



REPORTE DEL ESTADO

de los arrecifes coralinos y pastos marinos en Colombia (2014-2015)



REPORTE DEL ESTADO

de los arrecifes coralinos y pastos marinos en Colombia (2014-2015)





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)
Julián M. Betancourt Pórtela

Directivos del Proyecto

Directora Damcra-MADS
Andrea Ramírez Martínez

Directora General PNN
Julia Miranda Londoño

Director de Coralina
Durcey Stephens Lever

Director General CVS
José Fernando Tirado

Director General Codechocó
Teófilo Cuesta Borja

Director Ejecutivo Conservación Internacional
Fabio Arjona

Directora TNC Colombia
Adriana Soto

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

Reconocimiento al grupo de colaboradores en las diferentes actividades del monitoreo

Parques Nacionales Naturales
Emiro Nagles, Fabián Vergara, Fernando Ortega, Miguel Barco, Jose Luis García, Ameth Vargas Campo, Alejandro Pacheco Villegas, Luis Eduardo Londoño Barrios, Diego Luis Duque García, Esteban Zarza González, Marcela Cano Correa, Vanburen Ward Bolívar, Luis Santiago Posada Osorio, Jan Michael Webster Archbold, Jostifer García Henry, Jaiver Rojas Cundumi, Jarinzon Lozano Campaz, Álvaro Acuña, Carlos Aponte, Rebeca Franke, Elkin Hernández, Luis Fernando Payán, Ximena Zorrilla, Betsy Viviana Rodríguez, Juan Bernardo Vargas

CORALINA

Alex Junior Pérez Lopera, Alfredo Colmenares Archbold, Jeiber Brock Steele, Edgar García Carrillo, Alfredo Abril Howard, Nacor Bolaños

Conservación Internacional

María Claudia Díaz Granados

Universidad del Valle

Luis David Lizcano, Luis Miguel Cuellar

INVEMAR

Raúl Navas, Elizabeth Galeano, Cristian Salinas, Andrés Acosta, Juan David González, Laura Sánchez, Diana Vergara, Catalina Torres.

Fotos portada: Elizabeth Galeano y Diana Isabel Gómez

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

Impresión: Ediprint S.A.S.

ISBN versión impresa: 978-958-8935-20-1
ISBN versión digital: 978-958-8935-21-8

Se imprimen 500 ejemplares
Septiembre de 2016

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

La versión digital de esta publicación está disponible en nuestro sitio web

Cítese como:

Cítese como: Galeano, E., Gomez, D.I., Navas, R. Alonso, D., Zarza- González, E., Cano-Correa, M., Ward Bolivar, V., Posada-Osorio, L.S., Bolaños, N., Payan, L.F., Aponte, C. 2016. Reporte del estado de los arrecifes coralinos y pastos marinos en Colombia (2014-2015). Proyecto COL75241, PIMS # 3997, Diseño e implementación de un Subsistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas (SAMP) en Colombia. Invemar, MADS, GEF y PNUD. Serie de publicaciones Generales del Invemar # 86, Santa Marta. 44 p.

Palabras claves:

Subsistema de Áreas Marinas Protegidas, Sistema Regional de Áreas Protegidas del Caribe y Pacífico, Plan de acción.

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 estas.

Sede principal: Calle 25 # 2 - 55 Playa Salguero, Santa Marta D.T.C.H. • Colombia
Teléfono: (575) 4328600 • Fax: (575) 4328694
www.invemar.org.co



TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN	4
INTRODUCCIÓN	5
INDICADOR CONDICIÓN TENDENCIA DE LOS ARRECIFES CORALINOS ICT_{AC}	7
¿Cuáles son los arrecifes coralinos donde se implementó el ICT_{AC} ?	7
Definición del ICT_{AC}	7
Cálculo del ICT_{AC}	8
Región Caribe continental	10
Región Caribe insular	13
Región Pacífico	17
INDICADOR DE CONDICIÓN TENDENCIA DE PASTOS MARINOS ICT_{PM}	21
El monitoreo de los pastos marinos y el ICT_{PM}	21
Definición e importancia del ICT_{PM}	22
Cálculo del ICT_{PM}	22
Estado actual de la información para el indicador	23
Región Caribe continental	24
Región Caribe insular	30
AMENAZAS	33
PERSPECTIVAS	38
REFERENCIAS	40

El INVEMAR, realiza investigación básica y aplicada de los recursos naturales renovables y del medio ambiente en los litorales y ecosistemas marinos y oceánicos de interés nacional con el fin de proporcionar el conocimiento científico necesario para la formulación de políticas, la toma de decisiones y la elaboración de planes y proyectos que conduzcan al desarrollo de éstas, dirigidos al manejo sostenible de los recursos, a la recuperación del medio ambiente marino y costero y al mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos, mediante el empleo racional de la capacidad científica del instituto y su articulación con otras entidades públicas y privadas.



PRESENTACIÓN

Durante los últimos 17 años el país ha venido fortaleciendo el sistema de monitoreo de arrecifes coralinos conocido como “SIMAC” coordinado por el INVEMAR y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial – MADS con la participación de Parques Nacionales Naturales, la Universidad del Valle, Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Antioquia y apoyo de entidades como el CEINER, WWF, CI , entre otros.

En los últimos cinco años el proyecto “Diseño e implementación del subsistema de áreas marinas protegidas en Colombia”, co-financiado con recursos del Global Environmental Facility (GEF) a través del Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD), permitió avanzar en el desarrollo de nuevos indicadores para medir el estado actual de ecosistemas estratégicos para el país como los arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares, dentro y fuera de áreas marinas protegidas. La presente publicación es el primer reporte nacional del estado de los arrecifes coralinos y pastos marinos evaluados a partir del indicador de condición tendencia (ICT) entre el 2014 y 2015, el cual para arrecifes coralinos se basó en la experiencia del Corredor Mesoamericano a través de la iniciativa internacional “arrecifes saludables” y el mismo SIMAC. Para el ecosistema de pastos marinos por primera vez se seleccionaron unas variables claves para diseñar el indicador de condición tendencia, en el que actualmente se está evaluando los valores de referencia que permitan establecer este índice.

Se espera que este reporte se pueda publicar cada dos años con el fin de poder hacer un seguimiento al estado de estos ecosistemas de una manera sencilla y que tanto los tomadores de decisión con el público en general puedan entender mejor su dinámica a través de tiempo. Las evaluaciones son un esfuerzo colaborativo entre diferentes entidades por lo que se espera que este grupo de actores aumente con el fin de alcanzar una mayor capacidad nacional para evaluar posibles medidas de manejo y mejorar la conservación y evitar la pérdida de los servicios ecosistémicos que estos proveen a la sociedad.

Francisco A. Arias Isaza
Director General de Invemar



Fondo Loco, Isla Fuerte. Foto: Archivo SIMAC



INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años el país ha alcanzado un mayor reconocimiento sobre la importancia de los ecosistemas marinos y costeros estratégicos del país, en especial los arrecifes coralinos, pastos marinos y manglares. Esto se puede afirmar cuando por primera vez en el país a través de la Ley 1450 (Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014) se disponen en el artículo 207 medidas de conservación para estos tres ecosistemas; en donde específicamente para los arrecifes de coral y manglares se prohíbe el desarrollo de actividades mineras, exploración, explotación de hidrocarburos, acuicultura, pesca industrial de arrastre y la extracción de componentes de corales para la elaboración de artesanías. Así mismo, para los pastos marinos, se podrá restringir parcial o totalmente el desarrollo de actividades mineras, de exploración y explotación de hidrocarburos, acuicultura y pesca industrial de arrastre con base en estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales. Por otra parte, indica a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR) de los departamentos costeros la elaboración de los planes de manejo de las unidades ambientales costeras, los cuales deberán establecer pautas generales para la conservación y restauración, manejo integrado y uso sostenible de ecosistemas de arrecifes de coral.

El monitoreo de estos ecosistemas se convierte en el mecanismo para evaluar el estado, las tendencias y las amenazas sobre estos y realizar un seguimiento efectivo de las respuestas ambientales y sociales que garantice su integración en escalas más amplias.

Para el ecosistema de arrecifes coralinos el país dio inicio en 1998 al Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (SIMAC), cuyo programa de monitoreo tiene como propósito generar información acerca de la dinámica y la salud de los arrecifes coralinos en Colombia, buscando contribuir al entendimiento de los factores que han originado el deterioro de los mismos y dar recomendaciones para el uso sostenible de los recursos y la conservación de su biodiversidad. Durante los primeros 15 años (hasta el 2013) el monitoreo se llevó a cabo en zonas o “estaciones” representativas del ambiente local; sin embargo, la extensión evaluada distaba de ser significativa con respecto a la extensión total de cada área coralina, por lo que responder preguntas de manejo sobre el ecosistema a nivel local se volvía un barrera al momento de preguntas específicas por parte de los tomadores de decisión. No obstante,

Fondo Loco, Isla Fuerte. Foto: Archivo SIMAC





Fondo Loco, Isla Fuerte. Foto: Archivo SIMAC



permitía responder cual era el estado de salud los arrecifes coralinos a una escala nacional y lograr hacer comparaciones con otras áreas del Caribe.

Durante esos años la adquisición de alrededor de 11 variables y la aplicación de índices de integridad ecológica (IIE) requería de personal especializado cuya rigurosidad y experiencia para realizar las mediciones y los análisis de las mismas, venía principalmente del INVEMAR y la academia. Gracias al esfuerzo de gran cantidad de investigadores e instituciones en el marco del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas, a partir del 2014 se propusieron nuevos protocolos de monitoreo para evaluar el Indicador de condición tendencia (ICT_C), sin perder información robusta desde el punto de vista científico y teniendo en cuenta su futura operatividad y mantenimiento en el tiempo, la capacidad instalada en cada una de las instituciones responsables de esta actividad como Parques Nacionales Naturales (PNN) y las CAR costeras, dado que la experiencia y la realidad del país ha demostrado que cada vez se hace más difícil y costoso mantener sistemas de monitoreo que respondan a preguntas sobre el estado del ecosistema, cuales son las presiones que lo afectan y que medidas deben tomarse para alcanzar un manejo adaptativo.

Para los pastos marinos, los antecedentes son un poco diferentes ya que desde 1994 se han llevado a

cabo monitoreos sistemáticos en estaciones ubicadas tanto en la isla de San Andrés como en la bahía de Chengue en el PNN Tayrona en el Caribe colombiano. A partir del 2014 se diseñó igualmente un indicador de condición tendencia (ICT_{PM}) con la medición de tres variables claves; no obstante, los valores de referencia para establecer los rangos del indicador aún están siendo evaluados por los expertos.

Los ejercicios de monitoreo fueron posible gracias al apoyo del MADS, Parques Nacionales Naturales, CORALINA, Fundación Malpelo, CI y CEINER

INDICADOR CONDICIÓN TENDENCIA DE LOS ARRECIFES CORALINOS ICT_{AC}

Roncador. Foto: Elizabeth Galeano

¿Cuáles son los arrecifes coralinos donde se implementó el ICT_{AC}?

La implementación del protocolo para el cálculo del ICT_{AC} se implementó a partir del año 2014, con dos visitas al año tanto para el Caribe, en los Parques Nacionales Naturales (PNN) Old Providence McBean Lagoon, Tayrona, Corales del Rosario y San Bernardo, como en el Pacífico, en los PNN Gorgona y Utría. Durante el año 2015, se continua con dos visitas a las AMP y por primera vez a la recientemente declarada PNN Bahía Portete- Kaurrele en el Caribe continental. Para las áreas coralinas dentro de la Reserva de Biosfera Seaflower, el indicador fue evaluado por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andres, Providencia y Santa Catalina –CORALINA. En la actualidad se cuenta con un total de 79 estaciones permanentes entre los 2 y 12 m de profundidad, en las cuales 71 se ha implementado el ICT_{AC}.

A partir de 2016 se incluirá en el reporte del indicador otras áreas coralinas como las que se encuentran en el extremo sur del Caribe continental colombiano específicamente en el sector de Capurganá-Sapzurro en Urabá Chocoano, así como en el Santuario de Fauna y Flora Malpelo en el Pacífico.

Definición del ICT_{AC}

El Indicador condición tendencia en arrecifes de coral ICT_{AC} evalúa la condición general de integridad biótica, y por tanto de estado de conservación de los arrecifes coralinos de Colombia, así mismo permite identificar los cambios en la condición a través del tiempo (Rodríguez-Rincón *et al.* 2014).

Siguiendo las experiencias y conocimiento del Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia - SIMAC (Garzon-Ferreira y Rodriguez-Ramirez, 2010; INVEMAR, 2014) y la iniciativa internacional Healthy Reefs Initiative (HRI, 2012; Kramer *et al.*, 2015), mediante la incorporación



de cuatro variables que miden atributos estructurales y funcionales del ecosistema en un solo valor numérico, valora la condición biótica de acuerdo a una escala establecida que va de 1 a 5, donde 1 y 2 corresponden a condiciones de deterioro, mientras de 3 a 5 representa arrecifes conservados y estables (Rodríguez-Rincón *et al.*, 2014).

Las variables consideradas para el ICT_{AC} son:

- **Cobertura de coral duro vivo (CCV):** Es el porcentaje de superficie del fondo cubierta por corales duros, considerados organismos 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):** 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 (Rodríguez-Rincón *et al.* 2014).
- **Biomasa de peces herbívoros: Loros y cirujanos (BPH):** Biomasa (expresada en gramos) en 100 m² de peces cirujanos (Acanthuridae) y loros (Scaridae), como los principales herbívoros dentro del arrecife coralino, cumpliendo un papel muy importante al mantener equilibrada la cantidad de macroalgas (Rodríguez-Rincón *et al.* 2014).
- **Biomasa de peces carnívoros: Pargos, chernas y meros (BPC):** Biomasa (expresada en gramos) en 100 m² de pargos (Lutjanidae), meros y chernas (Serranidae), teniendo en cuenta que estos grupos de peces son importantes depredadores dentro del arrecife y los principales objetivos comerciales.

Para el Pacífico colombiano, no se cuenta con los valores de referencia para la biomasa de peces carnívoros y herbívoros en bases de datos regionales (p.e. Pacífico Tropical Oriental), por lo que para efectos del indicador se está evaluando la abundancia de estos con base en los datos históricos del SIMAC, hasta que se defina una constante de referencia que permita hacer la conversión a biomasa.

A partir de la medición en campo de cada variable se revisa el rango de clasificación correspondiente en las siguientes tablas de referencia según la región (Caribe o Pacífico) y se asigna un valor entre 1 (no deseable) y 5 (deseable).

Cálculo del ICT_{AC}

El valor promedio de cada variable es comparado con los umbrales definidos para la región Caribe y la región Pacífico.

Los valores de clasificación (1 a 5) que corresponden a cada región, serán los que se incluyen en la siguiente ecuación para obtener la calificación de condición general de integridad del área coralina evaluada entre “No deseable” y “Deseable”.

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



Valores de referencia ICT_{AC} para la región Caribe a partir de los valores de referencia de la iniciativa de arrecifes saludables (HRI, 2012).

