

# PROTOCOLO INDICADOR

## Condición Tendencia Áreas Coralinas (ICT<sub>AC</sub>)

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





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

## PROTOCOLO INDICADOR Condición Tendencia Áreas Coralinas (ICT<sub>AC</sub>)

### 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 InveMar

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 Parques Nacionales Naturales  
Julia Miranda Londoño

Director General CVS  
José Fernando Tirado

Director General Codechocó  
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  
Durecy 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:** Rodríguez-Rincón, A. M., S. M. Navarrete-Ramírez, D. I. Gómez-López y R. Navas-Camacho. 2014. Protocolo Indicador Condición Tendencia Áreas Coralinas (ICT<sub>AC</sub>). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). InveMar, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del InveMar No. 66, Santa Marta. 52 p.

**Palabras claves:** Áreas coralinas, condición-tendencia, integridad biótica, monitoreo, Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Simac), 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 (InveMar) 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 Áreas Coralinas (ICT<sub>AC</sub>)

**ISBN Volumen:** 978-958-8448-67-1

La versión digital de esta publicación está disponible en nuestro sitio web como obra independiente con ISBN 978-958-8448-68-8

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

**Impresión:** Ediprint Ltda.

**Créditos fotográficos:** Programa BEM InveMar, Alberto Rodríguez-Ramírez, Kelly Gómez-Campo, Jaime Grazón- Ferreira, Simac

**Revisión de estilo:** Carolina María Vásquez-Zapata

Se imprimen 500 ejemplares. Octubre de 2014

© Derechos reservados según la ley, los textos pueden ser reproducidos total o parcialmente citando la fuente.

## Reconocimiento al grupo de colaboradores

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

Johanna Vega-Sequeda. Invemar.

Kelly Gómez-Campo. Invemar.

Tomás López-Londoño. Invemar.

Sven Eloy Zea. Docente Universidad Nacional de Colombia (Sede Caribe).

Lorenzo Álvarez Filip. Iniciativa Healty Reefs. Universidad Autónoma de México. Unidad de Sistemas Arrecifales.

Angélica María Batista-Morales. Invemar.

David A. Alonso Carvajal. Invemar.

Laura Muñoz-Escobar. Invemar.

Christian Michael Díaz-Sánchez. Invemar.

Elizabeth Galeano Galeano. 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.

Marcela Cano. Parques Nacionales Naturales. PNN Old Providence McBean Lagoon.

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.

José Luis García. Parques Nacionales Naturales. Dirección Territorial Pacífico.



## 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”, cofinanciados 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.

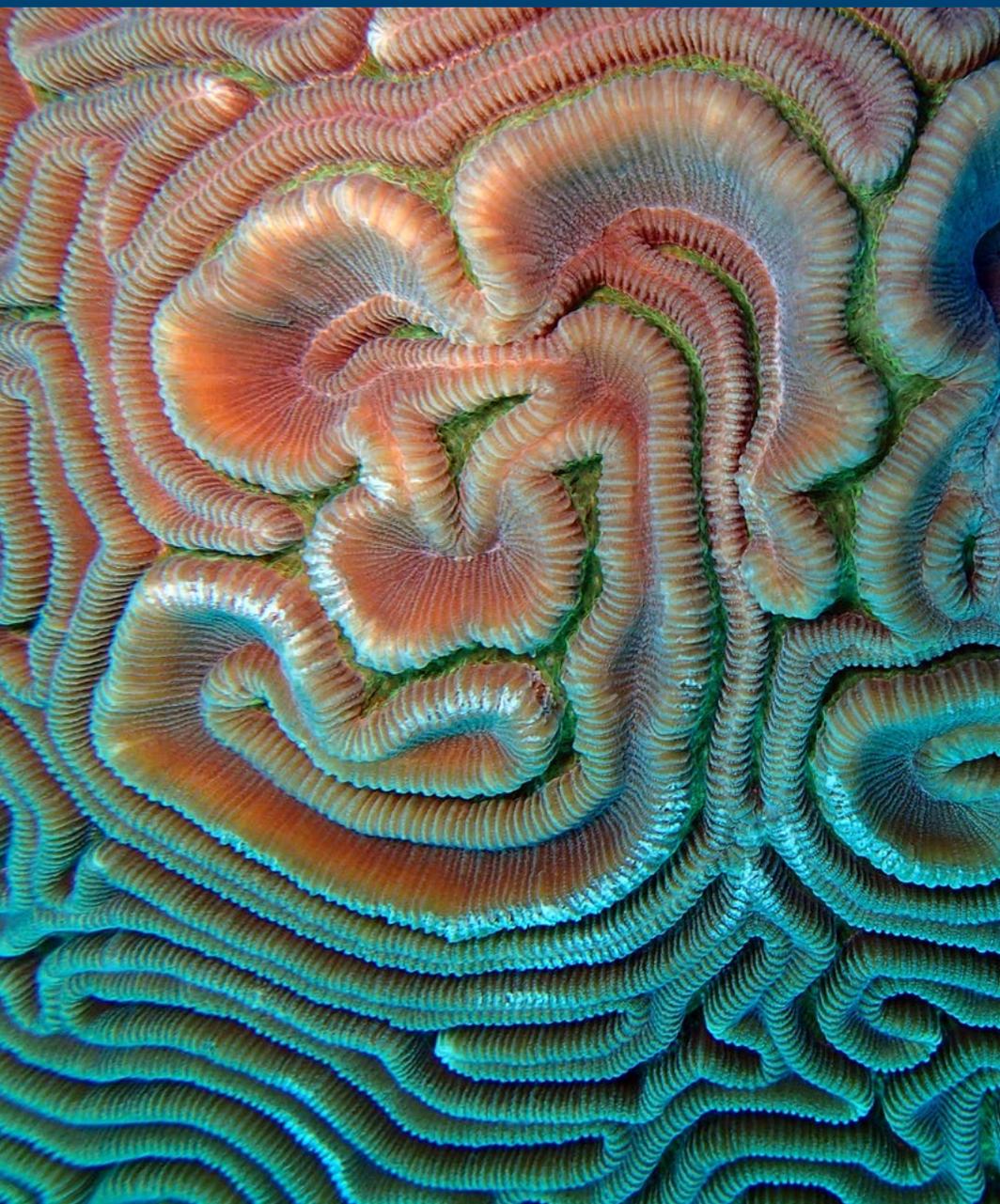
Estos protocolos parten de la experiencia alcanzada en Colombia en los últimos 15 años como el Sistema de Monitoreo de Arrecifes Coralinos (Simac), la Red de Monitoreo de la Calidad de Aguas Marinas y Costeras (Redcam), y el Sistema de Información Pesquera (Sipein). La fortaleza de estos ha sido la aplicación 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 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 2012 y 2014 en el marco de los dos proyectos logrando concertar que variables mínimas eran necesarias tomarlas 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
ÁREAS CORALINAS	11
MATERIALES PARA EL MONITOREO	14
SELECCIÓN DE SITIOS DE MONITOREO	15
Montaje de las estaciones permanentes de monitoreo	16
METODOLOGÍA DE MONITOREO	22
Cobertura de corales duros y de macroalgas frondosas y tapete algal	22
a) Coral duro vivo (corales pétreos)	24
b) Macroalgas	26
c) Esponjas	29
d) Corales blandos	30
e) Sustrato abiótico	31
f) Otros	31
Biomasa de peces herbívoros y comerciales (carnívoros)	32
CÁLCULO DEL INDICADOR	35
Fórmula para el cálculo del ICT <sub>AC</sub>	37
REPORTE DEL INDICADOR	39
Interpretación del indicador	41
Recomendaciones de manejo	41
BIBLIOGRAFÍA	42
ANEXO 1	44

## 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 del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas de Colombia-SAMP, sin que esto implique que no puedan ser utilizados en otras áreas fuera del subsistema.

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

La construcción de los ICT de los ecosistemas estratégicos marinos y costeros del SAMP se basó en la revisión, con la colaboración de expertos, de los indicadores de integridad biótica (IBIs) propuestos por Invemar (2010) y de experiencias con indicadores de integridad biótica, salud ecosistémica y calidad ecológica de otras partes del mundo. Para el caso de áreas coralinas se decidió simplificar el IBI y generar una nueva propuesta, teniendo en cuenta que no siempre es posible conseguir la información de todas las variables consideradas para su cálculo, principalmente por la dificultad que implica la medición de algunas de éstas en campo, y que los ICT deben estar compuestos de variables que suministren información general y no específica de cada AMP.

Partiendo de lo anterior y con la colaboración de expertos, se seleccionaron las variables que componen los ICTs del SAMP buscando que representaran atributos relevantes y estables (no transitorios) de cada uno de los ecosistemas estratégicos; que su medición en campo y su monitoreo a largo plazo fuese práctica, viable y sostenible; y que facilitaran la visión y mapeo de la condición y tendencia de conservación de estos ecosistemas para una mejor comprensión a lo largo del subsistema.

