 entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo - MADS y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés"- INVEMAR. Código Act-Bem-001-014. 287 pp + anexos y mapas.
- Ha, H.T., C.M. Duarte, N.H. Tri, J. Terrados y J. Borum. 2003. Growth and Population Dynamics during Early Stages of the Mangrove *Kandelia Candel* in Halong Bay, North Viet Nam. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 58: 435-444.
- Hutchings, P y P. Saenger. 1987. *Ecology of Mangroves*. University of Queensland Press. Australia. 388 p.
- Ideam. 2002. Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). Tomo 1: Conceptos, definiciones e instrumentos de la información ambiental de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá. 293 p.
- Karr, J. R. 1991. Biology integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecological application*, 1 (1): 66-84.
- Karr, J. R. y I. J. Dudley. 1981. Ecological perspective on water quality goals. *Environ. Manage.*, 5: 55-68. Lugo, A. E. y S. C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. *Ann. Rev. ecol. Syst.*, 5: 39-64.
- MADS, Invemar, Asocars y Marviva. Lineamientos para la elaboración del plan nacional de monitoreo de las áreas de manglar. *En prensa (2014)*.
- Melo Cruz, O. A. y R. Vargas Rios. 2002. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima, CRQ, Corpocaldas y Cortolima, Ibagué. 207 p.

- Minambiente. 2002. Uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en Colombia. Ministerio de Ambiente, Bogotá. 61 p.
- Parrish, J. D., D. P. Braun y R. S. Unnasch. 2003. Are we conserving what say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *Bioscience*, 53 (9): 851-860.
- Prahl, H. von., J. R. Cantera y R. Contreras. 1990. Manglares y hombres del Pacífico colombiano. Fondo FEN Colombia, Colciencias, Bogotá. 193 p.
- Posada, B. O., M. C. Díaz, R. Navas, A. M. Batista-Morales, L. J. Vivas-Aguas, S. Narvaez, L. V. Perdomo, C. A. Villamil, A. M. Orjuela, D. I. Gomez-Lopez y J. C. Vega-Sequeda. 2012. Estado del ambiente abiótico, calidad de aguas y biodiversidad marina: indicadores de estado. 27-77. En: Invemar (Ed.). Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2011. Serie de Publicaciones Periódicas del Invemar No. 8, Santa Marta. 203 p.
- Posada, B. O., M. C. Díaz, L. J. Vivas-Aguas, L. Parra, C. Villamil, C. M. Agudelo, M. C. Gomez y L. Perdomo. 2013. Estado del ambiente y los ecosistemas marinos y costeros: indicadores de estado. 23-64. En: Invemar (Ed.). Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2012. Serie de Publicaciones Periódicas del Invemar No. 8, Santa Marta. 169 p.
- Restrepo, J. y L. J. Vivas-Aguas. 2007. Manual metodológico sobre el monitoreo de los manglares del Valle del Cauca y fauna asociada, con énfasis en aves y especies de importancia económica: piangua y cangrejo azul. Invemar. Serie de Publicaciones Generales No. 20, Santa Marta. 40 p.
- Sanchez-Páez, H., G. A. Ulloa-Delgado y H. A. Tavera-Escobar. 2004. Manejo integral de los manglares por comunidades locales, Caribe de Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, Bogotá. 335 p.
- Tomlinson, P.B. 1986. The botany of mangroves. Cambridge University Press, USA.

Serie de Publicaciones Generales del Invemar

Sin número. Referencias bibliográficas publicadas e inéditas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Volumen I.

Sin número. Referencias bibliográficas publicadas e inéditas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Volumen II.

1. Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marinas y Costera (PNIBM)
2. Política nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia
3. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: 2000
4. Ojo con Gorgona. Parque Nacional Natural
5. Libro rojo de peces marinos de Colombia
6. Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia
7. Las aguas de mi Ciénaga Grande. Descripciones de las condiciones ambientales de la Ciénaga Grande de Santa Marta
8. No asignado
9. Guía práctica para el cultivo de bivalvos marinos del Caribe colombiano: Madreperla, ostra alada, concha de nácar y ostiones
10. Aproximación al estado actual de la bioprospección en Colombia
11. Plan nacional en bioprospección continental y marina
12. Conceptos y guía metodológica para el manejo integrado de zonas costeras en Colombia, Manual 1: Preparación, caracterización y diagnóstico
13. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos: aguas, sedimentos y organismos
14. Una visión de pesca multiespecífica en el Pacífico colombiano: adaptaciones tecnológicas