Variables ICT _{AC}	Deseable (5)	Buena (4)	Regular(3)	Alerta (2)	No deseable (1)
Cobertura de coral pétreo vivo-CCV (%)	≥40	20 - 39,9	10 - 19,9	5,0 - 9,9	<5
Cobertura de macroalgas frondosas-CMF (%)	0 - 0,9	1,0 - 5	5,1 - 12,0	12,1 - 25	>25,0
Peces hervívoros-BPH (g/100m ²) Solo loros y cirujanos	≥3480	288 - 3479	1920 - 2879	960 - 1919	<960
Peces carnívoros-BPC (g/100m ²) Solo meros, chemas y pargos	≥1680	1260 - 1679	840 - 1250	420 - 839	<420

Valores de referencia del ICT_{AC} para la región Pacífico a partir de los valores de referencia obtenido del Sistema de Monitoreo de Arrecifes Coralinos de Colombia -SIMAC.

Variables ICT _{AC}	Deseable (5)	Buena (4)	Regular(3)	Alerta (2)	No deseable (1)
Cobertura de coral pétreo vivo-CCV (%)	≥40	20 - 39,9	10 - 19,9	5,0 - 9,9	<5
Cobertura de macroalgas frondosas-CMF (%)	0 - 0,9	1,0 - 5	5,1 - 12,0	12,1 - 25	>25,0
Peces hervívoros-BPH (g/100m ²) Solo loros y cirujanos	≥3480	288 - 3479	1920 - 2879	960 - 1919	<960
Peces carnívoros-BPC (g/100m ²) Solo meros, chemas y pargos	≥1680	1260 - 1679	840 - 1250	420 - 839	<420

Escala de clasificación del ICT_{AC}.

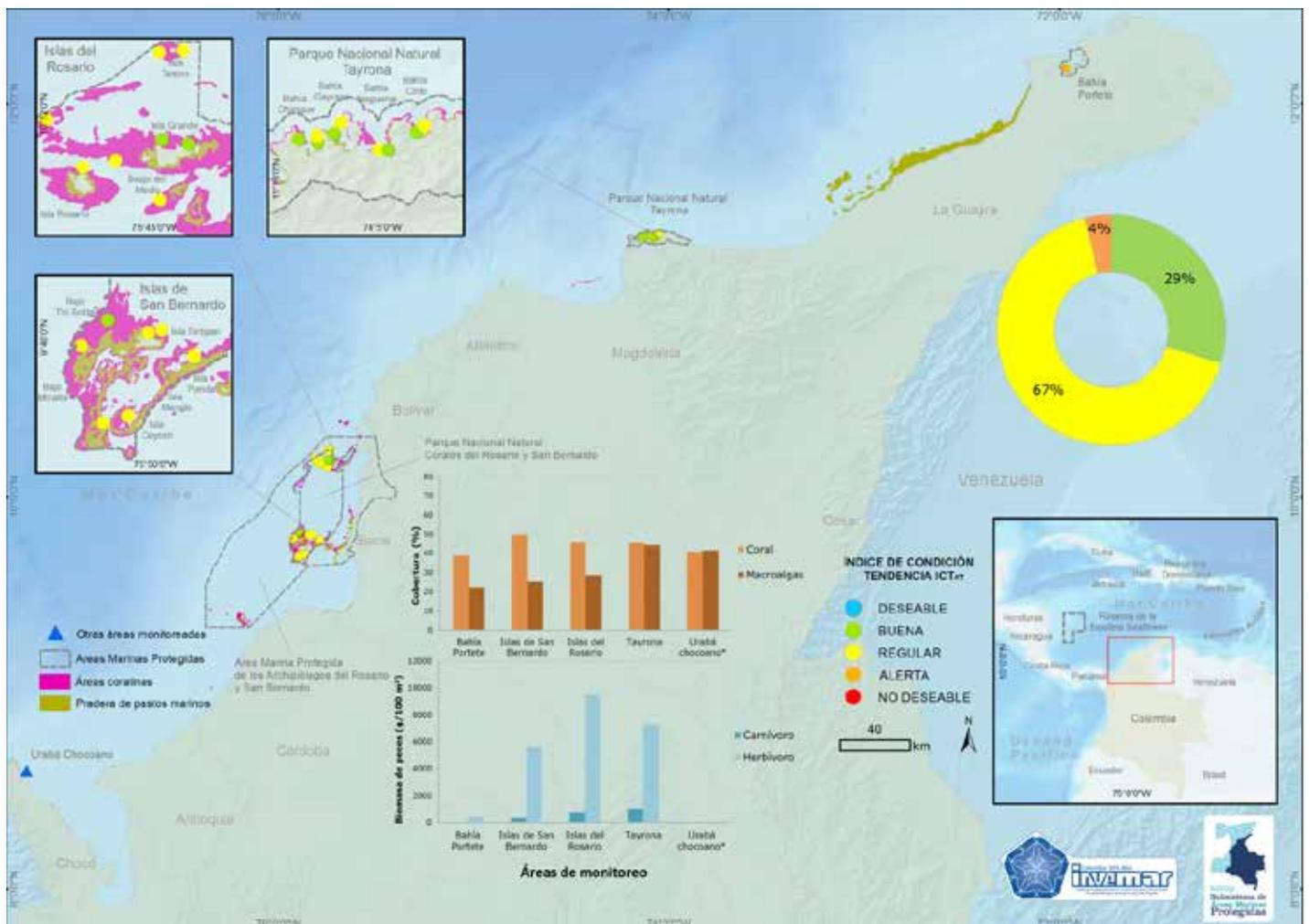
Condición general de integridad biótica	Valor ICT _{AC}
Deseable	4,21 - 5
Buena	3,41 - 4,2
Regular	2,61 - 3,4
Alerta	1,81 - 2,6
No deseable	1 - 1,8



REGIÓN CARIBE CONTINENTAL

La región Caribe continental cuenta con 27.247 ha de arrecifes coralinos (IDEAM *et al.*, 2015), de los cuales 24.298 ha se encuentran bajo protección. Las áreas coralinas del Caribe se caracterizan por presentar varias formas geomorfológicas mostrando una gran heterogeneidad y diversidad de hábitats a lo largo de la costa. En esta región fueron monitoreados un total de 27 estaciones entre el 2014 y el 2015.

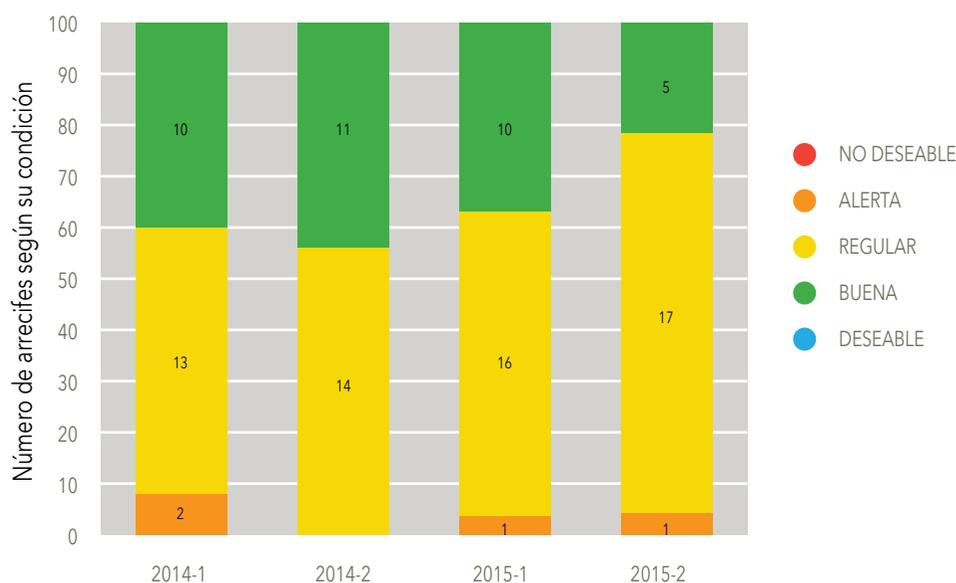
Las formaciones coralinas y arrecifes coralinos de la región continental se encuentran en “buen” y “regular” estado de conservación, con solo un 4 % de los arrecifes en estado “alerta”. En general, la cobertura de coral vivo es mayor que la cobertura de macroalgas, con valores por encima del 38 %, a excepción del Tayrona y el Urabá chocoano, donde la cobertura, tanto de corales como de macroalgas, es similar. La biomasa de peces herbívoros esta entre “buena” y “deseable” en la mayoría de las zonas muestreadas mientras que los carnívoros se encuentran entre “regular” y “no deseable”. El Urabá chocoano no cuenta con datos de biomasa de peces, debido a que aún no se ha implementado el ICT_{AC} en el lugar, lo cual se espera se inicie en el 2016.





Para el año 2014 se observa que la condición de los arrecifes en el primer semestre presenta condición “regular” en un 52%, un 40% en “buena” y un 8% en “alerta”. En el segundo semestre aumenta favorablemente a 56% de las estaciones a condición “regular” y 44% a “buena”.

En el 2015, en el primer semestre la condición de los arrecifes muestran un 59% en condición “regular” y 37% en “buena”; mientras que en el segundo semestre el 74% de las estaciones se presentaron en condición regular y 22% en “buena”.



Año	2014-1	2014-2	Tendencia	Situación	2015-1	2015-2	Tendencia	Situación
Deseable	0%	0%	–	–	0%	0%	–	–
Buena	40%	44%	↑	Favorable	37%	22%	↓	Desfavorable
Regular	52%	56%	↑	Favorable	59%	74%	↑	Desfavorable
Alerta	8%	0%	↓	Favorable	4%	4%	↔	Estable
No deseable	0%	0%	–	–	0%	0%	–	–

El sentido de la fecha indica cambios en el porcentaje de un semestre a otro. El color de la flecha indica si el cambio fue desfavorable (rojo), favorable (verde) y estable (amarillo).

La tendencia de 2014 a 2015 presenta una situación general aparentemente desfavorable, que se explica con la diferencia en el número de estaciones monitoreadas de un semestre a otro en el año 2015, donde las estaciones no evaluadas se encontraban en condición “buena “ y “regular”, explicando la variación en los porcentajes.



Región Caribe continental		Bahía Portete	Islas del Rosario	Islas San Bernardo	Tayrona
Biomasa carnívoros BPC (g/m ²)	2014-1	–	946	315	1954
	2014-2	–	830	518	1030
	2015-1	–	804	351	1194
	2015-2	19	722	278	803
Biomasa herbívoros BPH (g/m ²)	2014-1	–	12810	5930	8767
	2014-2	–	9645	8305	7773
	2015-1	–	11379	5771	7310
	2015-2	467	7672	5497	7340
Cobertura de coral vivo CCV (%)	2014-1	–	50	50	43
	2014-2	–	53	46	41
	2015-1	–	49	49	42
	2015-2	39	44	50	49
Cobertura de macroalgas frondosas CMF (%)	2014-1	–	31	23	40
	2014-2	–	22	26	46
	2015-1	–	26	28	48
	2015-2	22	30	23	41

Por otra parte, al observar detalladamente el comportamiento de las variables tenidas en cuenta, se resalta una cobertura coralina viva estable y “deseable” para tres áreas (Tayrona, islas del Rosario e islas de San Bernardo), así como valores altos de biomasa de herbívoros clasificados en este mismo estatus de condición. Aunque la cobertura de macroalgas es alta, no se evidencian cambios en los umbrales de referencia, lo que evidencia el efecto que tiene la presencia de herbívoros en el control de la cobertura de macroalgas.

Los peces loro juegan un papel muy importante en la ecología y conservación de los arrecifes coralinos en la actualidad. La sobre-explotación de recursos pesqueros ha ocasionado el declive de las principales poblaciones de peces de importancia comercial - meros, chernas y pargos-, lo cual ha causado un interés especial en la captura de peces loro que son los encargados de consumir las macroalgas desde la mortandad masiva del erizo *Diadema antillarum* en el Caribe. Por esta razón, los arrecifes coralinos se han vuelto más susceptibles a cambios en su estructura y composición entre otros, respondiendo sensiblemente a la explotación de los peces loro (Mumby *et al.*, 2007).



En cuanto a la variable de biomasa de carnívoros los valores muestran cambios desfavorables en los dos años para tres de las áreas evaluadas; esto indica que la presencia de las especies selectas (pargos, meros y chernas) cada vez es menor. Probablemente debido a la presión de sobrepesca que se ejerce sobre este recurso específico.

Los peces carnívoros son importantes depredadores dentro del arrecife y los principales objetivos comerciales dentro de este ecosistema, al ser sobreexplotados alteran la cadena alimenticia y causan efectos ecológicos indirectos significativos, por lo tanto para tener arrecifes saludables es necesario tener de predadores y grande depredadores (p.e. tiburones) y mantener así el equilibrio ecológico de estos hábitats (Wainwright y Bellwood, 2002).

REGIÓN CARIBE INSULAR

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina es el único departamento insular del país con 180.000 Km², declarado por la UNESCO como Reserva de Biosfera Seaflower desde el año 2000, y se caracteriza por su gran biodiversidad marina y costera y la presencia de importantes ecosistemas estratégicos de gran importancia a nivel mundial. Esta región del país cuenta con cerca de 313.795 ha, es decir 91 % de las áreas coralinas someras de Colombia (IDEAM *et al.*, 2007), contiene la tercera barrera coralina más grande del mundo, además de poseer innumerables ecosistemas someros y profundos, especies clave, gran riqueza y diversidad de especies.

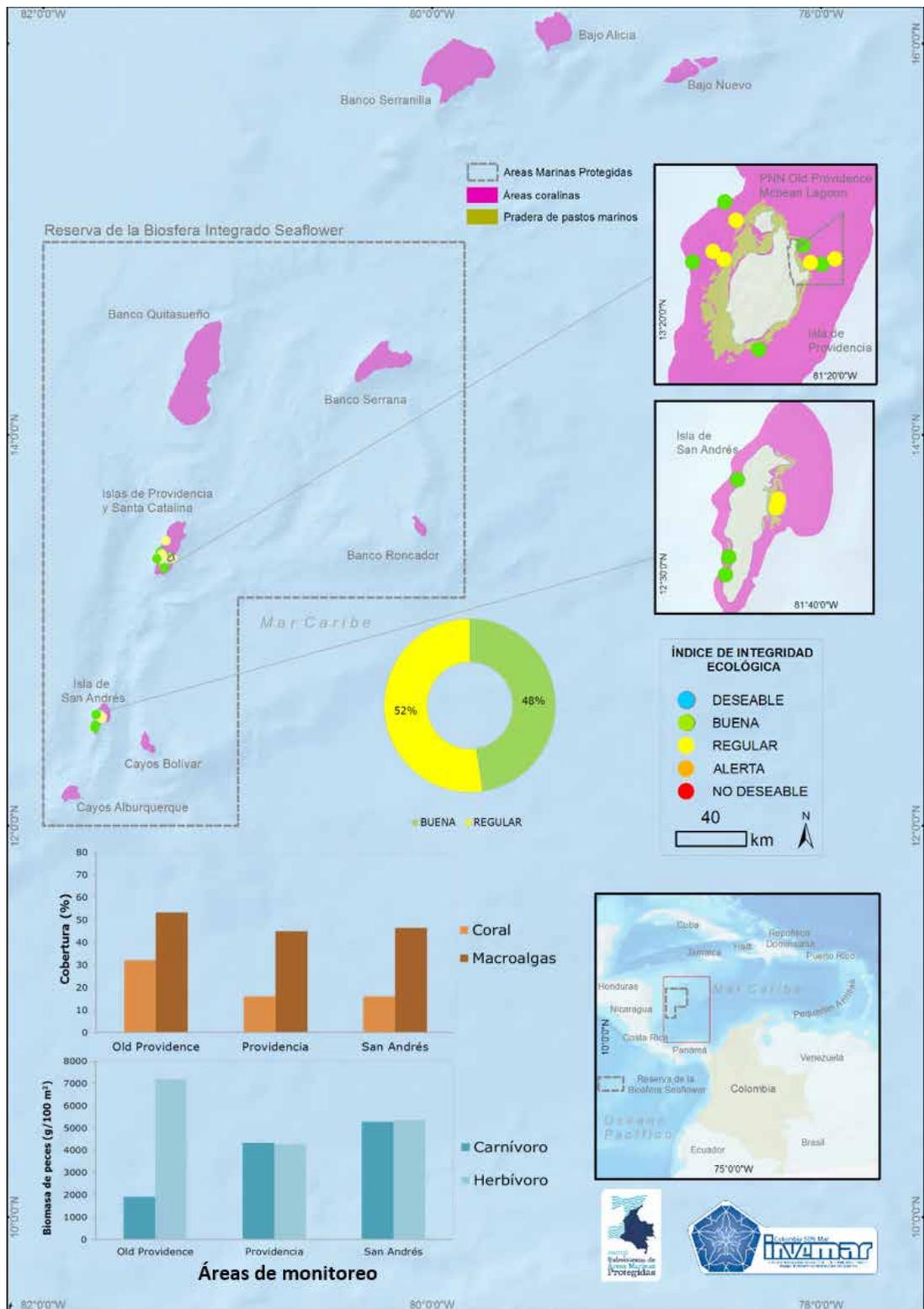
La implementación del ICT_{AC} en el Archipiélago dio inicio en el PNN Old Providence McBean Lagoon, con la instalación de cuatro estaciones de monitoreo, las cuales fueron muestreadas los dos semestres del 2014 y 2015. En el segundo semestre de 2015 CORALINA instaló 17 nuevas estaciones cubriendo la isla de San Andres y Providencia, para un total de 21.