El ICT<sub>AC</sub> evalúa la condición general de integridad biótica, y por tanto de estado de conservación de áreas coralinas, y los cambios de dicha condición a través del tiempo, por medio de la incorporación de información de cuatro variables, que miden atributos estructurales y funcionales generales de este ecosistema en un solo valor numérico.

El valor del ICT<sub>AC</sub> es clasificado según una escala establecida, de tal forma que las áreas coralinas evaluadas que se encuentren más deterioradas (condición general de integridad biótica en alerta y no deseable) tendrán los valores más bajos y las que se hallen más conservadas y estables (condición general de integridad biótica regular, buena y deseable) los valores más altos.

## ÁREAS CORALINAS

Por lo general, las áreas coralinas comprenden, además de las formaciones coralinas que le dan su nombre, una serie de biotopos y hábitats asociados, usualmente distribuidos en forma de mosaico, que se distinguen entre sí por la naturaleza física del sustrato (sedimentos escombros coralinos, rocas, etc.), por componentes bióticos conspicuos que cubren el fondo (algas, fanerógamas, esponjas, abanicos de mar, etc.) y por poseer elementos característicos de fauna y flora (Díaz *et al.*, 2000).

“Un arrecife es una estructura construida básicamente por organismos vivos, que modifica sustancialmente la topografía del lecho marino y cuya dimensión es tal que influencia las propiedades físicas, y por ende ecológicas, del medio circundante; su consistencia es lo suficientemente compacta para resistir las fuerzas hidrodinámicas y, por lo tanto, está en capacidad de conformar un hábitat duradero, estable y característicamente estructurado para albergar organismos especialmente adaptados (Schuhmacher, 1982)”

Los arrecifes de coral y las comunidades del arrecife se desarrollan mejor en aguas tropicales claras y cálidas, con salinidades relativamente altas entre 33 y 36. Dado que los corales hermatípicos viven en simbiosis con algas microscópicas (zooxantelas), su distribución está limitada a las aguas claras y a zonas poco profundas, generalmente por encima de los 50 m de profundidad.

De acuerdo con su forma, origen y localización con respecto a la costa, los arrecifes suelen clasificarse en varios tipos:

- Arrecifes franjeantes o costeros: Constituyen el tipo más común de todos los arrecifes del mundo (Alvarado-C. *et al.*, 2004). Se desarrollan directamente a lo largo de la costa y alcanzan un ancho de hasta 1 km, el frente de la costa tiende a crecer hacia afuera de la costa (Díaz *et al.*, 2000). Un ejemplo claro de este tipo de arrecife se encuentra en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo.

- Arrecifes de barrera: Se desarrollan paralelos a la costa, pero lo hacen lejos de la orilla, a varios cientos de kilómetros y tienen crestas arrecifales extensas y expuestas. En Colombia un ejemplo de este tipo de arrecife es la barrera de Providencia (Alvarado-C. *et al.*, 2004).
- Atolón: Es un arrecife de forma anillada, ovalada o en herradura, que encierra una laguna poco profunda. La cresta del arrecife está frecuentemente expuesta. Los atolones generalmente están en aguas oceánicas. En Colombia, estos tipos de arrecifes están presentes en los Cayos Courtown, Albuquerque, en los Archipiélagos de San Andrés y Providencia (Alvarado-C. *et al.*, 2004).
- Arrecifes de parche: Son arrecifes de diversas formas, cuyo tamaño es pequeño; suelen desarrollarse aisladamente o en grupos en aguas someras y calmas, como en bahías abrigadas, lagunas de atolones y complejos arrecifales (Díaz *et al.*, 2000).

Un complejo arrecifal consiste en una extensión determinada en la que el desarrollo diversificado de estructuras coralinas ha dado lugar a varios tipos de arrecifes. Por ejemplo, las estructuras coralinas que rodean el Archipiélago de San Andrés y Providencia constituyen complejos arrecifales en los que se presentan arrecifes de barrera, franjeantes, de parche, etc. (Díaz *et al.*, 2000).

Los arrecifes de coral constituyen uno de los ecosistemas más importantes, diversos y apreciados del planeta. Se desarrollan en aguas claras de los mares tropicales, donde modifican notablemente el relieve submarino y generan una alta diversidad de hábitats para el asentamiento y proliferación de la vida marina. Los arrecifes coralinos protegen las costas y ecosistemas adyacentes de la erosión (pastos marinos y manglares); asimismo, le ofrece subsistencia a muchas poblaciones costeras quienes extraen recursos pesqueros de gran valor, como cangrejos, langostas, pulpos, caracoles y peces (Invemar, 2012).

Colombia es el único país suramericano que cuenta con arrecifes coralinos en los Océanos Pacífico y Atlántico. Estas áreas abarcan una extensión total de 2.900 km<sup>2</sup> de los cuales 1.091 km<sup>2</sup> comprenden fondos con alta cobertura arrecifal (Díaz *et al.*, 2000); lo que representa menos del 0,4% de los arrecifes existentes en el mundo (Spalding *et al.*, 2001). La costa del Pacífico comprende una pequeña fracción (15 km<sup>2</sup>) distribuida entre la isla Gorgona, la ensenada de Utría, punta Tebada y la isla Malpelo (Díaz *et al.*, 2000). Las áreas arrecifales del Caribe cubren una mayor extensión, dentro de la cual, el 77% se concentra en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, donde además se observan los arrecifes más complejos y desarrollados. Otros arrecifes de importancia, se encuentran a nivel continental en los archipiélagos de San Bernardo, Nuestra Señora del Rosario, en la región del Urabá chocoano, en Isla Fuerte y el Parque Nacional Natural Tayrona (Díaz *et al.*, 2000).

## MATERIALES PARA EL MONITOREO

A continuación se listan los equipos y materiales que se requieren para realizar las actividades de monitoreo de áreas coralinas, 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 áreas coralinas (ICT)

Ítem	Cantidad
<b>Equipos</b>	
Geoposicionador (GPS)	2
Equipos de buceo autónomo	4
Computadores de buceo	2
Cámara fotográfica con housing + memoria SD	1
Computador	1
<b>Materiales</b>	
Estacas de acero inoxidable de 1,3 cm de diámetro y 60 cm de largo para el Caribe	2 por transecto
Estacas de acero inoxidable de 1,3 cm de diámetro y 1 m de largo para el Pacífico	2 por transecto
Clavos de acero inoxidable de 8-10 cm de largo	2 por transecto
Martillo o mazo de 2 kg	2
Cinzel	2
Boya de 5 cm de diámetro	2 por transecto
Cuerda parafinada delgada (dos pedazos de 30 cm y uno adicional de 1 m)	Por transecto
Cinta métrica (flexómetro) de 10 m de longitud. Puede reemplazarse por cuerda de 12 m marcada cada 10 cm con esparadrapo delgado (dejando un pedazo para amarrar cada extremo)	1 por transecto
Cinta métrica (flexómetro) de 30 m	2 por transecto
Rollo de cinta aislante	1
Tubo T (elaborado a partir de 3 tubos de PVC de 50 cm de largo y ½ pulgada de diámetro, unidos a través de un acoplador T hembra)	1 o 2
Tabla acrílica (18 cm de ancho por 25 cm de largo)	2 por observador
Lápices de grafito	1 por observador
<b>Transporte</b>	
Combustible para embarcación (motor fuera de borda)	1 embarcación

## SELECCIÓN DE SITIOS DE MONITOREO

La siguiente indicación, aplica para el caso de las áreas marinas en donde a la fecha no existen estaciones del Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Simac) y en aquellas áreas en donde se tenga el interés de ampliar el número de estaciones ya existentes.

Partiendo de la revisión cartográfica inicial sobre la zonificación de manejo y las unidades ecológicas del AMP, que permita definir áreas representativas para el monitoreo de las áreas coralinas, deben realizarse buceos de exploración para encontrar el o los sitios ideales y establecer allí la o las estaciones permanentes. Estos sitios deben contar con buen desarrollo coralino, es decir áreas coralinas continuas con extensión suficiente para establecer transectos. También es importante que las distintas estaciones pertenezcan a la misma expresión de la comunidad arrecifal (definir si serán áreas expuestas o no expuestas a la acción del oleaje).