15. Amenazas naturales y antrópicas en las zonas costeras colombianas
 16. Atlas de paisajes costeros de Colombia
 17. Atlas de la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia
 18. Manual del Sistema de Información Pesquera del Invemar: una herramienta para el diseño de sistemas de manejo pesquero
 19. Bacterias marinas nativas: degradadoras de compuestos orgánicos persistentes en Colombia
 20. Política Nacional del Océano y los Espacios Costeros (PNOEC)
 21. Manual metodológico sobre el monitoreo de los manglares del Valle del Cauca y fauna asociada, con énfasis en aves y especies de importancia económica (piangua y cangrejo azul)
 22. Lineamientos y estrategias de manejo de la Unidad Ambiental Costera (UAC) del Darién
 23. Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera-UAC Llanura Aluvial del Sur, Pacífico colombiano
 24. Cartilla lineamientos y estrategias para el manejo integrado de la UAC del Darién, Caribe colombiano
- Sin número. Prioridades de conservación in situ para la biodiversidad marina y costera de la plataforma continental del Caribe y Pacífico colombiano
25. Cartilla etapas para un cultivo de bivalvos marinos (pectínidos y ostras) en sistema suspendido en el Caribe colombiano
 26. Programa Nacional de Investigación para la Prevención, Mitigación y Control de la Erosión Costera en Colombia (PNIEC)
 27. Modelo de uso ecoturístico de la bahía de Neguanje Parque Nacional Natural Tayrona
 28. Criadero de postlarvas de pectínidos de interés comercial en el Caribe colombiano
 29. Viabilidad de una red de áreas marinas protegidas en el Caribe colombiano

30. Ordenamiento ambiental de los manglares del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano
31. Ordenamiento ambiental de los manglares en La Guajira
32. Ordenamiento Ambiental de los manglares del municipio de Timbiquí, Cauca (Pacífico colombiano)
33. Ordenamiento Ambiental de los manglares del municipio de Guapi, Cauca
34. Ordenamiento Ambiental de los manglares del municipio de López de Micay, Cauca
35. Avances en el manejo integrado de zonas costeras en el departamento del Cauca
36. Ordenamiento ambiental de los manglares de la Alta, Media y Baja Guajira
37. Aprendiendo a conocer y cuidar el agua en la zona costera del Cauca
38. Guía de bienes y servicios del Old Point Regional Mangrove Park
39. Aves del estuario del río Sinú
40. Cultivo de pectínidos en el Caribe colombiano
41. Informe técnico. Planificación ecorregional para la conservación in situ de la biodiversidad marina y costera en el Caribe y Pacífico continental colombiano
42. Guía para el reconocimiento de corales escleractinios juveniles en el Caribe
43. Viabilidad socioeconómica del establecimiento de un AMP: la capacidad adaptativa de la comunidad de Nuquí (Chocó)
44. Guía metodológica para el manejo integrado de zonas costeras en Colombia. Manual 2: Desarrollo etapas I y II
45. Pianguando: Estrategias para el manejo de la piangua (CD)
45. Pianguando: Estrategias para el manejo de la piangua (cartilla)
46. Avances en la reproducción y mantenimiento de peces marinos ornamentales
47. Contribución a la biología y mantenimiento de peces marinos ornamentales
48. Estrategia para el fortalecimiento del Sistema de Indicadores Ambientales Marinos y Costeros de Colombia (Proyecto Spincam Colombia)
49. Lineamientos de manejo para la Unidad Ambiental Costera Estuarina río Sinú, Golfo de Morrosquillo, sector Córdoba
50. Guía municipal para la incorporación de determinantes ambientales de zona costera en los planes de ordenamiento territorial municipios de San Antero y San Bernardo del Viento
51. Manual para la pesca artesanal responsable de camarón en Colombia: adaptación de la red Suripera
52. Cuidando la calidad de las aguas marinas y costeras en el departamento de Nariño
53. Lineamientos de manejo para la UAC Estuarina Río Sinú-Golfo de Morrosquillo, sector Córdoba
54. Propuesta de estandarización de los levantamientos geomorfológicos en la zona costera del Caribe colombiano
54. Área de Régimen Común Colombia-Jamaica: un reino, dos soberanos
55. Lineamientos de adaptación al cambio climático para Cartagena de Indias
56. Evaluación y manejo de la pesquería de camarón de aguas profundas en el Pacífico colombiano 2010-2012
57. Gestión costera como respuesta al ascenso del nivel del mar. Guía para administradores de la zona costera del Caribe
58. Articulación del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas al Sistema Regional de Áreas Protegidas del Caribe Colombiano
59. Bases de la investigación pesquera participativa para la construcción de acuerdos de pesca responsable con mallas en el Distrito de Manejo Integrado Bahía de Cispatá
60. Articulación del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP) al plan de acción del Sirap Pacífico

61. Guía metodológica para el manejo integrado de zonas costeras en Colombia. Manual 3: Gobernanza

62. Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación territorial y gestión sectorial de Cartagena de Indias

63. Plan 4C Cartagena de Indias competitiva y compatible con el clima

64. Lineamientos de adaptación al cambio climático del área insular del distrito de Cartagena de Indias

65. Adaptación al cambio climático en ciudades costeras de Colombia. Guía para la formulación de planes de adaptación

66. Protocolo Indicador Condición Tendencia Áreas Coralinas (ICT_{AC})



samp
Subsistema de
Áreas Marinas
Protegidas

<http://cinto.invemar.org.co/samp/>



@AreasMarinasCOL



www.facebook.com/AreasMarinasCOL