El ICT_{AC} de 2015 en la región Caribe insular demuestra que el 52% de las estaciones evaluadas encuentran en condición “regular” y el 48% restante en condición “buena”.

En general, la cobertura de macroalgas registra valores de 40% en promedio mientras que la de coral vivo de 16%. La biomasa de peces herbívoros y carnívoros muestra una condición “deseable” en todas las áreas.



Eretmochelys imbricata. Foto: Elizabeth Galeano





Los tres primeros semestres evaluados corresponden a la información obtenida en el PNN Old Providence Mc Bean Lagoon. Para el año 2014 se observa que la condición de los arrecifes en el primer semestre presenta condición “regular” en un 67% y en condición de “alerta” 33%. En el segundo semestre aumentan favorablemente el 75% de las estaciones a condición “buena” y el 25% se mantiene en “alerta”.

En el 2015, durante el primer semestre el 66% de los arrecifes mantienen una condición “buena” en tanto que el 33% se encuentra en “regular”. En el segundo semestre, al incluir las 17 nuevas estaciones el 48% se encuentran en condición “buena” y el 52% restante en condición “regular”.

Teniendo en cuenta que solo se tiene datos de 2014 y 2015 para el PNN Old Providence McBean Lagoon la tendencia presenta una situación favorable, debido a que la condición “alerta” no se presenta.



Año	2014-1	2014-2	Tendencia	Situación	2015-1	2015-2	Tendencia	Situación
Deseable	0%	0%	–	–	0%	0%	–	–
Buena	0%	75%	↑	Favorable	67%	48%	⇒	Estable
Regular	67%	0%	↓	Favorable	33%	52%	⇒	Estable
Alerta	33%	25%	↑	Favorable	0%	0%	–	–
No deseable	0%	0%	–	–	0%	0%	–	–

El sentido de la fecha indica cambios en el porcentaje de un semestre a otro. El color de la flecha indica si el cambio fue desfavorable (rojo), favorable (verde) y estable (amarillo).

En general, las áreas coralinas del PNN Old Providence McBean Lagoon mantienen estables sus niveles de cobertura coralina, los cuales están por encima del 30 %. Sin embargo, se hace evidente



el aumento en la cobertura de macroalgas y que junto con información de monitoreos en años anteriores, se relaciona con la pérdida de arrecifes coralinos a nivel mundial en los últimos 30 años, asociada a diferentes presiones antrópicas entre las que se encuentra el crecimiento poblacional, la sobrepesca, la contaminación de zonas costeras, el calentamiento global y las especies introducidas (Jackson *et al.* 2014).

Región Caribe insular		Old Providence	Providencia	San Andrés
Biomasa carnívoros BPC (g/m ²)	2014-1	1173	–	–
	2014-2	4941	–	–
	2015-1	2006	–	–
	2015-2	1841	4345	5297
Biomasa herbívoros BPH (g/m ²)	2014-1	1906	–	–
	2014-2	6885	–	–
	2015-1	3454	–	–
	2015-2	10972	4307	5372
Cobertura de coral vivo CCV (%)	2014-1	37	–	–
	2014-2	34	–	–
	2015-1	33	–	–
	2015-2	31	16	16
Cobertura de macroalgas frondosas CMF (%)	2014-1	40	–	–
	2014-2	45	–	–
	2015-1	54	–	–
	2015-2	52	45	46

En términos de biomasa de peces, la tendencia muestra una condición “deseable” a partir del segundo semestre de 2014, como consecuencia de un aumento de la biomasa de las especies selectas. Lo cual es reflejo de un aparente cambio en la condición poblacional natural que se presenta en el año.

El único muestreo realizado en las estaciones de San Andrés y Providencia, registra una condición “deseable” para carnívoros y herbívoros, mientras que la cobertura coralina presenta condición “regular” en tanto la cobertura de macroalgas registra una condición “no deseable”.



De acuerdo a los registros de campo las principales macroalgas registradas son las algas de tapete (cespitosas) denominado “turf” y de las frondosas *Dyctiota* sp y *Turbinaria* sp. A nivel global se ha demostrado que en arrecifes con una alta complejidad topográfica, los herbívoros pueden llegar a alcanzar una tasa de herbivoría de 20.000 a 150.000 mordidas/m²/día (Hatcher y Larkum, 1983; Carpenter, 1986-1988; Klumpp y Polunin, 1989). En la isla de San Andres de acuerdo con Rincón-Díaz (2014), en el 2013 en algunas formaciones coralinas los grupos las familias Scaridae (peces loro), Acanthuridae (peces cirujano) y la especie *Canthigaster rostrata* de la familia Tetraodontidae, forrajearon principalmente sobre el sustrato cespitoso “turf”. Estos resultados concuerdan con una baja herbivoría, que sugieren que los niveles de pastoreo son insuficientes para contrarrestar el crecimiento de algas y evitar su colonización en los arrecifes. Es probable que la composición de peces herbívoros, su abundancia y tallas, tengan valores bajos en los sistemas arrecifales del Archipiélago, hecho que puede estar vulnerando el bienestar y la salud de los mismos (Rincón Díaz, 2014). Este mismo patrón ha sido observado por Schmitt (1997) en los cayos de Florida.

REGIÓN PACÍFICO

Las áreas coralinas de la región Pacífico son en su mayoría poco extensas, con baja diversidad de especies de coral, en el que el andamiaje principal está conformado por el género *Pocillopora*, encontrándose estas ubicadas principalmente en la Isla Gorgona, en la Ensenada de Utría, en inmediaciones a Punta Tebada y en la Isla Malpelo, sumando en conjunto cerca de 101 ha de extensión (IDEAM *et al.*, 2015). El ICT_{AC} fue implementado en 16 estaciones ubicadas en dos áreas marinas protegidas: el PNN Gorgona y el PNN Utría. El SFF Malpelo es visitado anualmente y desde el año 2002 se lleva a cabo una metodología diferente en dos sectores del Santuario, la cual incluye registros fotográficos para los datos de cobertura y 3 tipos de censos para los peces, por lo cual se presentan los datos en el mapa pero no se discuten en términos del indicador.



Pocillopora damicornis. Foto: Elizabeth Galeano

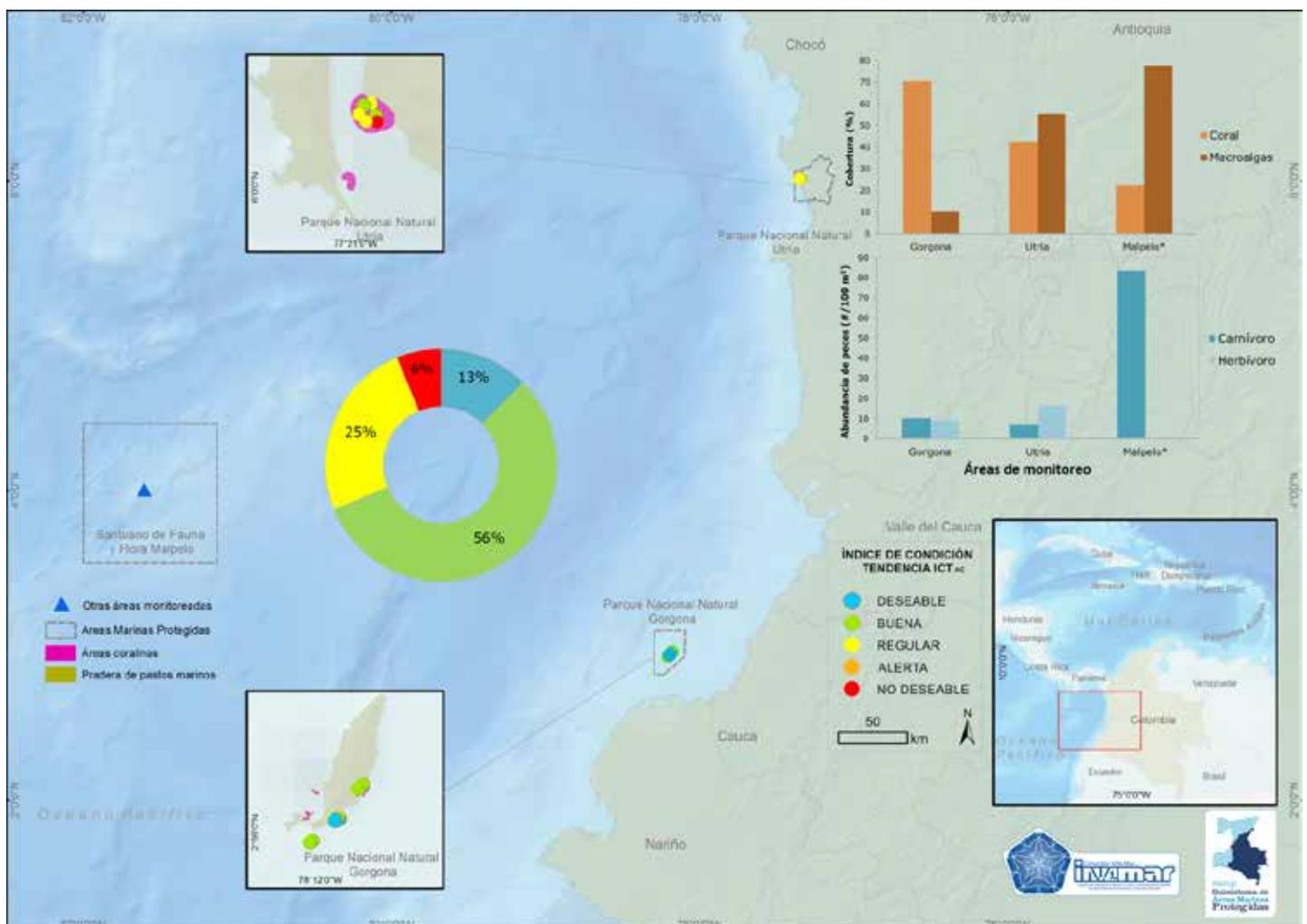


El ICT_{AC} de 2014 en la región Pacífico registra que la condición de los arrecifes en el primer semestre es del 66% en condiciones “deseable” y “buena”, 13% “regular” y un 7% “no deseable”. En el segundo semestre aumenta favorablemente a 87% entre condición “deseable y “buena” y un 14% entre “regular” y “alerta”.

En el 2015, en el primer semestre la condición de los arrecifes muestran un 69% entre condición “deseable” y “bueno” 25% regular” y 6% “no deseable”; mientras que en el segundo semestre el 90% fueron entre “deseable” y “bueno” y el 10% “regular”.

En general la cobertura de coral vivo es de 40% y de macroalgas del 55% para el PNN Utría, mientras que para el PNN Gorgona la cobertura de coral vivo es de 70% y de macroalgas el 10%.

La biomasa de peces carnívoros registra una condición “buena” mientras que los herbívoros se encuentra entre “regular” y “buena”.





Año	2014-1	2014-2	Tendencia	Situación	2015-1	2015-2	Tendencia	Situación
Deseable	13%	20%	↑	Favorable	19%	20%	↑	Favorable
Buena	53%	67%	↑	Favorable	50%	70%	↑	Favorable
Regular	13%	7%	↓	Favorable	25%	10%	↓	Favorable
Alerta	13%	7%	↓	Favorable	0%	0%	–	–
No deseable	7%	0%	↑	Favorable	6%	0%	↓	Favorable

El sentido de la fecha indica cambios en el porcentaje de un semestre a otro. El color de la flecha indica si el cambio fue desfavorable (rojo), favorable (verde) y estable (amarillo).

La tendencia de 2014 a 2015 presenta una situación favorable. En los primeros semestres, se presentan estaciones en condiciones “no deseable” y “alerta” debido probablemente a la exposición de los corales por el efecto de mareas bajas características de los primeros meses del año en el PNN Gorgona, que favorecen la colonización de macroalgas. Observándose una recuperación evidente en la condición durante el segundo semestre.

En el PNN Gorgona y Utría, la variables de cobertura coralina permanecen estables en su condición. Para el PNN Utria las coberturas de macroalgas se mantienen en condición “alerta”. Los peces también muestran diferencias de un semestre a otro, siendo más evidente en Gorgona, donde la condición decrece para los herbívoros en el segundo semestre, lo cual está relacionado con la cobertura de macroalgas.



Región Caribe insular		Gorgona	Utría
Abundancia de carnívoros APC (#/100m ²)	2014-1	23	4
	2014-2	9	8
	2015-1	12	7
	2015-2	9	–
Abundancia de herbívoros APH (#/100m ²)	2014-1	24	14
	2014-2	5	17
	2015-1	11	27
	2015-2	8	–
Cobertura de coral vivo CCV (%)	2014-1	68	38
	2014-2	78	41
	2015-1	71	43
	2015-2	–	–
Cobertura de macroalgas frondosas CMF (%)	2014-1	12	55
	2014-2	3	30
	2015-1	10	56
	2015-2	–	–

INDICADOR DE CONDICIÓN TENDENCIA DE PASTOS MARINOS ICT_{PM}

Estrella de mar entre *Thalassia testudinum*. Foto: Diana Isabel Gómez

El monitoreo de los pastos marinos y el ICT_{PM}

Desde 1994 se realizó por primera vez en el país la metodología CARICOMP para el levantamiento de información en pastos marinos en el Caribe colombiano. Este monitoreo permaneció exclusivamente desarrollado en estaciones ubicadas tanto en la isla de San Andrés como en la bahía de Chengue en el PNN Tayrona. El levantamiento de estos datos se hizo bajo el auspicio de la UNEP-CEP/SPAW-RAC hasta el año 2008 produciendo anualmente reportes del comportamiento del ecosistema a nivel nacional y de la región Caribe que se encontraba desarrollando la misma metodología. A raíz de la finalización del auspicio internacional y simultáneamente de la necesidad marcada de generar un índice que permitiera a los administradores del recurso y al público en general determinar de manera relativamente sencilla el estado del ecosistema, en el año 2008 a raíz de una visita de uno de los expertos internacionales en pastos marinos para presentar entre los académicos, estudiantes e investigadores interesados en el tema, el manual metodológico de monitoreo en pastos marinos protocolo que la red global de monitoreo de pastos marinos (SeagrassNet) con más de 70 países participantes a través de científicos, académicos y voluntarios, ha venido utilizando en la última década.