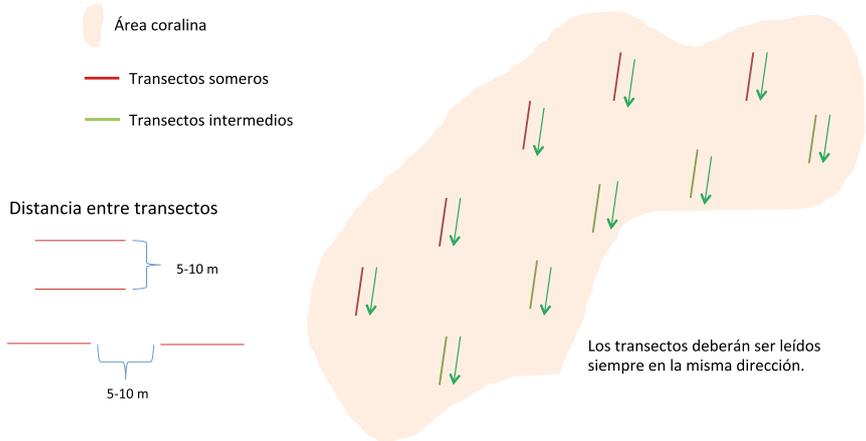
Cada estación debe tener dos niveles de profundidad, uno somero, entre 2 y 7 m, y otro a nivel medio, entre 8 y 12 m. Sin embargo, si por debajo de 7 m no hay suficiente desarrollo coralino la estación incluirá solo transectos en el nivel somero. No se tienen en cuenta profundidades mayores a 12 m para facilitar el trabajo subacuático y evitar limitaciones por tiempo de buceo.

Una vez definidas las estaciones y sus niveles de profundidad, es esencial registrar con el GPS, cuando la embarcación se haya estabilizado, la ubicación de cada nivel. Si la ubicación geográfica se toma desde la costa o a cierta distancia desde una embarcación, por las condiciones de acceso, debe especificarse la dirección y la distancia desde las coordenadas registradas. Puede ser muy útil realizar un mapa en superficie que muestre la ubicación y distancia entre los niveles de profundidad con relación al norte geográfico y la línea de costa más cercana. En las coordenadas de cada nivel de profundidad es recomendable montar una boya de 15 cm de diámetro a media agua, de manera que sea posible ubicarla desde la embarcación o a medida que se va descendiendo durante el buceo.

## Montaje de las estaciones permanentes de monitoreo

### Opción A

Mediante buceo con equipo autónomo deben ubicarse, en sitios con buen desarrollo coralino para cada nivel de profundidad, preferiblemente cinco transectos permanentes (mínimo tres) de 10 m de largo, sin superponerse. La distancia entre transectos y su disposición dependerán de las características propias de cada estación. Lo ideal es que se encuentren separados entre sí entre 5 y 10 m, tanto por los extremos como por los lados, de manera que sea fácil ubicarlos y que los buzos puedan tener contacto visual mientras realizan el monitoreo (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema de ubicación y distancia entre transectos en el área coralina a monitorear.

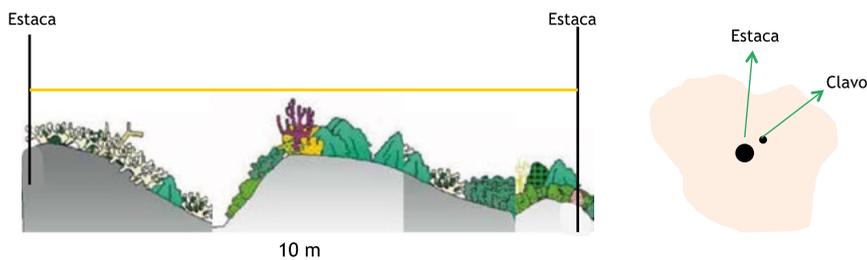
Al escoger los puntos de inicio de los transectos es recomendable buscar sustratos coralinos muertos, en lo posible cabezas macizas muertas o parcialmente muertas, para que sea más fácil el anclaje de las estacas. La perforación vertical del sustrato se inicia golpeando el cincel con el mazo hasta alcanzar unos cuantos centímetros, luego se introduce la estaca en

el agujero y se golpea firmemente hasta que quede bien agarrada y con aproximadamente 10 cm expuestos (la estaca no debe moverse al halarla con fuerza hacia arriba) (Figura 2).



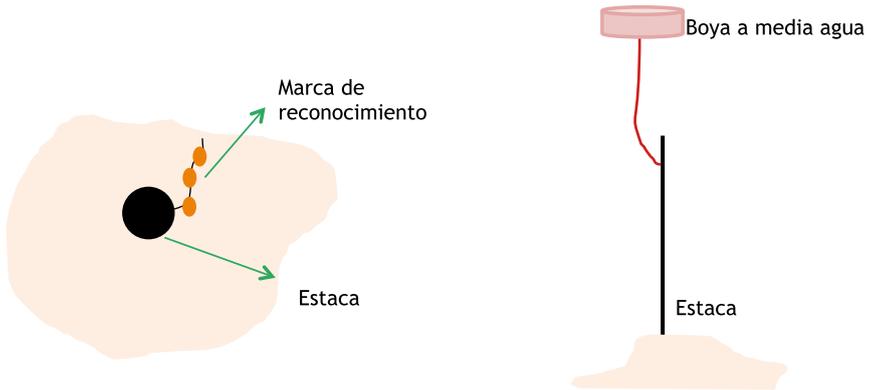
**Figura 2.** Fotografía que muestra la instalación de una estaca para los transectos de monitoreo de corales. Foto archivo Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Simac).

A partir de la estaca se despliega el flexómetro de 10 m en línea recta y se instala la otra, tratando de conservar la misma profundidad inicial. Cerca de cada una de ellas, debe situarse un clavo de acero inoxidable orientado hacia la dirección de la estaca compañera, esto con el fin de facilitar la ubicación del transecto en el momento del monitoreo (Figura 3).



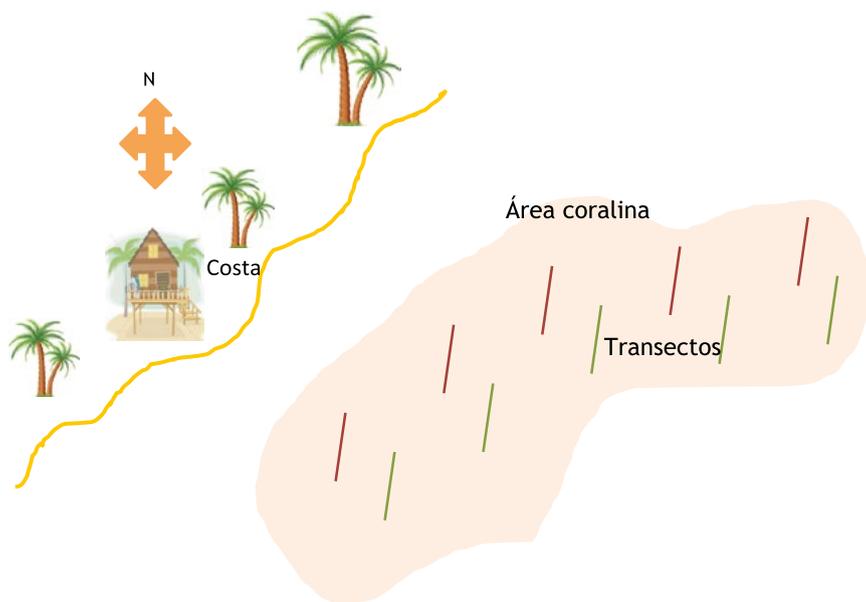
**Figura 3.** Esquema de posición del flexómetro para delimitación del transecto y ubicación de clavo que indica la dirección en la cual están orientadas las estacas compañeras.

A las estacas que forman un transecto se les debe amarrar una cuerda sintética delgada con una marca de reconocimiento, la cual consiste en la cantidad de nudos correspondiente al número del transecto (1, 2, 3, 4 ó 5). También debe amarrarse a cada estaca una boya de 5 cm de diámetro para posteriormente encontrar con facilidad los transectos (Figura 4).



**Figura 4.** Esquema de señalización de las estacas, mediante la utilización de nudos en el cabo y boya a media agua.

Una vez establecidas las estacas de todos los transectos, para cada nivel de profundidad y sobre una tabla acrílica, debe realizarse un esquema con la ubicación y dirección de los transectos, con respecto al norte geográfico, a la línea de costa más cercana, a las boyas de media agua ó a alguna característica del fondo (canal de arena, cantil, etc.). Este esquema debe copiarse en la libreta de campo correspondiente, ya que será utilizado cada período de monitoreo, para encontrar fácilmente las estacas permanentes (Figura 5).

