

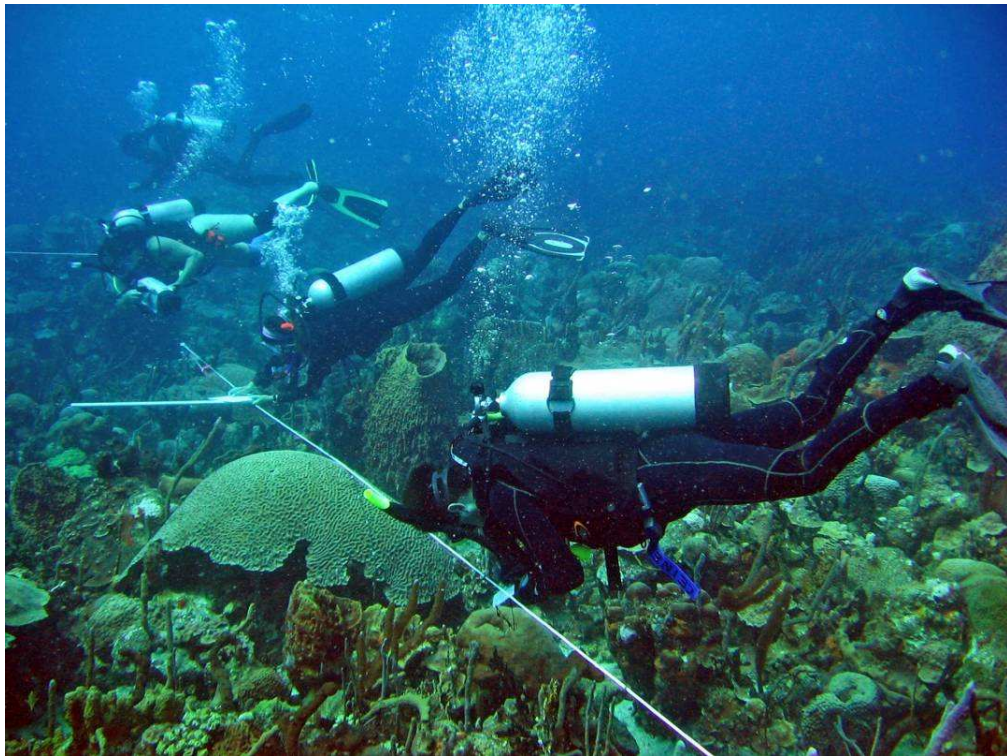
INVEMAR

COLOMBIA
50% MAR

PROYECTO PILOTO NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO – INAP

Componente C Insular Continental

**Monitoreo de arrecifes coralinos en el Área Marina Protegida
Corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte**



INFORME SALIDAS DE CAMPO 2006 - 2010

**Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
“José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR**
Vinculado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Monitoreo de arrecifes coralinos en el AMPCRSBeIF: INFORME SALIDAS DE CAMPO 2006 - 2010

CUERPO DIRECTIVO

Francisco A. Arias Isaza
Director General

Jesús Antonio Garay Tinoco
Subdirector Coordinación de Investigaciones (SCI)

Carlos Augusto Pinilla González
Subdirector de Recursos y Apoyo a la Investigación (SRA)

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

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

Luisa Fernanda Espinosa
Coordinadora Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

Paula Cristina Sierra Correa
Coordinadora Programa de investigación para la Gestión en Zonas Costeras (GEZ)

Georgina Guzmán Ospitia
Coordinadora Programa de Geociencias Marinas (GEO)

Oscar David Solano Plazas
Coordinador Servicios Científicos (GSC)

Elaborado por:

Tomás López Londoño
Biólogo Marino Investigador SIMAC / INAP

Kelly Gómez Campo
Biólogo Marino Investigador SIMAC / INAP

Supervisión:

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

Apoyo Técnico:

Diana Isabel Gómez López
Jefe de Línea Organización y Dinámica de Ecosistemas

Santa Marta, mayo de 2011

INVEMAR - Cerro Punta de Betín, Santa Marta – Colombia
, Apartado Aéreo 1016,
Tel: (57) (5) 4380808 -06-07 Fax: (57) (5) 4233280
<http://www.invemar.org.co>



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. METODOLOGÍA.....	2
2.1. Trabajo previo a cada salida de campo.....	2
2.2. Toma de información en campo.....	2
2.2.1. Localización de estaciones y transectos	2
2.2.2. Lectura de parámetros biológicos.....	6
2.2.3. Lectura de parámetros físico-químicos: temperatura y luz	8
3. Diagrama de actividades realizadas.....	10
4. REFERENCIAS	10