En el país, en el 2009 en tres estaciones del PNN Tayrona y en el 2010 en dos estaciones del PNN Corales del Rosario y San Bernardo, se empezó a levantar información en campo bajo la metodología SeagrassNet de manera trimestral hasta el 2012 con el fin de conocer el comportamiento preliminar del ecosistema que se presentaba por primera vez a nivel nacional. Desafortunadamente no fue posible recopilar estrictamente la información básica del monitoreo por disponibilidad de recursos y personal, y no fue sino hasta el 2012 cuando aprovechando la oportunidad que ofrecía el proyecto GEF, de “Diseño e Implementación del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas en Colombia”. (Proyecto COL-00075241, PIMS # 3997 Diseño e Implementación de un Subsistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas (SAMP) en Colombia.



A raíz de lo anterior, a las anteriores estaciones de monitoreo, en el 2014 se incluyó al PNN Old Providence McBean Lagoon de la isla de Providencia al grupo de áreas que aportarían información y subsecuentemente en el 2015 también se incorporó la Corporación Autónoma de Desarrollo Sostenible del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina CORALINA para que aunadamente se alcance la meta de lograr los rangos de referencia cualitativos que serán el punto de partida para que el país tenga su propio índice nacional.

Definición e importancia del ICT_{PM}

El Indicador de condición tendencia en pastos marinos ICT_{PM} se está desarrollando con el fin de evaluar la condición general de integridad biótica y por tanto su estado de conservación, por medio de la incorporación de información de variables (densidad de vástagos, presencia de organismos de tres niveles tróficos y presencia de enfermedades), que medirán atributos estructurales y funcionales de este ecosistema en un solo valor numérico (Gómez-López *et al.*, 2014).

Cálculo del ICT_{PM}

La valoración de las condiciones generales de integridad biótica del ecosistema de pastos marinos, al igual que en corales, será clasificada en una escala establecida entre 1 y 5, siendo los valores no deseable y alerta los más bajos, significando que las praderas se encuentran en estados mayores de deterioro (no deseable y alerta), mientras que valores más altos indicaran praderas más conservadas y bajos tensores de (regular, buena y deseable).



Fruto de *Thalassia testudinum*. Foto: Diana Isabel Gómez



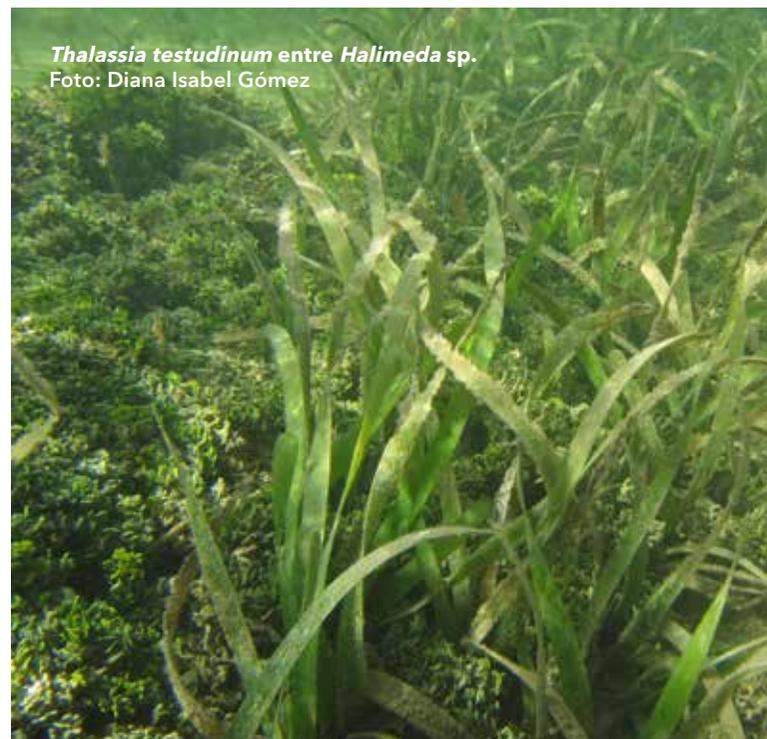
Las variables consideradas para alimentar el ICT_{PM} son:

- **Densidad de vástagos (D):** Es el número de vástagos (*Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*) encontrados en un metro cuadrado, variable estructural y demográfica ampliamente utilizada para detectar respuestas de degradación relacionadas con ambientes en eutroficación e hipersalinización (Martínez-Crego *et al.*, 2008, Roca *et al.*, 2016).
- **Densidades de herbívoros (DH), carnívoros (DC) y detritívoros/omnívoros (DO):** Número de individuos de especies clave en cada gremio por metro cuadrado, como indicativo de diversidad faunística en relación a las interacciones bióticas, la estructura de las praderas y la proximidad a otros ecosistemas.
- **Afectación por el hongo *Labyrinthula* spp:** se tendrá en cuenta el porcentaje de afectación por el hongo *Labyrinthula* spp, el cual se ha relacionado frecuentemente como la causa de enfermedad en varias especies de pastos marinos, causando desde disminución de la fotosíntesis hasta la muerte de toda la pradera (Sullivan *et al.*, 2013).

Estado actual de la información para el indicador

Para todas las áreas que a continuación se van a analizar se ha recopilado información de la variación de la densidad a lo largo de los 36 cuadrantes de la estación desde el 2013 a 2015 (muestreos realizados generalmente en los meses de abril, julio y octubre), se ha levantado información del inventario de los organismos representantes de cada nivel trófico específico de invertebrados y vertebrados (carnívoros, detritívoros/omnívoros y herbívoros) en cada área muestreada con el fin de identificar las especies indicadoras que representarán al grupo trófico determinado durante los eventos de monitoreo, y por último se evaluó la presencia en cada uno de los cuadrantes durante los meses de muestreo, del hongo *Labyrinthula* sp, dando como resultado específicamente para este ítem, que solamente para el parque Old Providence en julio y octubre de 2014 se presentó en más de un 50% la presencia del hongo en las hojas de la *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*, sin muestras de mortalidad, sin embargo en el monitoreo realizado durante el 2015 la *Thalassia* y el *Syringodium* ya no registra el hongo en sus hojas ni tampoco se observaron evidencias de mortalidad parcial. La explicación para estos cambios se encuentra en la presencia de factores ambientales como cambios en los valores de salinidad y de luminosidad, los cuales hacen menos resistente a las plantas para contrarrestar el hongo cuando se ve infectado por este (Trevathan *et al.*, 2011 y Trevathan-Tackett *et al.*, 2013).

Por lo anterior, a continuación sólo se describirá el comportamiento de las variables con la información que se cuenta hasta el momento de manera independiente para cada una de las tres áreas bajo monitoreo de la región Caribe.



Thalassia testudinum entre *Halimeda* sp.
Foto: Diana Isabel Gómez

REGIÓN CARIBE CONTINENTAL

Parque Nacional Natural Tayrona

El Parque Tayrona fue la primer área protegida a la que se le implementó el monitoreo de pastos marinos, por lo que inicialmente fue el punto de referencia para comparar resultados de las siguientes áreas que se fueron añadiendo al monitoreo.

Los valores de densidad, según como se observa en la Figura 1, mostraron una tendencia bimodal en la que el primer muestreo del año (abril en 2013 y 2015 y febrero en 2014) presentó los valores más altos (excepto para Chengue en el 2014) de lo que se registró en los meses de Julio o en Octubre en el cual se observaron los valores más bajos si se comparan con los inmediatamente anteriores obtenidos durante el mismo año.

En la gráfica a nivel general y especialmente en la de Chengue, se puede observar una tendencia evidente de cambio en este atributo de las plantas entre los dos semestres del año (asociado probablemente a las temporadas de baja pluviosidad y a la estrictamente de lluvias) corroborando con esto una dinámica natural cambiante. Sin embargo, también se observa que para las estaciones de Neguanje y Cinto los rangos de variación de las estaciones se van presentando cada vez más similares entre sí a partir del 2014, pese a ser estaciones de monitoreo que no se encuentran cercanas entre sí. Por lo anterior vale la pena continuar avanzando en la compilación de mayor información de la variable con el fin de determinar si Chengue por particularidades específicas en el área tendería a tener un comportamiento más definido temporalmente.

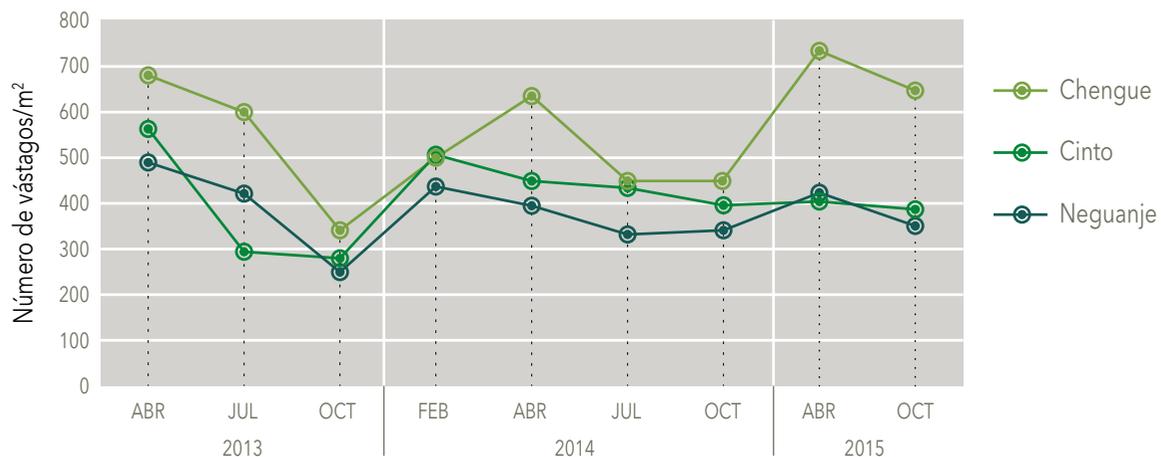


Figura 1. Valores promedio de densidad de vástagos por metro cuadrado en cada una de las estaciones de monitoreo de pastos marinos del Parque Nacional Natural Tayrona entre 2013 y 2015.

Lo anterior, sugiere que con la información disponible hasta el momento, no parece posible establecer un valor de referencia que sirva simultáneamente para las estaciones de este parque y/o que la información tomada hasta ahora es insuficiente para determinar el valor de este atributo en particular y habría que tomar al menos otro año más de este atributo para llegar a una mejor decisión con mayor certidumbre como indicador.



Con respecto a la presencia de organismos de distintos niveles tróficos, la Figura 2 (a y b) se observa que a nivel de invertebrados, es evidente la presencia de los tres niveles de importancia específica para este índice. Como se comentó con anterioridad, el paso a seguir es determinar conjuntamente con los encargados de las áreas monitoreadas actual y particularmente, cuáles serán las especies o familias que van a ser evaluadas para establecer la base histórica que complementará las variables involucradas en la construcción del índice.

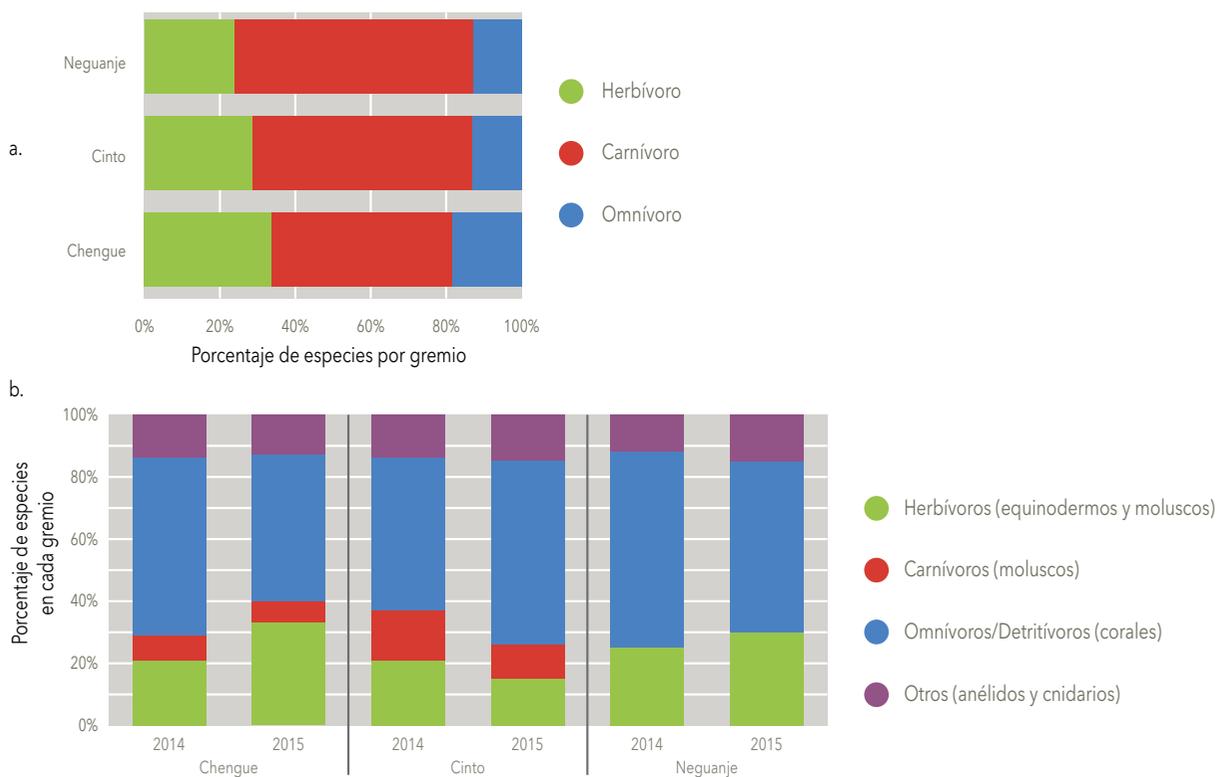


Figura 2. Porcentaje de presencia de distintos grupos tróficos de invertebrados para cada uno de los tres gremios de interés en promedio (a) y anual (b) para el cálculo del indicador de condición tendencia en pastos marinos.

Específicamente para Bahía Chengue durante el levantamiento de información durante el 2014 y 2015 se observaron 25 especies de peces, pertenecientes a 4 órdenes, 14 familias y 18 géneros. Los perciformes fueron el orden con mayor representación de especies seguidos por los tetraodontiformes. Las familias con mayor riqueza son Scaridae con 5 especies y Labridae con 4; Acanthuridae, Mullidae, Labrisomidae y Haemulidae están representadas por 2 especies cada una (Figura 3).

Así mismo, en Bahía Cinto se observaron 52 especies ubicadas en 29 géneros, 15 familias y 5 órdenes. Las familias con mayor número de especies son Scaridae (8 especies), Pomacentridae (7 especies), Labridae (6 especies), Gobiidae y Haemulidae (5 especies cada una), Carangidae y Chaetodontidae (3 especies cada una). El resto de familias están representadas por a lo sumo una especie (Figura 4).