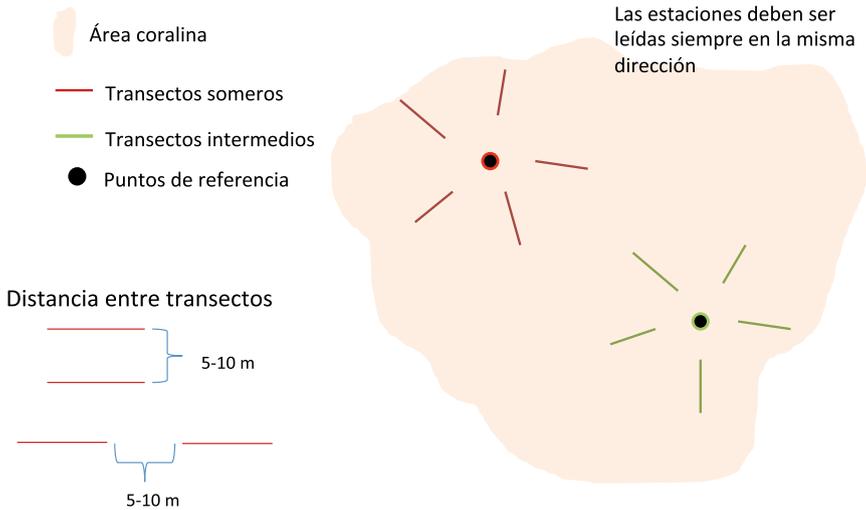


**Figura 5.** Esquema de ubicación de la estación de monitoreo.

### Opción B

Mediante recorridos con equipo de buceo autónomo, deben ubicarse, en sitios donde se encuentren formaciones coralinas, cinco transectos no permanentes (mínimo tres) de 10 m de largo, sin superponerse. Una vez identificada el área donde estarán los transectos, ubicar un punto de referencia fijo, mediante la utilización de una estaca (acero inoxidable), a partir del cual se establecen los transectos no permanentes. Éstos deben estar separados entre sí, entre 5 y 10 m, tanto por los extremos como por los lados, de manera que sea fácil ubicarlos y que los buzos puedan tener contacto visual mientras realizan el monitoreo.

Adicionalmente, se debe realizar la georreferenciación (GPS) de la formación coralina, mapa con ubicación y dirección de los transectos no permanentes, dirección de lectura de cada transecto y montaje de boya a media agua como punto de referencia (Figura 6).

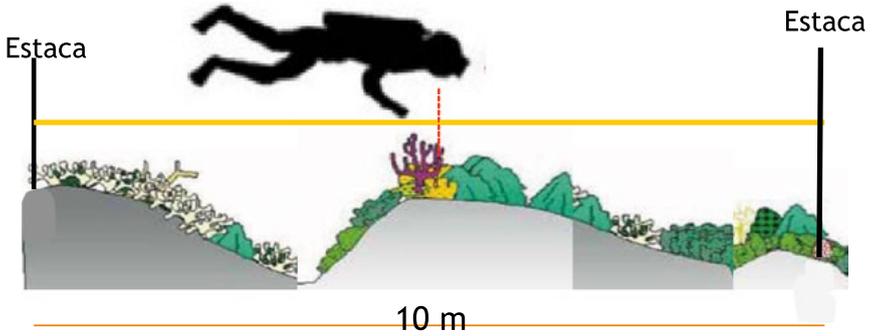


**Figura 6.** Esquema de ubicación de estacas y transectos no permanentes.

### Recomendaciones generales (Figura 7)

- El flexómetro o cuerda (al momento de extenderse) no debe estar sobre los corales.
- Se debe registrar únicamente lo que se encuentre bajo el punto, lo más perpendicular posible.
- Cuando los transectos no son fijos, para sostener el flexómetro o la cuerda, debe instalarse de manera provisional dos soportes.

Tener una marca a lo largo del flexómetro o cuerda para tener siempre la referencia del punto que se está midiendo.



**Figura 7.** Esquema de la realización de la toma de datos.

## METODOLOGÍA DE MONITOREO

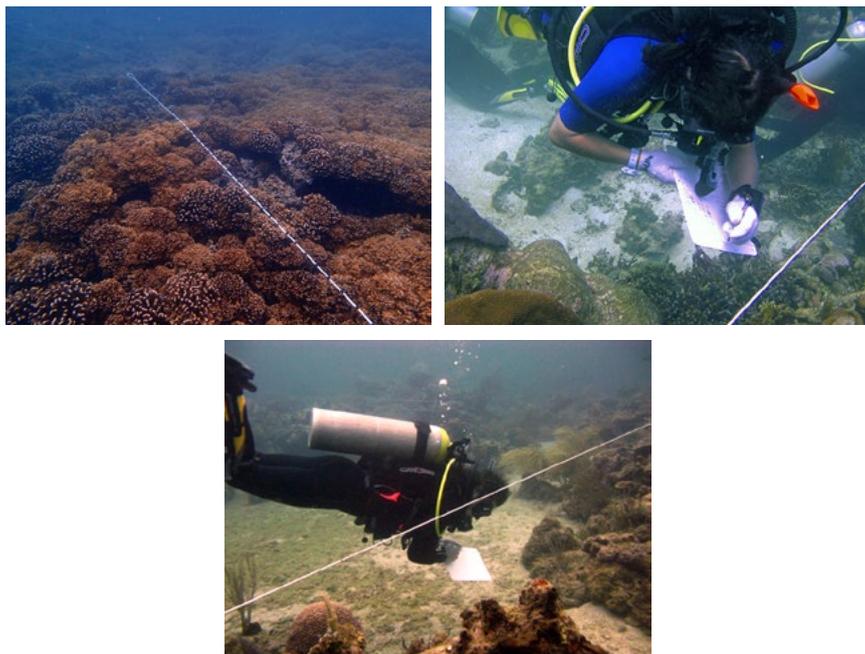
La medición de las variables del ICT<sub>AC</sub> se basan en el manual de métodos del Sistema Nacional de Monitoreo de Arrefices Coralinos en Colombia (Simac) y en los Protocolos del Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (Agrra), versión 5.4 (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002; Lang *et al.*, 2010).

Para que la comparación de los datos entre los distintos años de monitoreo de un área coralina sea posible, lo cual permite establecer la tendencia de su condición general de integridad biótica, los muestreos en el área determinada deben realizarse dos veces en el año, siempre durante los mismos meses. Por lo tanto, es importante escoger aquellos que tengan las mejores condiciones climáticas para trabajo en el agua (mar calmo y buena visibilidad), esto con el fin de facilitar el muestreo y reducir los daños en los corales, siempre buscando la comparación entre dos épocas climáticas inicialmente.

### Cobertura de corales duros y de macroalgas frondosas y tapete algal

Antes de entrar al agua, cada buzo debe dibujar en su tabla acrílica el esquema del nivel de profundidad para ubicar los transectos y definir cuáles de estos va a muestrear. Bajo el agua el buzo ubicará las parejas de estacas correspondientes a partir del esquema y de la cuerda anudada de reconocimiento. La determinación de la cobertura de corales duros y de macroalgas frondosas se basa en la metodología de transecto de punto intercepto. Una vez ubicadas el par de estacas de un transecto, debe extenderse, entre los extremos inferiores de estas, una cinta métrica de 10 m o una cuerda marcada cada 10 cm, teniendo la precaución de no golpear, rayar o partir las colonias. Posteriormente el buzo recorre el transecto y registra en la tabla acrílica, el sustrato o bentos (según la categoría correspondiente) que está directamente debajo de la cinta métrica o cuerda cada 10 cm (Figura 8). Se aconseja marcar con esparadrapo o algún tipo de marcador simple cada punto que debe ser mues-

treado en la cinta o cuerda con el fin de no perder la referencia si tuviera que alejarse del transecto.



**Figura 8.** Fotografía que muestra la cuerda ó cinta métrica extendida sobre el arrecife a monitorear y a los buzos recorriendo los transectos de 10 m para estimar la cobertura de corales duros vivos y macro-algas frondosas. Foto archivo Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Simac).

Aunque para el cálculo del indicador solo se requiere la **cobertura de coral duro vivo (%)** y de **macroalgas frondosas y tapete algal (%)**, es importante registrar las demás categorías en la tabla acrílica y en la base de datos histórica de los transectos, esto con el fin de contar con información más detallada que pueda facilitar el entendimiento de los cambios que se presenten en los transectos a lo largo del tiempo y por

tanto de la tendencia de las áreas coralinas monitoreadas. De esta manera, si el personal que está realizando el monitoreo cuenta con la experiencia para incluir aún más detalles y llegar a identificar algunas especies de las distintas categorías, debe incluir esa información en la base de datos.

A continuación se presentan las categorías del sustrato o bentos (Garzón-Ferreira *et al*, 2002), que se recomienda sean registradas al momento de hacer el monitoreo. **Con asterisco se resaltan los sustratos que se tienen en cuenta para el cálculo del ICT<sub>AC</sub>.**

#### a) Coral duro vivo (corales pétreos)

- **Masivos (Mass)\***: Colonias que se extienden fuera del sustrato en forma de domo o monte, pero sin ramas (Figura 9).