1. INTRODUCCIÓN

En el marco del Componente C insular continental del Proyecto Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático INAP, ejecutado por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR, se realizaron una serie de actividades y salidas de campo con el fin de monitorear los arrecifes coralinos en el Área marina Protegida Corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte (AMP-CRSBeIF). Con una periodicidad anual, entre los años 2006 y 2010, se realizó el monitoreo de estaciones clásicas y nuevas estaciones permanentes ubicadas en dicha AMP. En cada una de ellas se evaluaron las comunidades bentónicas, las enfermedades coralinas, los invertebrados sésiles y los peces arrecifales, siguiendo los protocolos y metodologías del SIMAC (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002).

Desde su creación en el año 1998, el SIMAC ha ampliado progresivamente su cobertura, evaluando e instalando nuevas estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos en los mares colombianos. Las estaciones más antiguas al interior del AMP-CRSBeIF, fueron instaladas en el año 1998 en el archipiélago Nuestra Señora del Rosario (Tesoro 1 y 2, Pavitos). Posteriormente en el año 2002 se instalaron otras en San Bernardo (Mangle, Ceycen, Tiosolda y Minalta), y por último en los años 2008 y 2009, dos nuevas estaciones en isla Fuerte (Fondo Loco y Los Boyones) y una más en Rosario (La Coca). La información generada históricamente a partir del monitoreo SIMAC, ha permitido conocer la salud y dinámica de los arrecifes coralinos en el AMP-CRSBeIF y ayudado a comprender los procesos y causas relacionadas con el deterioro arrecifal.

Las actividades en campo en el marco del proyecto INAP se realizaron conjuntamente con el grupo de trabajo del SIMAC, contando con el apoyo logístico del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, los hoteles-centros de buceo Isla Fuerte y Punta Faro, y el Centro de Investigación, Educación y Recreación OCEANARIO-CEINER. Fueron financiadas por el Banco Mundial con recursos GEF y por el INVEMAR con recursos del Banco de Proyectos de Inversión Nacional (BPIN). Se incluye en el presente informe una breve descripción de los aspectos metodológicos de la toma de información y una foto-memoria de las actividades realizadas.

2. METODOLOGÍA

2.1. Trabajo previo a cada salida de campo

Preparación de:

- Logística y autorizaciones necesarias para adelantar el monitoreo en las respectivas áreas (embarcaciones, personal de apoyo, transporte terrestre, alquiler de tanques, hospedaje, etc.).
- Dispositivos (HOBOS) para el registro de variables en las estaciones de monitoreo (temperatura y luminosidad).
- Materiales de campo: cabos, cadenas, estacas, tablas acrílicas con lápices, tubos de PVC, mazo, martillos, flexómetros, puntillas de acero, cuerdas, zunchos, juegos de nudos, guantes, boyas, bolsas.
- Equipos de buceo autónomos: reguladores, chalecos, aletas, caretas, trajes, capuchas, boyas de buceo, linternas, estrobos, pitos, velas químicas, computadores de buceo.
- Equipos de trabajo: computador portátil, Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), libros de identificación de especies Humann-Deloach, cámaras fotográficas.

2.2. Toma de información en campo

En cada salida de campo se localizaron las estaciones clásicas del SIMAC con los respectivos transectos que determinan el área muestral. Igualmente, se instalaron tres nuevas estaciones con el fin de ampliar la cobertura de monitoreo de arrecifes al interior del AMP-CRSBeIF. En cada estación se evaluaron año tras año cinco parámetros biológicos siguiendo el procedimiento de monitoreo establecido por el SIMAC (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002): cobertura de organismos sésiles (método de intersección continua con cadena numerada), abundancia de invertebrados vágiles, abundancia de gorgonáceos, salud coralina (métodos de transectos de banda), y riqueza y abundancia de peces arrecifales (método de censos visuales). Adicionalmente, se registró continuamente la temperatura del agua del fondo con dispositivos electrónicos (HOBOS) ubicados en algunas de las estaciones. En el marco del proyecto INAP, se adquirieron e instalaron HOBOS que además tomaban mediciones continuas de la luminosidad, de forma simultánea con la temperatura. A continuación se describe brevemente el proceso.