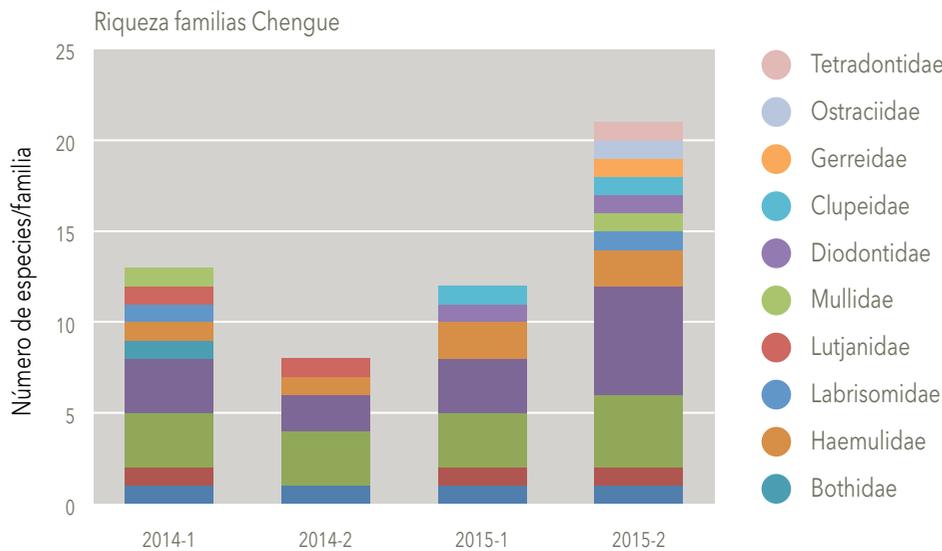


Figura 3. Riqueza de especies por familia registrada en la Bahía de Chengue en los cuatro muestreos de levantamiento de inventario de fauna asociada a pasos marinos.

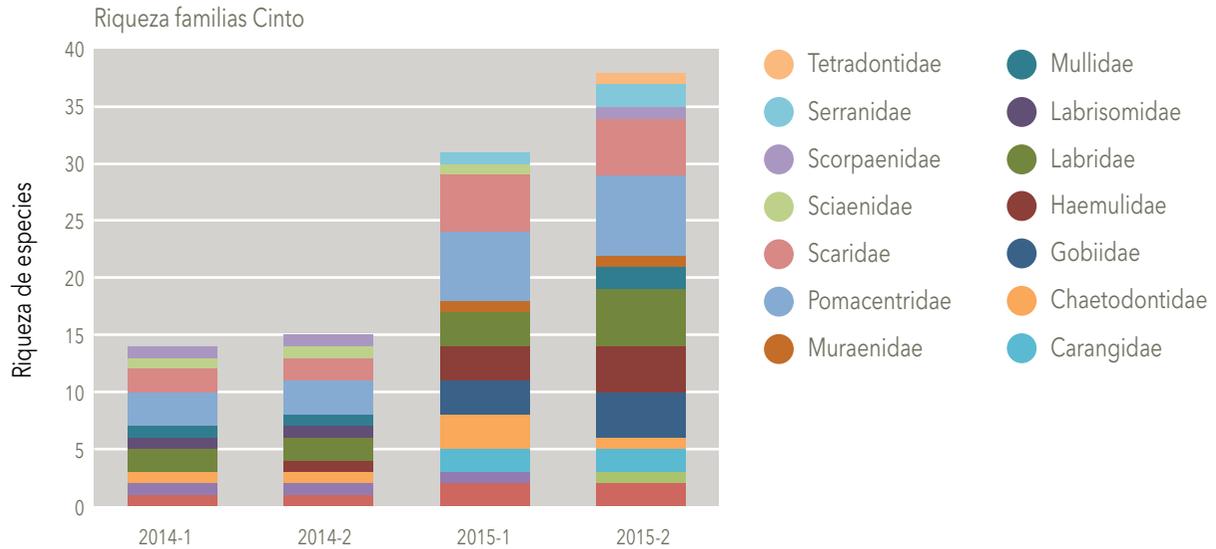


Figura 4. Riqueza de especies de peces por familia en la Bahía de Cinto registradas en las estaciones de monitoreo de pastos marinos.

Por último en la bahía de Neguanje, se observaron un total de 55 especies ícticas en la comunidad de la pradera de pastos marinos. Estas especies pertenecen a 30 géneros, 22 familias y 4 órdenes. Los Perciformes son el orden que alberga la mayor cantidad de especies con 47 especies ubicadas en éste. Las demás especies se ubican en los órdenes Clupeiformes, Sygnatiformes y Tetraodontiformes. Las familias que presentan mayor riqueza son Pomacentridae y Haemulidae (7 especies cada una), Labridae y Scaridae (6 especies cada una), Carangidae (4 especies) y Acanthuridae (3 especies). Las demás familias está representadas por a lo sumo 2 especies (Figura 5).



Figura 5. Riqueza de especies de peces por familia en la Bahía de Nenguanje registradas en las estaciones de monitoreo de pastos marinos.

Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo PNNCRSB

Este parque nacional fue el segundo en instaurar el monitoreo de pastos marinos con la metodología SeagrassNet adaptada para Colombia. Por ser parte de un archipiélago sobre la plataforma continental, se presenta como referencia del comportamiento de este ecosistema en un área con influencia mixta entre el continente y mar abierto.

Como se puede observar en la Figura 6, en el primer año de muestreo la estación de Isla Rosario presentó claramente un comportamiento bimodal en el que prácticamente durante el primer semestre del año se presentó una diferencia contrastante con respecto a lo obtenido en el segundo semestre del año. Sin embargo y en general a partir de 2015 y para la estación de Isla Mangle desde el 2014, el comportamiento de la planta con respecto a este atributo muestra una tendencia a partir de julio de 2014 a incrementar los valores de densidad. Esta amplia variabilidad por el momento no permite establecer un solo valor de referencia para el ecosistema a nivel nacional, ya que los resultados de los dos Parques Nacionales, sólo coinciden medianamente en el primer muestreo desarrollado en el 2013 y son contrastantes durante el 2014 y 2015. Por lo anterior, se sugiere continuar con el levantamiento de esta variable al menos por otro año más en primer y segundo semestre para corroborar con mayor certeza una tendencia general.

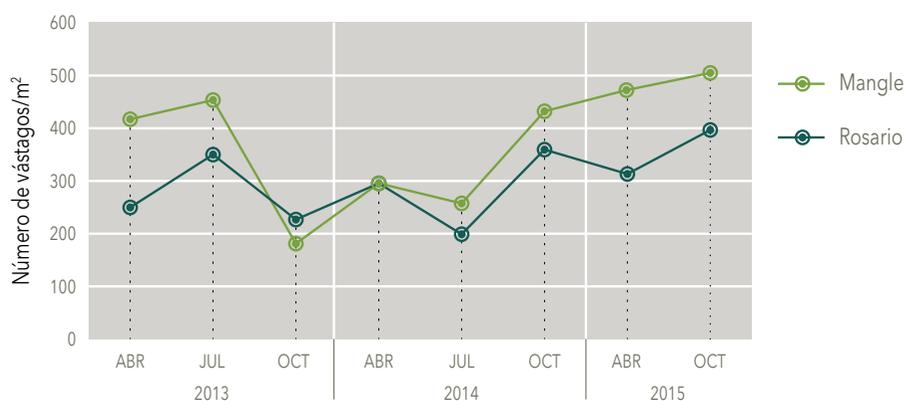


Figura 6. Valores promedio de densidad de vástagos por metro cuadrado registrados durante el monitoreo de pastos marinos para las dos estaciones del PNN Corales del Rosario y San Bernardo entre 2012 y 2015.



En cuanto a la presencia de los distintos niveles tróficos a nivel de invertebrados se observa en la Figura 7 que durante la evaluación de la fauna asociada, efectivamente se cuenta con representantes de cada nivel para determinar entre las especies presentes las indicadoras particularmente para cada área en el monitoreo.

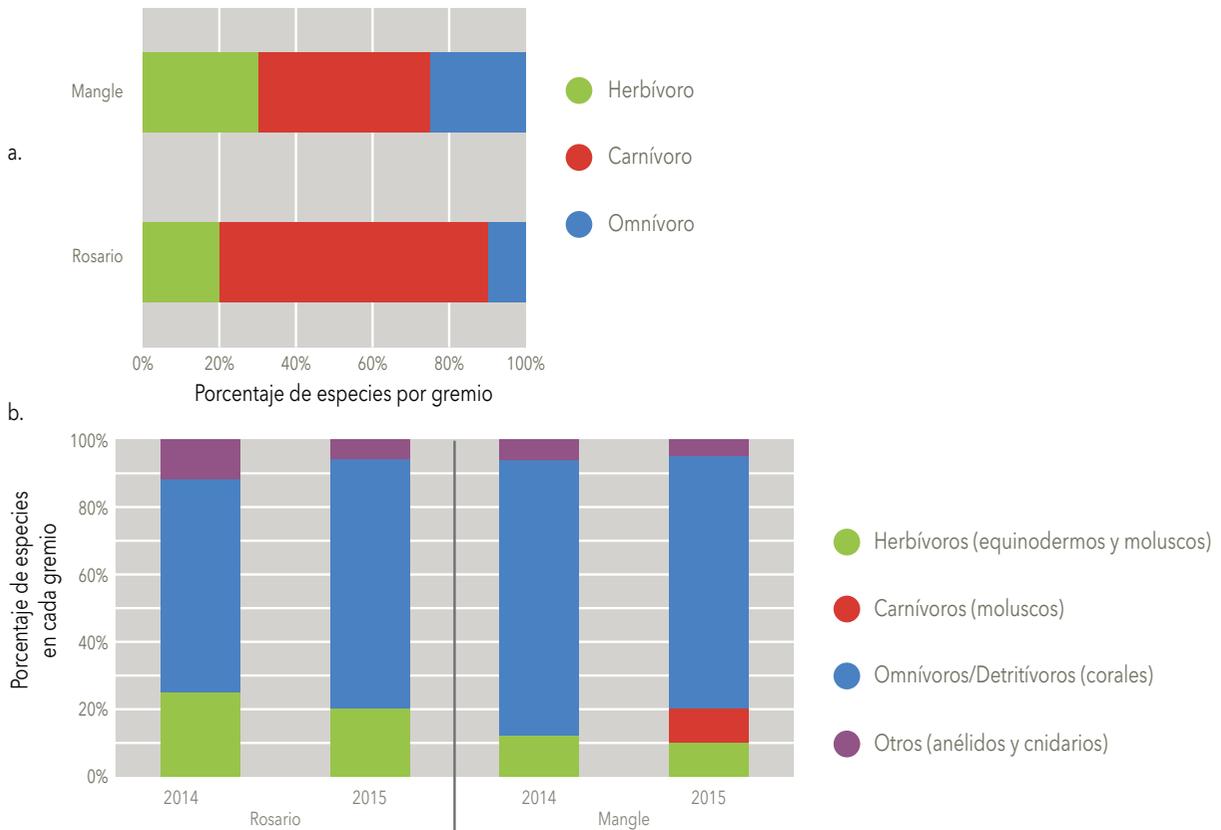


Figura 7. Porcentaje de presencia de distintos grupos tróficos de invertebrados para cada uno de los tres gremios de interés en el cálculo del indicador de condición tendencia para pastos marinos en las estaciones del PNN Corales del Rosario e Islas de San Bernardo.

Específicamente para Isla Rosario, el inventario de fauna de peces registró 30 especies de 4 órdenes, 17 familias y 20 géneros. 27 de estas especies pertenecen al orden Perciformes. Las demás corresponden a los Tetraodontiformes, Anguiliformes y Rajiformes. Las familias con mayor número de especies son Labridae (6 especies), Scaridae (5 especies), Haemulidae y Labrisomidae (3 cada una) y los Carangidae (2 especies). Las demás familias están representadas por una especie (Figura 8).

En Isla Mangle: se encontraron 23 especies en los dos años de muestreo. 21 de estas especies están ubicadas en el orden Perciformes, las otras dos corresponden a Tetraodontiformes y Anguiliformes. La familia con mayor número de especies es Scaridae (6 especies), seguida de Haemulidae (3 especies), Gerreidae, Labridae y Chaetodontidae (2 especies cada una), las demás familias están representadas por una sola especie (Figura 9).

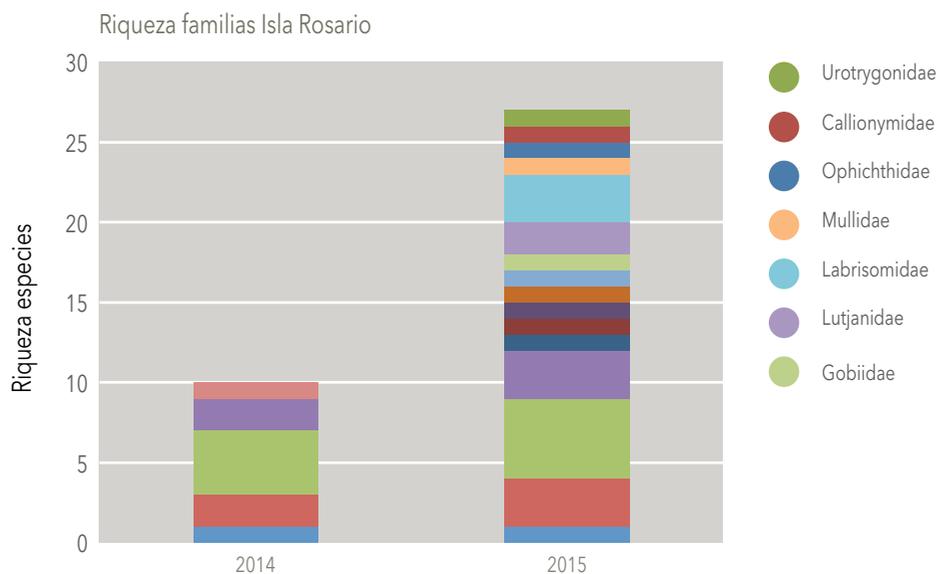


Figura 8. Riqueza de especies por familia registradas en Isla Rosario (PNNCRSB) durante el monitoreo de pastos marinos durante los dos años de muestreo.

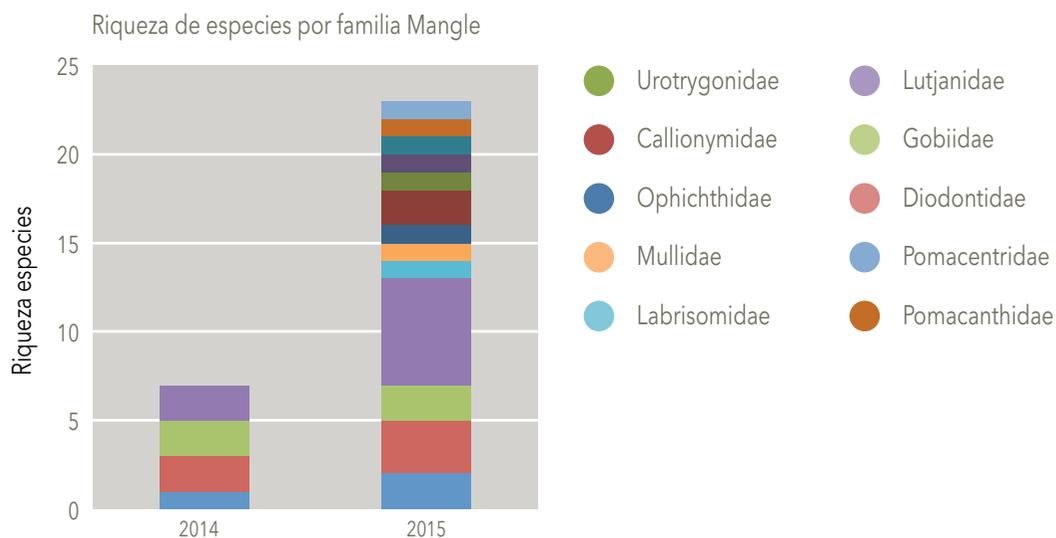


Figura 9. Riqueza de especies de peces por familia en isla Mangle registradas en las estaciones de monitoreo de pastos marinos en el PNNCRSB.