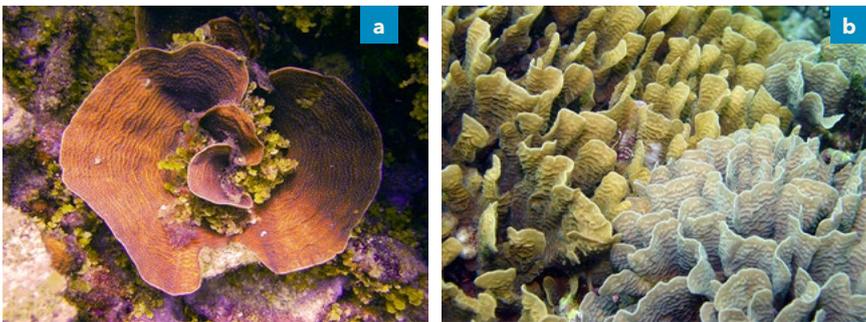
**Figura 9.** a) *Diploria labyrinthiformis* y b) *Dendrogyra cylindricus* (Fotos: Alberto Rodríguez-Ramírez).

- **Incrustantes (Enco)\***: Colonias que permanecen relativamente planas tomando la forma del sustrato. Juveniles de corales masivos pueden hacer parte de esta categoría (Figura 10).



**Figura 10.** *Siderastrea radians* (Foto: Kelly Gómez-Campo).

- **Foliáceos (Foli)\***: Colonias que tienen forma de plato o de hoja, extendiéndose fuera del sustrato (Figura 11).



**Figura 11.** a) *Agaricia lamarcki* (Foto: Jaime Garzón-Ferreira), b) *Undaria tenuifolia* (Foto: Alberto Rodríguez-Ramírez).

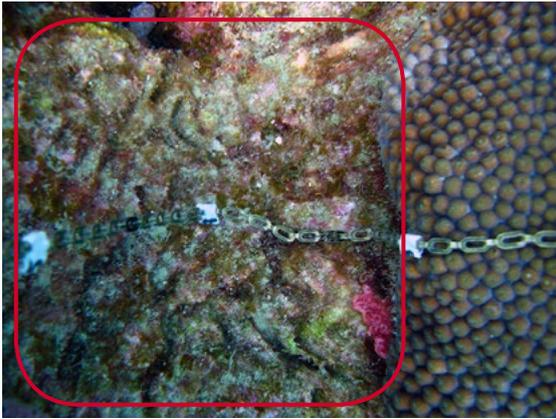
- **Ramificados (Bran)\*:** Colonias erectas que proyecta extensiones laterales o ramas (Figura 12).



**Figura 12.** *Acropora palmata* (Foto: Alberto Rodríguez-Ramírez).

#### *b) Macroalgas*

- **Tapetes (Talg)\*:** Cubren el fondo con una capa que puede tener apariencia frondosa o filamentososa. No se levantan más de un centímetro por encima del sustrato (Figura 13).



**Figura 13.** Resaltado en el recuadro, vista de alga tapete *Ventricaria* sp. (Talg). Foto Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Simac).

- **Frondosas o carnosas (Falg)\*:** Son blandas al tacto y sus frondas se proyectan más de un centímetro por encima del sustrato (Figura 14).



**Figura 14.** Alga frondosa o carnosa *Dyctiota* sp. (Falg). Foto Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Simac).

- **Calcárea erectas (Calg):** Se proyectan por encima des sustrato como las algas tipo frondoso, pero son duras al tacto por su alto contenido de carbonato de calcio (Figura 15).



**Figura 15.** Alga calcárea erecta *Halimeda* sp. (Calg). Foto Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Simac).

- **Calcáreas Incrustantes (Ealg):** Forman una especie de capa dura adherida al sustrato. La textura es más o menos lisa y la coloración varía desde rosa oscuro a morado y a veces puede tener un tono grisáceo. No deben confundirse con sustrato arrecifal expuesto que tiene una apariencia amarillenta o blanquecina (Figura 16).



**Figura 16.** Algas calcáreas incrustantes del género *Porolithon* sp. Foto Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Simac).

c) Esponjas

- **Incrustantes (Ensp)**: Forman una capa baja sobre el sustrato (Figura 17).



**Figura 17.** Esponja incrustante *Ircinia* sp. Foto Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Simac).

- **Erectas (Ersp)**: Se proyectan desde la superficie del fondo (Figura 18).



**Figura 18.** Esponja erecta *Aplisyna* sp. Foto Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Simac).

d) Corales blandos

- **Gorgonáceos erectos (Gorg):** Tienen un pedúnculo adherido al sustrato y se proyectan por encima del mismo. Se tienen en cuenta para el registro si bajo el punto de la línea guía del transecto se encuentra parte del pedúnculo y no solamente ramas (Figura 19).



**Figura 19.** Gorgonáceo erecto, *Plexaura* sp. Foto Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Simac).

- **Gorgonáceos incrustantes (Engr):** Crecen tomando la morfología del fondo, como un tapete (Figura 20).



**Figura 20.** Gorgonáceo incrustante *Erythropodium caribaeorum*. Foto: Archivo BEM-GEF SAMP.

#### e) Sustrato abiótico

- **Arena (Sand):** Incluye arenas gruesas y lodo.
- **Cascajo (Rubb):** Partículas mayores a 4 mm y hasta 30 cm de diámetro en promedio.
- **Cantos (Boul):** Pedazos grandes de coral muerto suelto o rocas sueltas de 0,3 a 1 m de diámetro.
- **Roca (Rock):** Sustrato arrecifal expuesto.
- **Huecos (Gaps):** Grietas, hoyos, cuevas, en donde no es posible medir ninguno de los demás atributos.
- **Coral duro recién muerto (Dcor):** Colonias que han perdido recientemente el tejido coralino blando. Tienen apariencia blancuzca, los cálices en buen estado y no presentan crecimiento de algas.

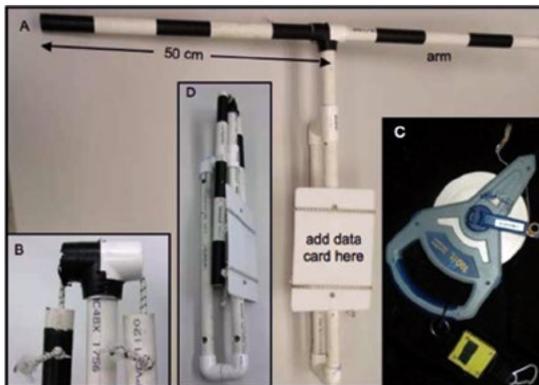
#### f) Otros

Ascidas, Poliquetos, briozoos, anémonas, zoantideos, corlimorfario, entre otros.

## Biomasa de peces herbívoros y carnívoros

La metodología para la determinación de la biomasa de peces herbívoros y comerciales se realiza en cada nivel de profundidad, en los alrededores y entre los transectos del monitoreo de cobertura de corales y algas. Para esto, los buzos deben recorrer diez transectos de banda de 2 x 30 m, ubicados en diferentes direcciones a partir de las estacas de cobertura, registrando en la tabla acrílica la cantidad y longitud estándar aproximada (desde la punta de la cabeza hasta el inicio del centro de la aleta caudal) de cirujanos, loros, pargos, chernas y meros, con longitudes mayores a 5 cm (Anexo 1).

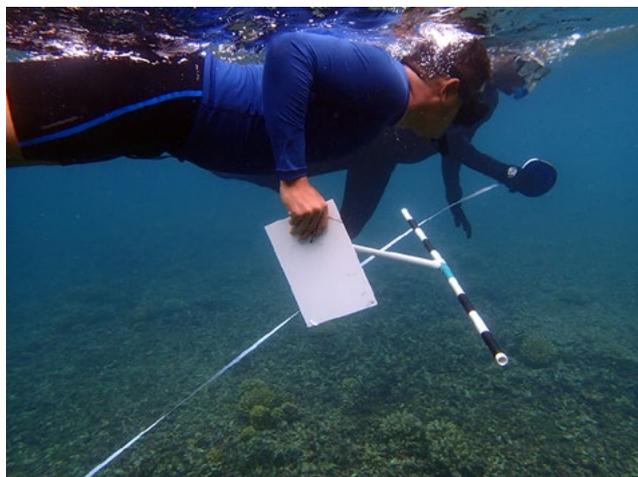
Para medir los peces se utiliza una vara de un metro en forma de T graduada cada 10 cm, que a la vez sirve para delimitar el ancho del transecto (Figura 21).



**Figura 21.** a) Vara en forma de T armada con marcas de 10 cm; b) Unión de los brazos por medio de la cuerda sintética delgada y del conector de PVC; c) Cinta métrica o flexómetro de 30 m; d) Vara T cerrada para facilitar su transporte. Tomado de los Protocolos del Atlantic and Gulf Rapid Assessment-AGRRA Lang et al. (2010).