2.2.1. Localización de estaciones y transectos

Las estaciones se localizaron visualmente identificando algunos puntos de referencia y con la ayuda de un GPS. Luego de localizar la estación, se procedió a armar los transectos ubicando previamente la pareja de estacas que los delimitan con la ayuda de marcas de reconocimiento, boyas sintéticas, colonias o características del relieve y mapas históricos. Para delimitar el transecto, se aseguró una línea guía (cabo) entre cada par de estacas para la posterior lectura de los parámetros biológicos. Para facilitar la identificación y evitar

confundir estacas al momento de armar los transectos, se les identificó con una cuerda con una cantidad de nudos correspondiente al número de transecto al que pertenece.

En el archipiélago Nuestra Señora del Rosario, las estaciones Tesoro 1 y 2 se encuentran frente a isla Tesoro, zona intangible del PNNCRSB, hacia el costado sur de la plataforma insular ($10^{\circ} 14' 3.1''$ N – $75^{\circ} 44' 47.2''$ W) y la estación Pavitos se localiza frente al sector sur-este de isla Pavitos ($10^{\circ} 10' 29.5''$ N – $75^{\circ} 46' 14.3''$ W) (Figura 1). En la salida de campo del año 2009 se instaló una nueva estación en la localidad conocida como “La Coca” ($10^{\circ} 10' 15.2''$ N – $75^{\circ} 47' 19.9''$ W) ubicada en el sector norte de Isla Rosario, zona intangible del PNNCRSB, completando un total de 4 estaciones en el archipiélago Nuestra Señora del Rosario (Figura 1).

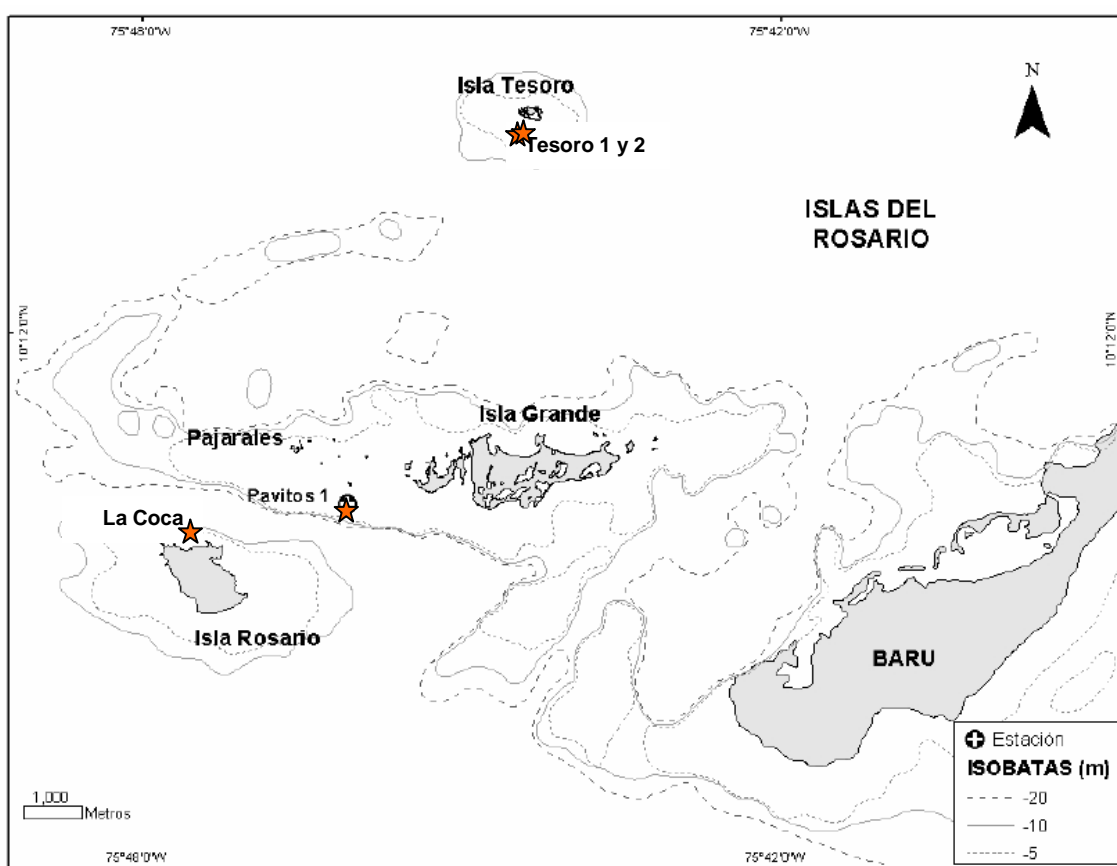


Figura 1. Ubicación de las estaciones de monitoreo en el archipiélago Nuestra Señora del Rosario (Modificada de Garzón- Ferreira *et al.*, 2002).