La Figura 10 permite observar los porcentajes de las especies que componen la comunidad íctica de la pradera de Isla Mangle en los gremios ecológicos especificados para alimentar la variable específica del indicador. Entre el listado de peces, al igual que entre los invertebrados, se debe escoger próximamente a las especies representantes que alimentaran el indicador a futuro.



Porcentaje de especies por gremio ecológico

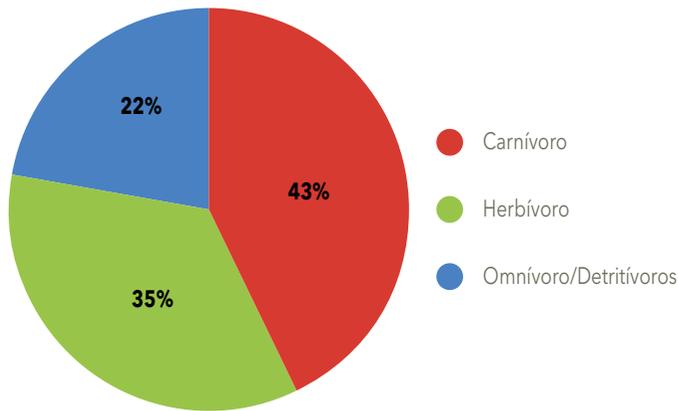


Figura 10. Porcentaje de gremios tróficos (carnívoros, herbívoros y omnívoros/detritivoros) representados por el número de individuos representantes de la fauna asociada de las praderas de pastos marinos de Isla Mangle (PNNCRSB).

REGIÓN CARIBE INSULAR

Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon

Este parque nacional es hasta el momento el tercero que se integra al monitoreo de pastos marinos del SAMP y representa a las áreas con influencia directamente oceánica sobre este ecosistema.

Los resultados muestran que de las dos estaciones de monitoreo que tienen seguimiento en el parque, la de Mauricio's Bay que está ubicada hacia el centro de la bahía, como tal no muestra cambios significativos durante los dos años de monitoreo. Mientras que la estación de Oyster Creek, que tiene interacción directa de la laguna costera por estar muy cerca de la boca, posee una variabilidad más evidente entre los dos años que no concuerda entre sí, con respecto a los ciclos aparentemente bimodales que se estaban observando en otras áreas y por ende con la información que se tiene hasta el momento no es posible determinar aún los rangos de variación cualitativo para el ecosistema (Figura 11).

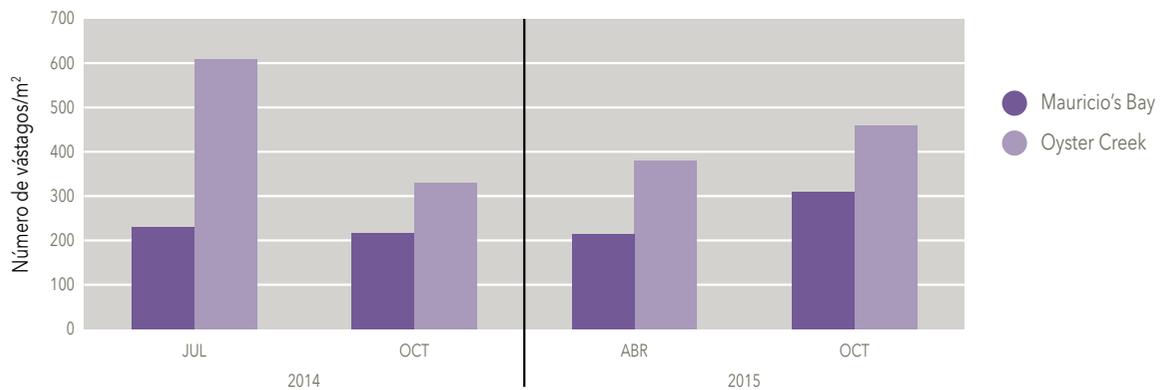


Figura 11. Valores promedio de densidad de vástagos por metro cuadrado registrados durante el monitoreo de pastos marinos para las dos estaciones del PNN Old Providence McBean Lagoon durante 2014 y 2015.



Al igual que en las otras áreas, se observa una buena composición de especies que constituyen los tres gremios de importancia para convertirse en indicadores y aportar al estado de condición tendencia del ecosistema de pastos marinos (Figura 12 a y b).

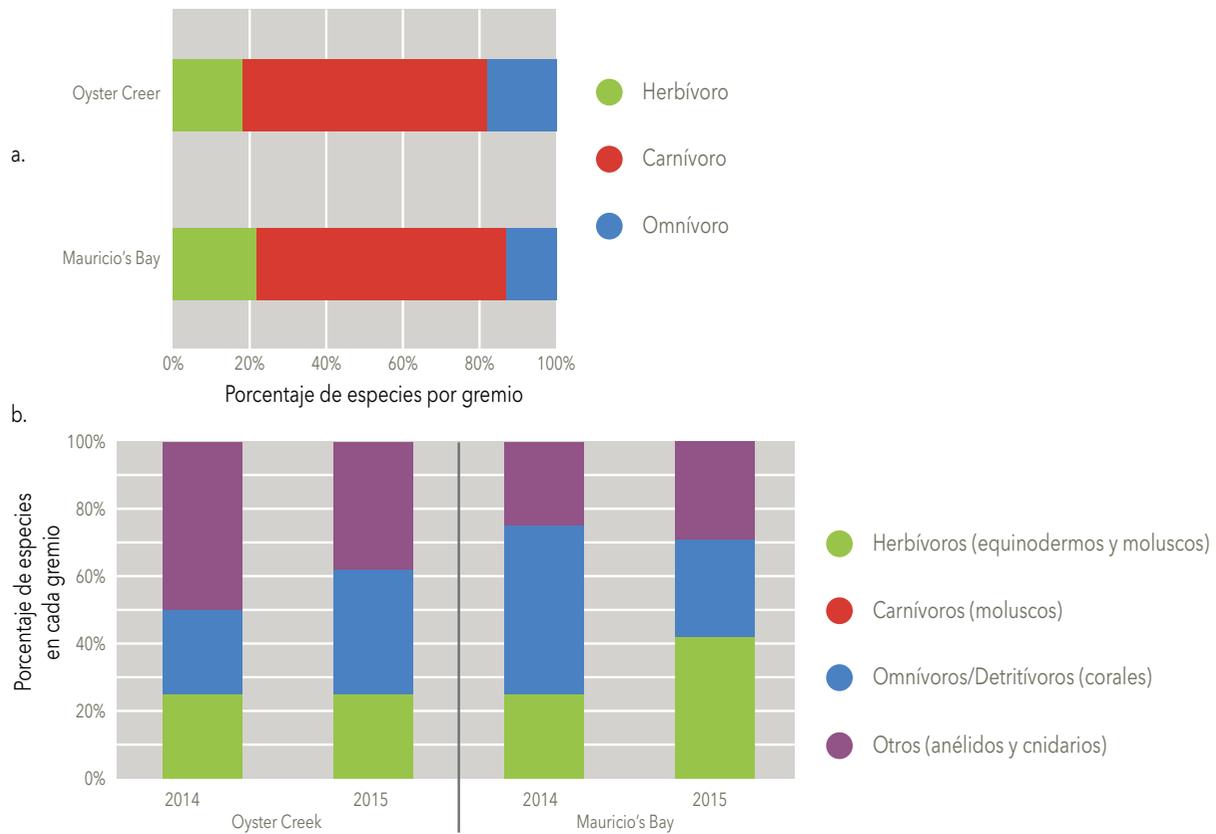


Figura 12. Porcentaje de presencia de distintos grupos tróficos de invertebrados para cada uno de los tres gremios de interés en el cálculo del indicador de condición tendencia para pastos marinos en las estaciones del PNN Old Providence McBean Lagoon. (a) corresponde al promedio general durante las evaluaciones en campo y (b) discrimina por grupos y años la composición específica de estos gremios.

En cuanto a la composición de especies, específicamente en Oyster Creek se registró en los censos realizados 22 especies ícticas pertenecientes al orden de los Perciformes, excepto la especie *Dasyatis americana* perteneciente a los Rajiformes. Estas especies se ubicaron en 13 familias, Labridae (4 especies); Lutjanidae, Haemulidae y Scaridae (3 especies cada una); Gerreidae estuvo representada por 2 especies. El resto de familias presentaron 1 especie (Figura 17).

En Mauricio's Bay se observaron 23 especies de peces, 22 pertenecientes al orden de los Perciformes y el cofre *L. triqueter* de los Tetraodontiformes. Dichas especies presentaron una riqueza de 10 familias, siendo Haemulidae y Lutjanidae las que tuvieron más representantes (4 cada una), seguidas por Pomacentridae y Labridae (3 especies cada una). La familia Carangidae estuvo representada por 2 especies. El resto de familias presentan una sola especie (Figura 13).

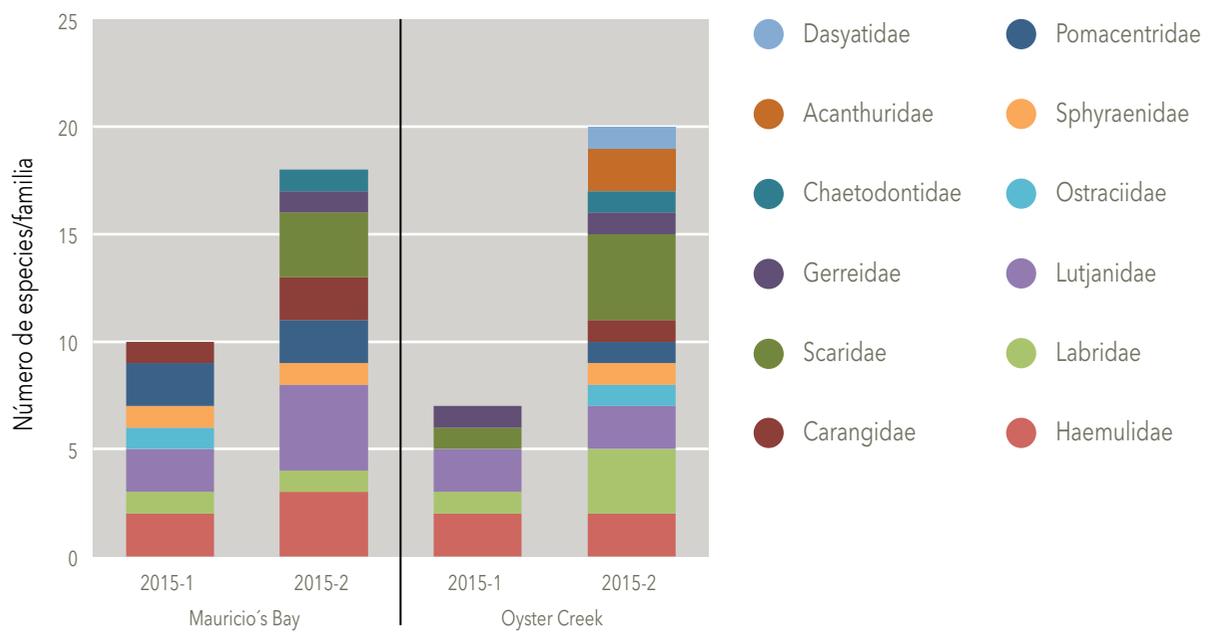


Figura 13. Riqueza de especies por familia en las dos estaciones de monitoreo en el PNNOPMBL durante los dos años de muestreo.



AMENAZAS

Pterois volitans. Foto: Luis Chasqui

Diversos estudios alrededor del mundo han evidenciado el deterioro generalizado de los ecosistemas marino costeros producto de la acción sinérgica entre las presiones antrópicas (sobrepesca, extracción de material calcáreo y turismo desordenado en la costa y actividades náuticas y de buceo descontrolado, construcciones, dragados, entre otros) y el aumento en frecuencia y magnitud de eventos climáticos extremos (mareas bajas extremas, aumento en el nivel del mar, incremento en la frecuencia de huracanes, tormentas tropicales y fenómenos de El Niño y La Niña, acidificación oceánica, cambios en la termoclina), situación que desde hace varias décadas tiene en jaque la sustentabilidad autónoma y resiliencia de estos ecosistemas.

A nivel general, **los arrecifes de coral** son ecosistemas muy vulnerables por tratarse de comunidades que demandan aguas transparentes, abundante luz, sustratos estables, salinidades altas y temperaturas que fluctúan entre los 25 y 30 grados centígrados y que por su ubicación en las zonas costeras del mundo principalmente, continuamente se enfrentan a diferentes perturbaciones producidas por efectos directos o indirectos de acciones antropogénicas y eventos climáticos, los cuales han ocasionado la pérdida de una alta proporción de corales en el mundo (Coffroth *et al.*, 1990). Las perturbaciones más comunes son los eventos de blanqueamiento, quebramiento y volcamiento de colonias ocasionados por huracanes, muerte por aumento de sedimentación por escorrentía, exposición aérea por efecto de las mareas y fenómenos como “EL Niño” (Brown, 1987; Brown, 1990; Coffroth *et al.*, 1990). Por otro lado aumento de la emisión de gases invernadero a la atmósfera ha producido en las últimas décadas el incremento de la acidez y temperatura del océano, lo cual modifica las condiciones necesarias para la supervivencia de estos organismos (Hughes, 2003; Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007). Así mismo, el aumento de la temperatura del mar es considerada la causa más importante en la degradación de los corales, con consecuencias ecológicas como blanqueamiento de coral, crecimiento lento e incremento de las enfermedades, mientras que el desecho de contaminantes a los mares promueve así mismo la aparición de enfermedades y la pesca aumenta la extracción de especies que ejercen control ecológico en el ecosistema (de macroalgas y sobrepoblación de organismos) y muchas de estas ya se encuentran actualmente en peligro de extinción.



En las áreas marinas protegidas (AMP) de Colombia los análisis de riesgo sobre este ecosistema muestra procesos de degradación evidentes, ya que muchos de los atributos claves determinados para la integridad ecológica de este ecosistema colectados a través de sistemas de monitoreo, presentan valores por debajo de los rangos óptimos, por una baja cobertura de tejido vivo y una gran cobertura de algas especialmente. Por otro lado, amenazas directas relacionadas con la sobre explotación pesquera, la disminución de los herbívoros, el aumento de la temperatura promedio del agua, la incidencia de enfermedades, la sobrepesca y la presencia de especies invasoras como el pez león, han disminuido la abundancia y la diversidad especies asociadas a los arrecifes, causando un desequilibrio en la dinámica ecológica del ecosistema, lo que se suma para que la vulnerabilidad de este Valor Objeto de Conservación – VOC sea de nivel crítico en las áreas protegidas del Caribe y Pacífico colombianos (Tabla 1 y Tabla 2). En la medida en que no se puedan disminuir y/o mitigar las amenazas existentes sobre este ecosistema, su esperanza de supervivencia a futuro disminuirá con el tiempo llegando en algún momento a un punto de no retorno, en lo que corresponde a las capacidades humanas para contrarrestarlo.