Para el recorrido del transecto de banda, el buzo debe asegurar la cinta métrica de 30 m en el chaleco o en el cinturón de lastre y luego escoger

una de las estacas de los transectos de cobertura y amarrarle el extremo libre de la cinta, de tal manera que esta pueda extenderse fácilmente a medida que avanza. Luego debe ubicar frente a él la vara T e iniciar el recorrido nadando a un ritmo lento y constante a medida que observa por delante de su posición, de manera uniforme a lado y lado, y estimar la longitud aproximada de cada pez con los incrementos de 10 cm de la vara, asignándole una de las siguientes categorías de tamaño: 0-5 cm, 6-10 cm, 11-20 cm, 21-30 cm, 31-40 cm y > 40 cm (Figura 22). Cuando se observen cardúmenes densos debe aproximarse el número de individuos de cada categoría de tamaño, si son menos de 100 al 10 más cercano o si son más de 100 al 100 más cercano. Solo deben contarse los miembros del cardumen que estén dentro de la banda de 2 m. Se recomienda fijar de vez en cuando la vista en un objeto en la distancia para ayudar a mantener una línea recta, además de hacer pausas para registrar más fácilmente los datos y luego reanudar el nado a velocidad uniforme.



**Figura 22.** Utilización de Tubo T para monitoreo de peces y estimación de tallas. Foto: Archivo BEM-Invemar.

La fórmula que se utiliza para calcular biomasa es:

$$W = a L^b$$

Donde:

W= Peso

a y b = son parámetros constantes que corresponden a cada especie. Se pueden encontrar en bases de datos como [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)

L= Longitud

## CÁLCULO DEL INDICADOR

Para la selección de las variables que conforman el ICT<sub>AC</sub> se realizó una reunión, durante el año 2013, con expertos en este ecosistema. En esta jornada de trabajo se discutió la simplificación del Indicador de Integridad Biótica de Áreas Coralinas (IBI<sub>C</sub>), propuesto por Invemar (2010), basándose en las variables escogidas por la experiencia que han tenido los países componentes del Arrecife Mesoamericano con el establecimiento y utilización del índice Integrado de la Salud del Arrecife Simplificado (IISAS) (Iniciativa Arrecifes Saludables, 2010, 2012). Como resultado, las variables escogidas para el ICT<sub>AC</sub> son las mismas que conforman el IISAS, debido a la pertinencia de la información básica que suministran sobre la condición general de integridad biótica de áreas coralinas.

Las variables consideradas son:

- **Cobertura de coral duro vivo (CCV):** Es el porcentaje de superficie del fondo cubierta por corales duros (masivos, incrustantes, ramificados y foliáceos y milepóridos). Se parte del hecho de que estos organismos son los constructores fundamentales de este ecosistema, proporcionando hábitat a gran cantidad de organismos y siendo la base de diferentes procesos arrecifales (Garzón-Ferreira *et al*, 2002).
- **Cobertura de macroalgas frondosas y tapete algal (CMFT):** Corresponde al porcentaje de superficie del fondo cubierto por macroalgas frondosas o tapete algal, teniendo en cuenta que estas algas son competidoras importantes de los corales duros y que pasan a dominar la superficie del fondo cuando los procesos de degradación en el arrecife están bastante avanzados (Huges, 1994; Diaz-Pulido y Garzón-Ferreira, 2002).
- **Biomasa de peces herbívoros: Loros y cirujanos (BPH):** Se expresa en gramos. Los gramos en 100 m<sup>2</sup> de peces cirujanos (Acanthuridae) y loros (Scaridae), partiendo de que estos grupos de peces son los principales herbívoros dentro de los arrecifes coralinos, cumpliendo

un papel muy importante al mantener equilibrada la cantidad de macroalgas frondosas en el ecosistema, asegurando la supervivencia de los corales (Bohnsack, 1994; Wainwright y Bellwood, 2002). En la actualidad, desde la mortalidad masiva del erizo *Diadema antillarum*, la mayor parte del consumo de algas en los arrecifes se centró en los peces herbívoros, especialmente los loros y los cirujanos (Mumby *et al.*, 2007).

- **Biomasa de peces carnívoros: Pargos, chernas y meros (BPC):** Se expresa en gramos. Los gramos en 100 m<sup>2</sup> de pargos (Lutjanidae), chernas y meros (Serranidae), teniendo en cuenta que estos grupos de peces son importantes depredadores dentro del arrecife y los principales objetivos comerciales dentro de este ecosistema, por lo que son indicadores del estado general de las poblaciones de peces, de la presión de pesca y de las condiciones generales del hábitat (Rogers, 1985; Bohnsack, 1994; Wainwright y Bellwood, 2002).

A partir de la medición en campo de cada variable se obtiene un valor para cada una de ellas en el área marina evaluada, estos valores se clasifican, entre 1 (no deseable) y 5 (deseable), según los ámbitos de los valores de referencia para el Caribe y el Pacífico respectivamente.

NOTA: Los valores de referencia, han sido construidos para el Caribe con base en la iniciativa Arrecifes Saludables (2012), que considera datos para cada variable provenientes del Gran Caribe a partir de la base de datos de Agrra y la consulta de expertos. Para el Pacífico, los valores de referencia, han sido construidos a partir de la base de datos del Simac con información proveniente de los monitoreos de arrecifes coralinos de los PNN Gorgona, Santuario de Fauna y Flora Malpelo y el PNN Utría, estos referentes deberán complementarse con información proveniente de experiencias de monitoreo de la región y con la consulta de expertos.

## Fórmula para el cálculo del ICT<sub>AC</sub>

El ICT<sub>AC</sub> al ser un indicador compuesto integra las cuatro variables establecidas para su estimación por medio de la función de promedio aritmético.

Fórmula:

$$ICT_{AC} = \frac{CCV + CMF + BPH + BPC}{4}$$

Para obtener la calificación de condición general de integridad del área coralina evaluada, el valor obtenido para el ICT<sub>AC</sub> se clasifica según la escala que se presenta en la tabla 2. La áreas coralinas evaluadas más deterioradas (condición general de integridad biótica en alerta y no deseable) obtendrán los valores más bajos (1-2,6), y las más conservadas (condición general de integridad biótica regular, buena y deseable) los valores más altos (>2,6-5).

**Tabla 2.** Escala de clasificación del Indicador de Condición-Tendencia de Áreas Coralinas (ICT<sub>AC</sub>) del 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 ICT <sub>AC</sub>
Deseable	4,21-5
Buena	3,41-4,2
Regular	2,61-3,4
Alerta	1,81-2,6
No deseable	1-1,8

### Ejemplo de cálculo

AMP-SAMP 1

Estación: 1

Profundidad: Somera

Bentos		
Transecto	CCV (%)	CMF (%)
1	65	40
2	45	60
3	68	39
4	51	28
5	63	28
<b>Promedio</b>	<b>58</b>	<b>39</b>

Peces		
Transecto	Herbívoros	Comerciales
1	19	1
2	0	3
3	0	0
4	0	2
5	0	2
6	27	2
7	21	1
8	19	0
9	22	3
10	22	1
<b>Promedio</b>	<b>13</b>	<b>1,5</b>

$$ICT_{AC} = \frac{5+1+1+1}{4}$$

$$ICT_{AC} = 2$$

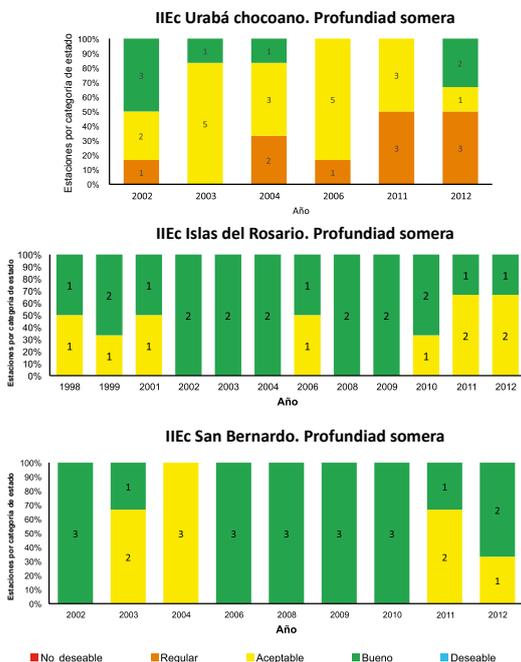
Alerta

	Valor	Calificación según valor de referencia
<b>CCV (%)</b>	58%	5
<b>CMF (%)</b>	39%	1
<b>Herbívoros</b>	13	1
<b>Comerciales</b>	1,5	1

Condición general	Valor ICT <sub>AC</sub>
Deseable	4,21-5
Buena	3,41-4,2
Regular	2,61-3,4
Alerta	1,81-2,6
No deseable	1-1,8

## REPORTE DEL INDICADOR

Como la medición de las variables del ICT<sub>AC</sub> hace parte de un plan de monitoreo con periodicidad semestral dentro de cada AMP (mínimo dos veces en el año, preferiblemente en épocas climáticas opuestas), pueden generarse dos resultados: 1) el de la condición actual del ecosistema para un año determinado para el AMP o para sitios específicos en su interior, según el valor obtenido y clasificado de acuerdo a la escala de la tabla 3, y 2) el de la tendencia de dicha condición a partir de gráficas que permitan la comparación con años anteriores (Figura 23).