Cabe aclarar que el manejo de la integridad ecológica de los arrecifes coralinos no depende sólo de la administración del área protegida sino también de su contexto regional. Actualmente se hace necesario un marco de gestión más amplio como el manejo integrado de zonas costeras (MIZC) que viene implementado el país desde hace más de una década con mayores alcances en unas regiones que en otras, pero definitivamente necesita aumentar sus esfuerzos que propenda a hacer control de las actividades antropogénicas que están causando o son origen de los tensores que actualmente degradan este ecosistema.



Comunidad íctica. Foto: Juan David González



Tabla 1. Listado consolidado de presiones sobre los valores objeto de conservación (VOC) sintetizado del análisis de riesgos de los planes de manejo de las áreas de PNN Tayrona, Corales del Rosario y San Bernardo y Old Providence. Los números corresponden a calificaciones dadas internamente según la calificación de la presión sobre el VOC y los colores indican grado de afectación Rojo alto, Verde medio y Amarillo Leve (Datos tomados del análisis de riesgos para los VOC en PNNC noviembre 2015).

Consolidado por parque en la región Caribe del análisis de riesgos a valores objetos de conservación (noviembre de 2015)																
Área protegida	Valores objeto de conservación	Amenazas naturales			Uso, ocupación y tenencia									Sector productivo y extractivos	Vulnerabilidad	
		Variabilidad climática	Erosión costera	Aumento nivel del mar	Infraestructura (vivienda, puente, etc)	Ganadería	Pesca	Residuos sólidos y líquidos	Especies exóticas y/o invasoras	Turismo no regulado	Actividades náuticas	Buceo	Extracción de fauna y flora			Extracción material de construcción
Corales del Rosario	Arrecifes coralinos	15	7		11		13	11	13	3	9	11	13		15	CRÍTICO
	Praderas fanerógamas	7	3		13		11	13	5	9	11	9			9	MODERADO
Tayrona	Formaciones coralinas			7			9	3	3	9	3		3			CRÍTICO
	Pastos marinos			7			9	3	3	9	3		3			CRÍTICO
Old Providence	Pastos marinos				3	3	3	3		3				3		LEVE
	Formaciones coralinas					3	13	3	9	3						CRÍTICO

Tabla 2. Listado consolidado de presiones sobre los valores objeto de conservación (VOC) sintetizado del análisis de riesgos de los planes de manejo de las áreas de PNN Gorgona, Utría y Malpelo. Los números corresponden a calificaciones dadas internamente según la calificación de la presión sobre el VOC y los colores indican grado de afectación Rojo alto, Verde medio y Amarillo Leve (Datos tomados del análisis de riesgos para los VOC en PNNC noviembre 2015).

Consolidado por parque en la región Pacífico del análisis de riesgos a valores objetos de conservación (noviembre de 2015)											
Área protegida	Valores objeto de conservación	Amenazas naturales		Uso, ocupación y tenencia					Actividades ilícitas	Vulnerabilidad	
		Variabilidad climática	Temperatura superficial del mar	Pesca	Residuos sólidos	Especies invasoras	Turismo no regulado	Tránsito marítimo	Extracción de fauna y flora		
Utría	Arrecifes de coral	15		13	11	13	3	9		15	CRÍTICO
Malpelo	Ambiente oceánico bentónico		7	9	3	3	9	3			CRÍTICO
Gorgona	Arrecifes de coral			3	3		3				LEVE



Por otra parte, **los pastos marinos** a pesar de ser un grupo taxonómico de amplia distribución, exhiben baja diversidad genética (aproximadamente 60 especies comparadas con las 250.000 que representan a las angiospermas terrestres) y actualmente 10 especies se reportan actualmente en riesgo de extinción y 3 en peligro crítico (Short *et al.*, 2011) de estas sólo una de las seis que tienen representación en el Caribe colombiano (*Halophila baillonis*) se encuentra en ese listado en la categoría de Vulnerable. La especie *Thalassia testudinum* es la formadora de praderas más representativas y comunes en el litoral costero colombiano.

Una evaluación de su estado actual revisando todo el tipo de tensiones que actúan sobre el ecosistema a nivel nacional (Gómez-Cubillos *et al.*, 2015) y que son causantes de su degradación indica que eminentemente su ubicación en la zona infralitoral de las zonas costeras ha sido su mayor debilidad históricamente hablando, subsecuentemente el aumento de sedimentación en la pradera, remoción total o parcial de la misma (para ambientación de turistas en zonas de natación cercanas a la playa, por efecto de maltrato físico por actividades como anclaje y propelas de motores de embarcaciones o por efecto de las construcciones o dragados), pisoteo o aplastamiento, contaminación por residuos líquidos y sólidos, artes de pesca destructivos y extracción de fauna de manera selectiva. A nivel general, cada uno de los anteriores, ejerce una presión específica que independiente o sinérgicamente, provoca en el ecosistema desde pérdida de su fauna asociada, limitación de sus actividades fisiológicas y fenológicas naturales, incremento de enfermedades (*Labyrinthula* sp.), bajo crecimiento y expansión, o en sí mismo, incapacidad de repoblar áreas que han sido limpiadas de este. En la región los departamentos de La Guajira, Magdalena, Bolívar y el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina son los que presentan mayor afluencia de unos u otros de estos tensiones.

Thalassia testudinum y *Syringodium filiforme*.
Foto: Diana Isabel Gómez



Más específicamente hablando, mediante la metodología de análisis de riesgos de Parques Nacionales Naturales de Colombia se identificaron una serie de riesgos en función de las amenazas que ejercen presión sobre los valores objeto de conservación (VOC) y la vulnerabilidad dada por las características propias del ecosistema, los resultados se presentan en la Tabla 1. Los resultados de este análisis son insumos para el establecimiento de estrategias de manejo al interior de los Parques Nacionales Naturales que permitirán emprender acciones para prevenir, evitar o mitigar los riesgos identificados para los valores objetos de conservación (PNN, 2013; PNN, 2015a, b y c).

Además, teniendo en cuenta que entre los servicios ecosistémicos que este ecosistema ofrece se cuenta su alta producción primaria, siendo fundamentales en la base de múltiples cadenas tróficas a través de



herbivoría y reciclado de detritos (Hemminga y Duarte, 2000) y como un componente de más de un complejo de ecosistemas de las zonas marino costeras contribuyen a la salud de los arrecifes coralinos, manglares, marismas y arrecifes de ostras (Unsworth *et al.*, 2008); proveen nutrientes (N y P) y carbono orgánico a otras partes de los océanos incluyendo el mar profundo y a pesar de que ocupan un área pequeña de la superficie oceánica (0,1%) contribuyen con un 20% en el secuestro de Carbono actuando como filtros y preservándolo en los sedimentos (Fourqurean *et al.*, 2012; Pendleton *et al.*, 2012; Duarte *et al.*, 2011; Duarte *et al.*, 2005). Por otra parte, el aclaramiento del agua de sedimentos suspendidos por efecto del dosel de la planta, la toma y reciclaje de los nutrientes del agua por las hojas, raíces y rizomas, (Orth *et al.*, 2006; Heck *et al.*, 2008) y han probado ser una importante fuente de alimentos y protección para diferentes estadios juveniles de especies de peces y moluscos de interés comercial y de subsistencia (de la Torre-Castro y Ronnback, 2004, Heck *et al.*, 2003).

La complejidad de la estructura rizomal de la planta permite la estabilización y acreción de los sedimentos suministrando protección a la línea costera y reducción de la erosión por eventos extremos climáticos (Koch, 2001; Björk *et al.*, 2008), los cuales manejados adecuadamente dentro de una visión de eco-ingeniería (Duarte *et al.*, 2013) pueden ser muy útiles además para la mitigación y adaptación a los impactos del cambio climático, ya que son una opción social y económicamente rentable que ofrece grandes oportunidades a los países – especialmente en vías de desarrollo- para mantener sus objetivos sosteniblemente, aun bajo limitados recursos financieros y de capacidad per se (Duarte *et al.*, 2013).

Constanza *et al.*, (2014) y de Groot *et al.*, (2012) evaluaron los servicios ecosistémicos de los pastos marinos en US\$28.216 por hectárea al año y para los arrecifes coralinos de US\$197.900, siendo este último muy superior en comparación a otros ecosistemas marinos, costeros y terrestres.

A nivel general los arrecifes coralinos y los pastos marinos soportan la pesca artesanal y son medios de subsistencia de millones de personas de las comunidades costeras en las zonas tropicales del mundo (de la Torre-Castro y Ronnback, 2004; Unsworth y Cullen, 2010; TEEB, 2008, TEEB, 2010^a y b, Böhnke, 2013), por este motivo entre otros, es indispensable que la conservación y restauración integral de estos ecosistemas sean un esfuerzo sostenible en el tiempo con el fin de que la calidad de vida de las comunidades de las zonas costeras de manera directa e indirectamente las comunidades más lejanas del litoral costero, puedan hacer un uso aprovechable del mismo a través de todos los servicios ecosistémicos que nos ofrecen.

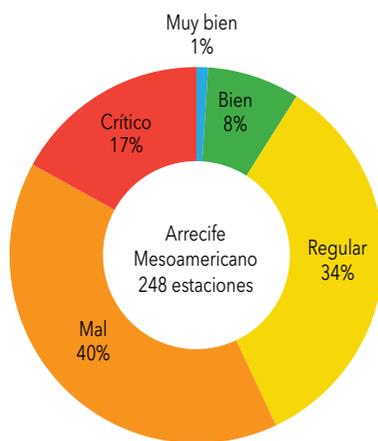


Pradera de *Thalassia testudinum*. Foto: Elizabeth Galeano

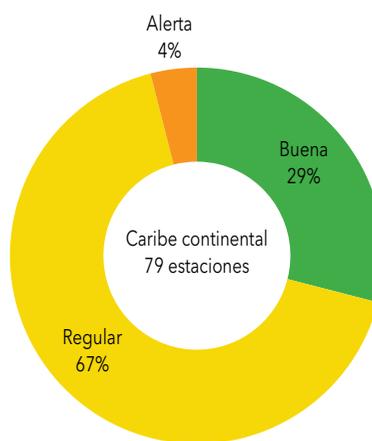
PERSPECTIVAS

Tripneustes ventricosus entre *Thalassia testudinum*. Foto: Diana Isabel Gómez

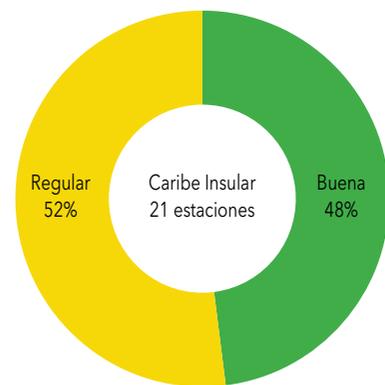
Ecosistema de coral



Índice de salud arrecifal del SAM 2014-2015



ICTAC en el Caribe continental



ICTAC en el Caribe Insular

Si pudiéramos hacer una “comparación” del estado de salud de los arrecifes de coral del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) en el Caribe con el estado de los mismos en el Caribe insular y continental colombiano, se podría mencionar que su salud se encuentra en “mejores condiciones”, esto mismo ha sido mencionado por otros autores donde se reconoce que en términos de cobertura de coral vivo en el Caribe sur los porcentajes son superiores a otras áreas del Caribe central (Jackson *et al.*, 2014). No obstante, esto no quiere decir que no se están degradando como es la tendencia a nivel mundial.



Se espera que el entendimiento sobre la salud de los arrecifes coralinos y su evaluación en Colombia se facilite a través del tiempo y que permita tomar acciones específicas de manejo a partir de las señales que se están evidenciando, por otro lado esta información permitirá continuar haciendo preguntas de investigación en donde la academia en el país juega un rol fundamental por concentra algunas de sus investigaciones a la evaluación de estos dos ecosistemas.

Por su parte, las praderas de pastos marinos fundamentadas especialmente en la especie *Thalassia testudinum* poseen una dinámica natural variable a lo largo del año y el conocimiento de esta particularidad en cada área es esencial al momento de tomar decisiones sobre las afectaciones o no de tensores sobre el ecosistema y en la determinación de los rangos de calificación de su estado con el índice de condición-tendencia.

Gracias a la variabilidad en geomorfología sobre la que los pastos marinos se ubican a lo largo del Caribe colombiano, solamente al recopilar la información a lo largo y ancho de la plataforma continental (PNN Tayrona, Corales del Rosario y San Bernardo), las áreas oceánicas (Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina), las zonas de surgencia (La Guajira) a futuro y otras con distintas variaciones sinérgicas de presiones o particularidades, se contará con suficiente información con la cual caracterizar el comportamiento de las plantas y el ecosistema en sí. Por ahora se estima que pueden tener un comportamiento ligeramente distinto entre sí, tal y como se ha logrado ver hasta el momento con esta pequeña síntesis, sin embargo para comprobar esto, es necesario recopilar suficiente y variada información al respecto.

La implementación de este levantamiento de campo de alguna manera semi-intensivo sería una de las primeras experiencias en cuanto a la conformación de indicadores de estado para este ecosistema a nivel mundial y se espera que para finales de este año (2016) ya se cuente con la base del mismo para seguir, ajustándolo a futuro lo más detalladamente posible en la medida en que se obtenga mayor conocimiento del mismo corroborada a través de la información de campo.