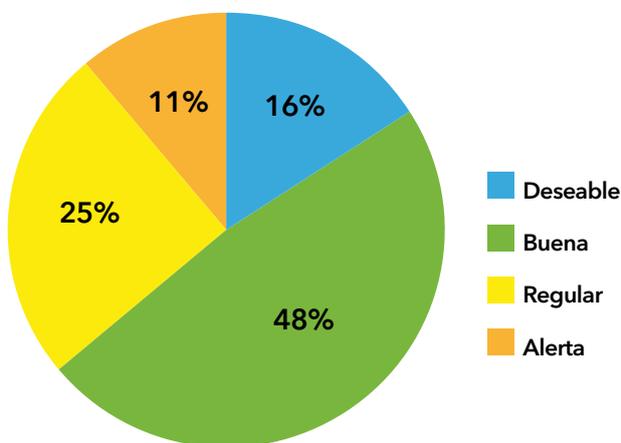


**Figura 23.** Indicador de Integridad Ecológica de corales. Gráficas de barras apiladas, para tres áreas distintas, que muestran el porcentaje de estaciones en las diferentes categorías de integridad biótica durante varios años de monitoreo del Simac, los números sobre las barras corresponden a la cantidad de estaciones que fueron tomadas en cuenta en el cálculo del indicador. Tomado de Posada *et al.* (2012).

Esto permitirá saber, en términos generales, si la condición de integridad general 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, el cual se calcula con la totalidad de los datos del área y no como un promedio de los ICT calculados en los distintos sitios o zonas de manejo.

Para escalas espaciales mayores, como a nivel regional o del SAMP, no es posible calcular el ICT<sub>AC</sub> directamente, pues no es conveniente unir los datos de las distintas AMP. Por lo tanto, para estos casos la condición general de integridad general del ecosistema se expresa como el porcentaje de AMP en las distintas categorías (Figura 24).

Adicionalmente, para las distintas escalas espaciales pueden generarse mapas mostrando la distribución espacial del ICT<sub>AC</sub>.



**Figura 24.** Indicador de Condición-Tendencia de Áreas Coralinas (ICT<sub>AC</sub>). Porcentaje de áreas marinas protegidas en las distintas categorías de condición general de integridad biótica de áreas coralinas para el Caribe colombiano durante el año 2011. Grafica de ejemplo, no basada en datos reales.

## Interpretación del indicador

El ICT<sub>AC</sub> permite evaluar la condición general de integridad biótica y sus cambios a través del tiempo, a diferentes escalas espaciales, de áreas coralinas someras presentes en las áreas protegidas del SAMP, sin que esto implique que no pueda ser utilizado en otras áreas fuera del subsistema.

Clasificación de la condición general de integridad del área coralina evaluada en: deseable, buena, regular, alerta y no deseable.

## 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 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<sub>AC</sub>, pero que consideren relevantes para el monitoreo, manejo y control del AMP.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado-C, M. E., M. Abello, E. McRae, J. Baquero y D. McAllister. 2004. Manual de cuidados para los arrecifes de coral del Gran Caribe. Fundación Universitaria de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Museo del Mar. Bogotá. 196 p.
- Angermeier, P. L. y J. R. Karr. 1994. Biological integrity versus biological diversity as policy directives. Protecting biotic resources. *Bioscience*, 44 (10): 690-697.
- Batista-Morales, A. y D. Gómez. 2010. Indicadores de estado de conservación de los ecosistemas marino-costeros de Colombia. 173-210. En: Invemar (Ed). Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009. Serie Publicaciones Periódicas No. 8, Santa Marta. 319 p.
- Bonhnsack, J. A. 1994. The impacts of fishing on coral reefs. 196-200. En: Ginsburg, R. N. (Ed.). Proc. of the Colloquium of Global Aspects of Coral Reefs: Health, Hazards and History. RSMAS, University of Miami, EE.UU. 420 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.
- Díaz-Pulido, G. y J. Garzón-Ferreira. 2002. Seasonality in anagal assemblages on upwelling-influenced coral reefs in the Colombian Caribbean. *Botanica Marina*, 45: 284-292.
- Díaz, J. M., L. M. Barrios, M. H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G. H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzón, B. Vargas-Ángel, F. A. Zapata y S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. Serie de Publicaciones Especiales del Invemar No. 5, Santa Marta. 176 p.
- Garzón-Ferreira, J., A. Rodríguez-Ramírez, S. Bejarano-Chavarro, R. Navas-Camacho y C. Reyes-Nivia. 2002. Estado de los arrecifes coralinos en Colombia. 29-40. En: Invemar (Ed.). Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2001. Serie de Publicaciones Periódicas del Invemar No. 8. Santa Marta. 178 p.
- Huges, T. P. 1994. Catastrophes, phase shifts and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science*, 265: 1547-1551.
- Iniciativa Arrecifes Saludables. 2010. Reporte de la salud ecológica del Arrecife Mesoamericano. Una evaluación de la salud del ecosistema. Iniciativa de Arrecifes Saludables para Gente Saludable. Quintana Roo. 20 p.
- Iniciativa Arrecifes Saludables. 2012. Reporte de la salud ecológica del Arrecife Mesoamericano. Una evaluación de la salud del ecosistema. Iniciativa de Arrecifes Saludables para Gente Saludable. Quintana Roo. 22 p.
- Invemar. 2010. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009. Serie Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. 319 p.
- Invemar. 2012. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2011. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. 203 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. *Envir. Manage.* 5: 55-68.
- Lang, J., K. W. Marks, P. A. Kramer, P. Richards y R. N. Ginsburg. 2010. *Agrra. Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment: Protocols Version 5.4.* Miami, EE.UU. 31 p.

- Mumby, P. J., A. Hastings y H. J. Edwards. 2007. Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs. *Nature*, 450: 98-101.
- 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.
- Posada, B. O., M. C. Díaz, R. Navas, A. M. Batista-Morales, L. J. Vivas-Aguas, S. Narváez, L. V. Perdomo, C. A. Villamil, A. M. Orjuela, D. I. Gómez-López, 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.
- Robertson, R. D. y G. R. Allen. 2012. Fishes: East Pacific. A guide to Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific. Guide App, Version 2.1. Smithsonian Tropical Research Institute.
- Rogers, C. S. 1985. Degradation of Caribbean and Western Atlantic coral reefs and decline of associated fisheries. Proc. 5<sup>th</sup> Intern. Coral Reef Symposium, 6: 491-496.
- Schuhmacher, H. 1982. Korallenriffe, ihre Verbreitung, Tierwelt un Ökologie. BLV Verlagsgesellschaft, Múnich. 274 p.
- Spalding, M. D., C. Ravilious y E. P. Green. 2001. World atlas of Coral Reefs. WCMC-UNEP. University of California Press, Berkeley, EE.UU. 436 p.
- Wainwright, P. C. y D. R. Bellwood. 2002. Ecomorphology of feeding in coral reef fishes. 33-55. En: Sale, P.F. (Ed.). Coral reef fish: dynamics and diversity in a complex ecosystem. Academic Press, Elsevier Science. California. EE.UU. 549 p.