El Arrecife Mesoamericano (SAM) se extiende más de 1.000 km a lo largo de las costas de México, Belice, Guatemala y Honduras y mantiene las economías locales y el sustento de gran riqueza cultural de casi dos millones de personas. A escala regional, la cobertura de coral ha mejorado, pasando de 10% a 16%, sin embargo las macroalgas carnosas han aumentado. Los peces herbívoros, necesarios para reducir las macroalgas, han seguido aumentando, y con mayor intensidad de forrajeo pueden ayudar a que las condiciones sean más favorables para el crecimiento de corales. La biomasa de peces comerciales es mayor que en el 2006, aunque meros grandes fueron poco frecuentes, encontrándolos principalmente en las zonas totalmente protegidas de las AMPs (Kramer *et al.*, 2015)



REFERENCIAS

- Börjk, M., F.T. Short, E. McLeod y S. Beer. 2008. Managing seagrasses for resilience to climate change. IUCN, Gland, Switzerland. 55 p.
- Bander, L. M., P.J.H. van Beukering y H.S.J. Cesar. 2007. The recreational value of coral Reefs: a meta-analysis. *Ecological Economics* 63, 209-218.
- Böhnke-Henrichs, A., Baulcomb, C., Koss, R. Hussain, S.S. & de Groot, R. (2013), "Typology and indicators of ecosystem services for marine spatial planning and management", *Journal of Environmental Management* 130, p. 135-145
- Brown, B.E. 1987. Worldwide death of corals-natural cyclical events or man-made pollution. *Marine Pollution Bulletin*. 18:9-13.
- Brown, B.E. y Suharsono. 1990. Damage and recovery of coral reefs affected by El Niño related seawater warming in the Thousand Islands, Indonesia. *Coral Reefs*. 8:163-170.
- Burdick, D. M. y F. Short. 1999. The effect of boat docks on eelgrass beds in coastal waters of Massachusetts. *Environmental Management* 23, 231-240
- Burkholder, J.M., D.A. Tomasko y B.W. Touchet. 2007. Seagrasses and eutrophication. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350, 46-72
- Carpenter, R.C. (1986). Partitioning herbivory and its effects on coral reef algal communities. *Ecological Monographs*, 56,345-36.
- Coffroth, M.A., H.R. Lasker y J.K. Oliver. 1990. Coral mortality outside of the eastern Pacific during 1982-1983: relationship to El Niño. In: Glynn PW (ed) *Global ecological consequences of the 1982- 83 El Niño-Southern Oscillation*. Elsevier, Amsterdam. 141- 182.
- CORALINA-INVEMAR. 2012. Gómez-López, D. I., C. Segura-Quintero, P. C. Sierra-Correa y J. Garay-Tinoco (Eds). *Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" -INVEMAR- y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 28. Santa Marta, Colombia 180 p.
- Costanza, R., R. de Groot, P. Sutton, S. van der Ploeg, S. J. Anderson, I. Kubiszewski, S. Farber y R. K. Turner. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26: 152-158. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- de Boer, W.F. 2007. Seagrass-sediment interactions, positive feedbacks and critical thresholds for occurrence: a review. *Hydrobiologia* 591, 5-24
- de Groot, R., L. Brander, S. van der Ploeg, R. Costanza, F. Bernard, L. Baat, M. Christie, N. Crossman, A. Ghermandi, L. Hein, S. Hussain, P. Kumar, A. McVittie, R. Potela, L. C. Rodriguez, P. ten Brik y P. van Beukering. 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Economic Services* 1: 50-61.
- de la Torre-Castro, M. y P. Ronnback. 2004. Links between humans and seagrasses- an example from tropical East Africa. *Ocean and Coastal Management* 47, 361-387.
- Dennison, W.C., R.J. Orth, K.A. Moore, J.C. Stevenson, V. Carter, S. Kollar, P.W. Bergstrom, y R. A. Batiuk. 1993. Assessing water quality with submersed aquatic vegetation. *Bioscience* 43, 86-94
- Duarte, C.M., J.J. Middleburg y N. Caraco. 2005. Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences* 2, 1-8.
- Duarte, C.M., H. Kennedy, N. Marbà y I. Hendriks. 2011. Assessing the capacity of seagrass meadows for carbon burial: current limitations and future strategies. *Ocean & Coastal Management*. ISSN: 0964-5691. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.09.001>. Available online 21 September 2011.
- Duarte, C.M., I.J. Losada, I.E. Hendriks, I. Mazarrasa y Núria Marbà. 2013. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change* 3/DOI: 10.1038/NCLIMATE1970
- Erfteemeijer, P.L.A. y R.R.R. Lewis. 2006. Environmental impacts of dredging on seagrasses: a review. *Marine Pollution Bulletin* 52, 1553-1572
- Fourqurean, J.W., C.M. Duarte, H. Kennedy, N. Marbà, M. Holmer, M.A. Mateo, E.T. Apostolaki, G.A. Kendrick, D. Krause-Jensen, K.J. McGlathery y O. Serrano. 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience* DOI: 10.1038/NGL01477
- Garzón-Ferreira, J., A. Rodríguez-Ramírez. 2010. SIMAC: Development and implementation of a coral reef monitoring network in Colombia. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 58 (1). 67-80.
- Gómez-López, D.I., S.M. Navarrete-Ramírez, R. Navas-Camacho, C.M. Díaz-Sánchez, L. Muñoz-Escobar y E. Galeano. 2014. Protocolo indicador Condición Tendencia Praderas de Pastos Marinos (ICTPM).



- Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). Invemar, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del Invemar No. 68, Santa Marta. 36 p.
- Green, E.P. y E.T. Short (Eds.). 2003. World Atlas of Seagrasses. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press. Berkeley, USA.
- Hatcher B.G y Larkum, A.W.D. (1983). An experimental analysis of factors controlling the standing crop of the epi-lithic algal community on a coral reef. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 69, 61-84.
- Heck, K.L., J. Pennock, J. Valentine, L. Coen y S.S. Sklenar. 2000. Effects of nutrient enrichment and large predator removal on seagrass nursery habitats: an experimental assessment. *Limnology and Oceanography* 45, 1041-1057.
- Heck, K.L., C. Hays y R.J. Orth. 2003. A critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. *Marine Ecology Progress Series* 253, 123-136.
- Heck, K.L., T. J. Carruthers, C.M. Duarte, A. R. Hughes, G.A. Kendrick, R.J. Orth, S.L. Williams. 2008. Trophic transfers from seagrass meadows subsidize diverse marine and terrestrial consumers. *Ecosystems* 11, 1198-1210
- Hemminga, M.A. y C.M. Duarte. 2000. *Seagrass ecology: An introduction*. Cambridge University Press. Xi+298 p.
- Hoegh-Guldberg, O., P.J. Mumby, A.J. Hooten, R.S. Steneck, P. Greenfield, E. Gomez, C.D. Harvell, P.F. Sale, A.J. Edwards, K. Caldeira, N. Knowlton, C.M. Eakin, R. Iglesias-Prieto, N. Muthiga, R.H. Bradbury, A. Dubi y M.E. Hatzilios. 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318, 1737-1742.
- Hughes, T.P., A.H. Baird, D.R. Bellwood, DR, Card M, Connolly SR, et al. 2003. Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science* 301:929-33.
- Iniciativa Arrecifes Saludables. 2012. Reporte de la salud ecológica del Arrecife Mesoamericano. Una evaluación para la salud del ecosistema. Iniciativa de Arrecifes Saludables para gente saludable. Quintana Roo. 22 p.
- INVEMAR, 2014. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2013. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 192p.
- Jackson, J., M. Donovan, K. Cramer y V. Lam (editors). 2014. Status and trends of Caribbean Coral Reefs: 1970-2012. Global Coral Reef Monitoring Network, IUCN, Gland, Switzerland. 306 p
- Kenworthy, W.J., M.S. Fonseca, P.E. Whitfield y K.K. Hammerstrom. 2002. Analysis of seagrass recovery in experimental excavations and propeller-scar disturbances in the Florida Keys National Marine Sanctuary. *Journal of Coastal Research* 37, 75-85
- Klumpp D.W. y Polunin, N.V.C. (1989). Partitioning among grazers of food resources within damselfish territories on a coral reef. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 125, 145-169.
- Knowlton, N. y J.B.C. Jackson. 2008. Shifting baselines, local impacts, and global change on coral reefs. *PloS Biology* 6: e54. There are no truly "pristine" coral reef ecosystems; they are all affected by major human impacts.
- Koch, E.W. 2001. Beyond light: Physical, biological, and geochemical parameters as possible submersed aquatic vegetation habitat requirements. *Estuaries* 24, 1-17.
- Kramer, P., McField, M., Álvarez-Filip, L., Drysdale, I., Rueda-Flores, M., Giró, A. and R. Pott. 2015. Report Card for the Mesoamerican Reef. Healthy Reefs Initiative (www.healthyreefs.org).
- Lotze, H.K., H.S. Lenihan, D.J. Bourque, R.H. Bradbury, R.G. Cooke, M.C. Kay, S.M. Kidwell, M.X. Kirby, C. H. Peterson y J. B.C. Jackson. 2006. Depletion, degradation and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science* 312, 1806-1809
- Martínez-Crego, B., A. Vergés, T. Alcoverro, J. Romero. 2008. Selection of multiple seagrass indicators for environmental biomonitoring. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 361: 93-109
- Mumby, P.J., A. Hastings y H.J. Edwards. 2007. Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs. *Nature* 450: 98101.
- Orth, R.J., T. J. B. Carruthers, W.C. Dennison, C. M. Duarte, J. W. Fourqurean, K. L. Heck jr., A. R. Hughes, G. A. Kendrick, W. J. Kenworthy, S. Olyarnik, F. T. Short, M. Waycott, y S. L. Williams. 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. *Bioscience* 56 (12), 987- 996.
- Pendleton L, D.C. Donato, B.C. Murray, S. Crooks, W.A. Jenkins, S. Sifleet, C. Craft, J.W. Fourqurean, J.B. Kauffman, N. Marba, P. Magonigal, E. Pidgeon, D. Herr, D. Gordon y A. Baldera. 2012. Estimating Global "Blue Carbon" Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated Coastal Ecosystems. *PLoS ONE* 7(9): e43542. doi:10.1371/journal.pone.0043542
- Pergent-Martini, C., C.F. Boudouresque, V. Pasqualini y G. Pergent. 2006. Impact of fish farming facilities on *Posidonia oceanica* meadows: a review. *Marine Ecology* 27, 310-319.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. 2013. Metodología para Análisis de Riesgo a Valores Objeto de Conservación. Documento Técnico Subdirección de Gestión y manejo - Grupo de Planeación del Manejo. Bogotá.



- Parques Nacionales Naturales de Colombia. 2015. Plan de Manejo PNN Corales del Rosario y San Bernardo. Parques Nacionales Naturales, Dirección Territorial Caribe. Documento en revisión.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. 2015. Plan de Manejo PNN Tayrona. Parques Nacionales Naturales, Dirección Territorial Caribe. Documento en revisión.
- Rincón Díaz, M.N. (2014). Relación Espacio-temporal entre Macroalgas y Peces Herbívoros en un Arrecife Insular. San Andrés isla: Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe.
- Roca, G., T. Alcoverro, D. Krausse-Jensen, T.J.S. Balsby, M.M van Katwijk, N. Marba, R. Santos, R. Arthur, O. Mascaró, Y. Fernández-Torquemada, M. Pérez, C.M. Duarte, J. Romero. 2016. Response of seagrass indicators to shifts in environmental stressors: A global review and management synthesis. *Ecological Indicators* 63: 310-323
- Rodríguez-Rincón, A.M., S.M. Navarrete-Ramírez, D.I. Gómez-López y R. Navas-Camacho. 2014. Protocolo Indicador Condición Tendencia Áreas Coralinas (ICTAC). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). Invenmar, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del Invenmar No. 66, Santa Marta. 52 p.
- Schmitt Lavin, E. F. (1997). The Influence of Herbivorous Fishes on Coral Reef Communities with Low Sea Urchin Abundance: A Study among Reef Community Types and Seasons in the Florida Keys. Florida: Nova Southeastern University.
- Short, F. y S. Wyllie Echeverria. 1996. Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environmental Conservation* 23, 17-27
- Short, F.T., B. Polidoro, S. R. Livingstone, K.E. Carpenter, S. Bandeira, J.S. Bujang, H.P. Calumpong, T.B.J. Carruthers, R.G. Coles, W.C. Dennison, P.L.A. Erftemeijer, M.D. Fortes, A.S. Freeman, T.G. Jagtap, A.H. M. Kamal, G.A. Kendrick, W.J. Kenworthy, Y.A. La Nafie, I.M. Nasution, R. J. Orth, A. Prathep, J. C. Sanciango, B. V. Tussenbroek y S. Vergara. 2011. Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biological Conservation* 144: 1961-1971
- Stoeckl, N., C.C. Hicks, M. Mills, K. abricius, M. Esparon, F. Kroon, K. Kaur, R. Costanza. 2011. The economic value of ecosystem services in the Great Barrier Reef: ous state of knowledge. In: Costanza, R., Limburg, K., Kubiszewski, I. (Eds). *Ecological Economics Reviews*, 1219. Academy of Sciences, Annals of the New York, pp. 113-133.
- Sullivan, B.K, T.D. Sherman, V.S. Damare, O. Lilje, F.H. Gleason. 2013. Potential roles of *Labyrinthula* spp. In global seagrass population declines. *Fungal Ecology* 6: 328-338.
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity TEEB (2008), Informe provisional, 66 p.
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity TEEB (2010a), La economía de los ecosistemas y la biodiversidad: incorporación de los aspectos económicos de la naturaleza. Una síntesis del enfoque, las conclusiones y las recomendaciones del estudio TEEB, Malta, 45 p.
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity TEEB (2010b), The economics of ecosystems & biodiversity. TEEB manual for cities: Ecosystem services in urban management, 41 p.
- Trevathan, S. M., a. Kahn y C. Ross. 2011. Effects of short-term hypersalinity exposure on the susceptibility to wasting disease in the subtropical seagrass *Thalassia testudinum*. *Plant Physiology and Biochemistry* 49: 1051-1058.
- Trevathan-Tackett, S.M., N. Lauer, K. Loucks, A. M. Rossi y C. Ross. 2013. Assessing the relationship between seagrass health and habitat quality with wasting disease prevalence in the Florida Keys. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 449:221-229.
- Unsworth, R.K.F. y L.C. Cullen. 2010. Recognizing the necessity for Indo-Pacific seagrass conservation. *Conservation Letters* 3, 63-73
- Unsworth, R.K.F., P.S. DeLeon, S.L. Garrard, J. Jompa, D.J. Smith y J.J. Bell. 2008. High connectivity of Indo-Pacific seagrass fish assemblages with mangrove and coral reef habitats. *Marine Ecology Progress Series* 353,213-224
- Veron, J. 2000. *Corals of the World*. Vol 3. Australia: Australian Institute of Marine Sciences and CRR Qld Pty Ltd.
- 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.
- Waycott, M., C. M. Duarte, T.J.B. Carruthers, R.J. Orth, W.C. Dennison, S. Olyarnik, A. Calladine, J.W. Fourqurean, K.L. Heck, Jr., A. Randall Hughes, G. Kendrick, W.J. Kenworthy, F.T. Short y S.L. Williams. 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America PNAS* 106(30), 12377-12381
- Williams, S.L. 2007. Introduced species in seagrass ecosystems; status and concerns. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350, 89-110.

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 I

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 Cispata
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})
67. Protocolo Indicador Condición Tendencia Bosques de Manglar (ICT_{BM})
68. Protocolo Indicador Condición Tendencia Pradera de Pastos Marinos (ICT_{PM})
69. Protocolo Indicador Calidad Ambiental de Agua (ICAM_{PF})
70. Protocolo Indicador Densidad poblacional de pez león (*Pterois volitans*)
71. Protocolo Indicador Riqueza de aves acuáticas
72. Protocolo Indicador Uso de recursos hidrobiológicos
73. Protocolo Indicador Variación línea de costa: Perfiles de playa
74. Lineamientos del plan de ordenamiento y manejo de la Unidad Ambiental Costera (Pomiuac) río Magdalena, completo Canal del Dique-sistema lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta, sector zona costera del departamento de Bolívar
75. Lineamientos para el plan de ordenación y manejo integrado de la Unidad Ambiental Costera (UAC) río Magdalena, complejo Canal del Dique-sistema lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta, sector zona costera del departamento de Bolívar. Cartilla
76. Vulnerabilidad de la población costera frente a la contaminación orgánica y microbiológica en la bahía de Buenaventura
77. Plan 4C: Cartagena de Indias competitiva y compatible con el clima. Resumen ejecutivo
78. Documento de conceptualización del sistema de monitoreo del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas en Colombia
79. Portafolio: "Áreas de arrecifes de coral, pastos marinos, playas de arena y manglares con potencial de restauración en Colombia"
80. Conceptualización del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas en Colombia
81. Tortuga Verde
82. Bosques de Vida: Manglares de Mi Guajira
83. Exploradores del Océano. Cartilla de Actividades
84. Biodiversidad del Mar de los siete colores
85. Plan de Acción del SAMP 2016-2023: Lineamientos para su consolidación en el marco de los Subsistemas Regionales de Áreas Protegidas del Pacífico y del Caribe



samp
Subsistema de
Áreas Marinas
Protegidas

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



@AreasMarinasCOL



www.facebook.com/AreasMarinasCOL