## ANEXO 1

### Lista de especies de peces herbívoros y carnívoros del Caribe para el cálculo de biomasa del Indicador de Condición-Tendencia de Áreas Coralinas (ICT<sub>AC</sub>)

---

#### Herbívoros

##### Loros (Scaridae)

1. *Scarus iseri* (loro)
2. *Scarus taeniopterus* (loro)
3. *Scarus vetula* (loro)
4. *Sparisoma aurofrenatum* (loro picúo)
5. *Sparisoma chrysopterum* (lora)
6. *Sparisoma rubripinne* (loro pardo)
7. *Sparisoma viride* (lora, cotorra, warcashu)

##### Cirujanos (Acanthuridae)

8. *Acanthurus bahianus* (cirujano, navajero)
9. *Acanthurus coeruleus* (cirujano, navajero)
10. *Acanthurus chirurgus* (cirujano, gallinazo, navajero)

#### Carnívoros

##### Chernas y Meros (Serranidae)

11. *Cephalopholis cruentata* (cherna ejambre, cabrilla)
12. *Cephalopholis fulva* (cherna, cabrilla)
13. *Epinephelus adscensionis* (mero, mero cabrilla)
14. *Epinephelus guttatus* (mero, mero colorado)
15. *Epinephelus itajara* (mero, mero guasa)
16. *Epinephelus morio* (mero, cherna, parulua)
17. *Epinephelus striatus* (mero, parulua)

- 18. *Mycteroperca bonaci* (cherna, mero)
- 19. *Mycteroperca interstitialis* (cherna, cherna amarilla)
- 20. *Mycteroperca tigris* (cuna gata, cuna tigre)
- 21. *Mycteroperca venenosa* (cuna cabrilla)

### Pargos (*Lutjanidae*)

- 22. *Lutjanus analis* (pargo, pargo cebao, pargo palmero, pargo mulato, coloushou)
- 23. *Lutjanus apodus* (pargo, pargo chino, pargo mulato, coloushou)
- 24. *Lutjanus cyanopterus* (pargo, pargo cubera)
- 25. *Lutjanus jocu* (pargo, pargo dientón, pargo perro, calipai)
- 26. *Lutjanus mahogoni* (pargo, pargo ojo de gallo)
- 27. *Lutjanus synagris* (pargo, pargo rayado, chino, coloushou)

## Lista de especies de peces herbívoros y comerciales del Pacífico sugeridas, para el cálculo de biomasa del Indicador de Condición-Tendencia de Áreas Coralinas (ICT<sub>AC</sub>)

Listado de especies adaptado de Robertson y Allen (2012)

\*Familias incluidas en el cálculo del indicador

\*\*Familias no incluidas en el cálculo del indicador, pero que han sido reportadas por el SIMAC

### Herbívoros

#### Cirujanos (Acanthuridae)\*

1. *Acanthurus nigricans* (cirujano cariblanco)
2. *Acanthurus triostegus* (cirujano rayado)
3. *Acanthurus xanthopterus* (cirujano aleta amarilla)
4. *Ctenochaetus marginatus* (cirujano de aletas rayadas)
5. *Prionurus laticlavius* (cirujano navaja)

#### Peces Ballesta (Balistidae)\*\*

6. *Balistes polylepis* (pez ballesta de finas escamas)
7. *Canthidermis maculata* (cochito manchado)
8. *Melichthys niger* (pez ballesta negro)
9. *Melichthys vidua* (pez ballesta de cola rosa)
10. *Pseudobalistes naufragium* (tunco)
11. *Sufflamen verres* (cochito)
12. *Xanthichthys mento* (ballesta de cola roja)

#### Chopas (Kyphosidae)\*\*

13. *Kyphosus elegans* (chopa común)

#### Peces Ángel (Pomacanthidae)\*\*

14. *Holacanthus passer* (pez ángel)
15. *Pomacanthus zonipectus* (pez ángel rey)

### Peces Damisela (**Pomacentridae**)\*\*

16. *Abudefduf concolor* (pez sargento nocturno)
17. *Abudefduf troschelii* (pez pintano)
18. *Chromis alta* (pez damisela ovalada)
19. *Chromis atrilobata* (pez cola de tijera)
20. *Microspathodon bairdii* (damisela cabezona)
21. *Microspathodon dorsalis* (damisela gigante)
22. *Stegastes acapulcoensis* (damisela de Acapulco)
23. *Stegastes arcifrons* (damisela cola amarilla)
24. *Stegastes flavilatus* (mojarra)

### Loros (**Scaridae**)\*

25. *Nicholsina denticulata* (loro de diente flojo)
26. *Scarus compressus* (loro chato)
27. *Scarus ghobban* (loro barba azul)
28. *Scarus perrico* (loro jorobado)
29. *Scarus rubroviolaceus* (loro bicolor)

---

## Carnívoros

### Carángidos (**Carangidae**)\*\*

30. *Carangoides orthogrammus* (jurel isleño)
31. *Caranx melampygus* (dorado de peña)
32. *Caranx sexfasciatus* (colinegro)
33. *Decapterus macrosoma* (jurel fino)
34. *Elagatis bipinnulata* (sardinata)
35. *Gnathanodon speciosus* (jurel dorado, espejuelo)
36. *Naucrates ductor* (pez piloto)
37. *Oligoplites saurus inornatus* (coliamarilla)

- 38. *Selar crumenophthalmus* (ojote)
- 39. *Seriola lalandi* (jurel de castilla, dorado)
- 40. *Seriola rivoliana* (bravo)
- 41. *Trachinotus kennedyi* (pámpano)
- 42. *Trachinotus rhodopus* (pámpano fino)
- 43. *Uraspis helvola* (jurel lengua blanca)

#### **Peces Mariposa (Chaetodontidae)\*\***

- 44. *Chaetodon humeralis* (pez mariposa de tres bandas)
- 45. *Forcipiger flavissimus* (mariposa hocicona)
- 46. *Johnrandallia nigrirostris* (mariposa barbero)
- 47. *Prognathodes carlhubbsi* (pez mariposa)

#### **Roncos (Haemulidae)\*\***

- 48. *Anisotremus davidsonii* (burro piedrero)
- 49. *Anisotremus interruptus* (burrito)
- 50. *Anisotremus scapularis* (corocovado)
- 51. *Haemulon maculicauda* (come muerto)
- 52. *Haemulon scudderii* (roncador gris, burro pecoso)
- 54. *Haemulon sexfasciatum* (roncador gris)
- 55. *Haemulon steindachneri* (roncador frijol)

#### **Lábridos (Labridae)\*\***

- 56. *Bodianus diplotaenia* (vieja copetona)
- 57. *Decodon melasma* (lábrido de puntos negros)
- 58. *Halichoeres chierchiae* (el pez herido)
- 59. *Halichoeres discolor* (vieja)
- 60. *Halichoeres dispilus* (doncella o señorita camaleón)
- 61. *Halichoeres malpelo* (doncella o señorita Malpelo)

- 62. *Halichoeres melanotis* (doncella o señorita dorada)
- 63. *Halichoeres nicholsi* (doncella o señorita solterona)
- 64. *Halichoeres notospilus* (doncella o señorita con bandas)
- 65. *Iniistius pavo* (señorita abanderada)
- 66. *Novaculichthys taeniourus* (movedor de rocas, dragón)
- 67. *Stethojulis bandanensis* (doncella o señorita pintada)
- 68. *Thalassoma grammaticum* (doncella o señorita crepúsculo, vieja)
- 69. *Thalassoma lucasanum* (doncella o señorita arco iris, vieja)

#### Pargos (*Lutjanidae*)\*

- 70. *Hoplopagrus guentherii* (pargo roquero)
- 71. *Lutjanus aratus* (pargo guagua)
- 72. *Lutjanus argentiventris* (pargo amarillo)
- 73. *Lutjanus colorado* (pargo rojo)
- 74. *Lutjanus guttatus* (pargo lunarejo)
- 75. *Lutjanus inermis* (chorlito)
- 76. *Lutjanus jordani* (dientón, muelón)
- 77. *Lutjanus novemfasciatus* (pargo prieto)
- 78. *Lutjanus peru* (pargo platero)
- 79. *Lutjanus viridis* (pargo rayado)

#### Peces Vaca (*Ostraciidae*)\*\*

- 80. *Ostracion meleagris* (toro marino)

#### Chernas y Meros (*Serranidae*)\*

- 81. *Alphestes immaculatus* (guaseta, cherna, cabrito)
- 82. *Alphestes multiguttatus* (guaseta rayada)
- 83. *Cephalopholis panamensis* (cabrillo pintado)
- 84. *Dermatolepis dermatolepis* (mero cuero)

85. *Epinephelus analogus* (mero moteado)
86. *Epinephelus cifuentesi* (chame)
87. *Epinephelus niphobles* (cherna verde)
88. *Epinephelus panamensis* (cabrilla)
89. *Epinephelus quinquefasciatus* (mero)
90. *Liopropoma fasciatum* (cabrilla arco iris)
91. *Mycteroperca olfax* (bacalao de Galápagos)
92. *Paranthias colonus* (pargo de profundidad, rabirrubia)
93. *Pseudogramma thaumasium* (jaboncillo ocelado)
94. *Rypticus bicolor* (jabonero moteado)
95. *Rypticus nigripinnis* (negrillo)
96. *Serranus psittacinus* (serrano rayado)
97. *Serranus tico* (serrano de coco)

#### **Peces Globo (Tetraodontidae)\*\***

98. *Arothron meleagris* (pez guineo, tamborero)
99. *Arothron hispidus* (tamboril verde, tamborero)
100. *Canthigaster janthinoptera* (pez globo)
101. *Canthigaster punctatissima* (pez cofre nariz punteada, tamborero)
102. *Sphoeroides annulatus* (tamboril anillado, tamborero)

# Serie de Publicaciones Generales del Invenmar

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 Invenmar: 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 Neganje 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





samp  
Subsistema de  
Áreas Marinas  
Protegidas

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



@AreasMarinasCOL



[www.facebook.com/AreasMarinasCOL](http://www.facebook.com/AreasMarinasCOL)