En el archipiélago de San Bernardo se monitorearon los arrecifes coralinos en otras cuatro estaciones del SIMAC. La estación de monitoreo Mangle se encuentra ubicada al norte de isla Mangle ($9^{\circ} 46' 38.7''$ N – $75^{\circ} 47' 7.4''$ O); la estación Ceycen frente a isla Ceycen en dirección noreste ($9^{\circ} 42' 19.9''$ N – $75^{\circ} 51' 58.1''$ O); la estación Minalta al noroeste de isla Múcura en el bajo coralino Minalta ($9^{\circ} 47' 26.1''$ N – $75^{\circ} 55' 24.2''$ O); y la estación Tiosolda está ubicada al noroeste de isla Tintipan en el bajo coralino conocido como Tiosolda ($9^{\circ} 49' 19''$ N – $75^{\circ} 53' 27''$ O) (Figura 2).

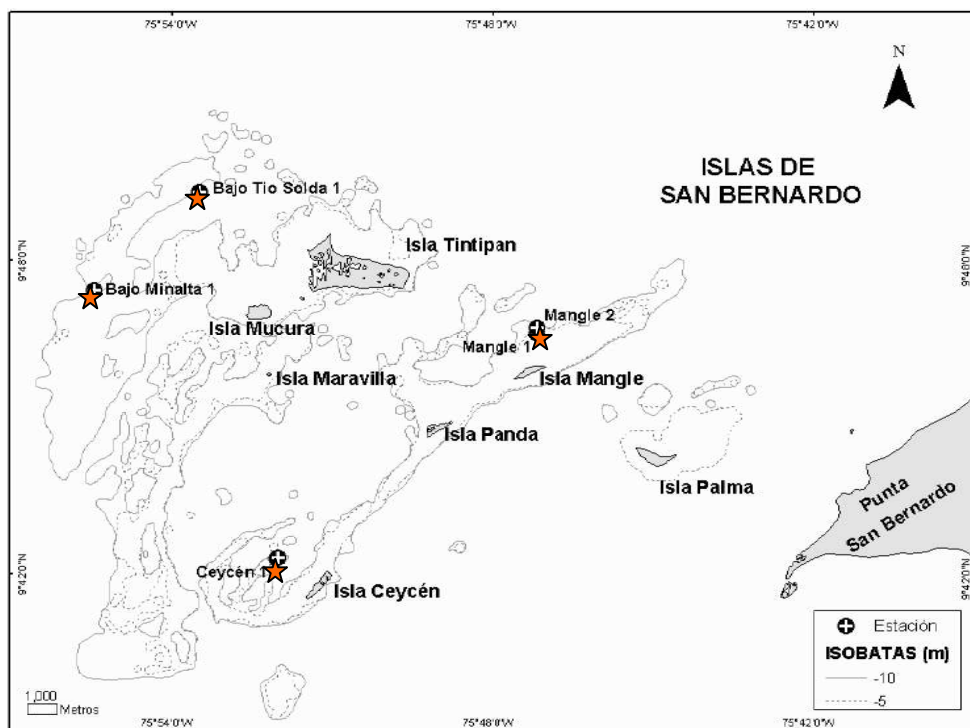


Figura 2. Ubicación de las principales islas y de las estaciones de monitoreo en el área coralina del archipiélago de San Bernardo (imagen tomada de Garzón- Ferreira *et al.*, 2002).

Durante el desarrollo del proyecto INAP se amplió la cobertura del SIMAC a Isla Fuerte, contando con una nueva área de monitoreo al interior del AMP-CRSBeIF. Previo a la instalación de estaciones, se realizaron buceos exploratorios en sitios recomendados por buzos con experiencia en el área y en otros lugares teniendo en cuenta descripciones disponibles en la bibliografía, buscando sitios con buena cobertura coralina, en buen estado de conservación y con poca inclinación (Figura 3).

En el año 2008, luego de la exploración preliminar, se instaló una nueva estación de monitoreo en el sitio conocido como Fondo Loco ubicado al costado occidental de Isla Fuerte ($9^{\circ} 22' 48,4''$ N – $76^{\circ} 12' 27,5''$ W), el cual cumplía con los requisitos para realizar el monitoreo arrecifal bajo los protocolos del SIMAC. Posteriormente, en el año 2009, se instaló una nueva estación en el sitio conocido como Los Boyones al sur de la primera estación (Figura 4).

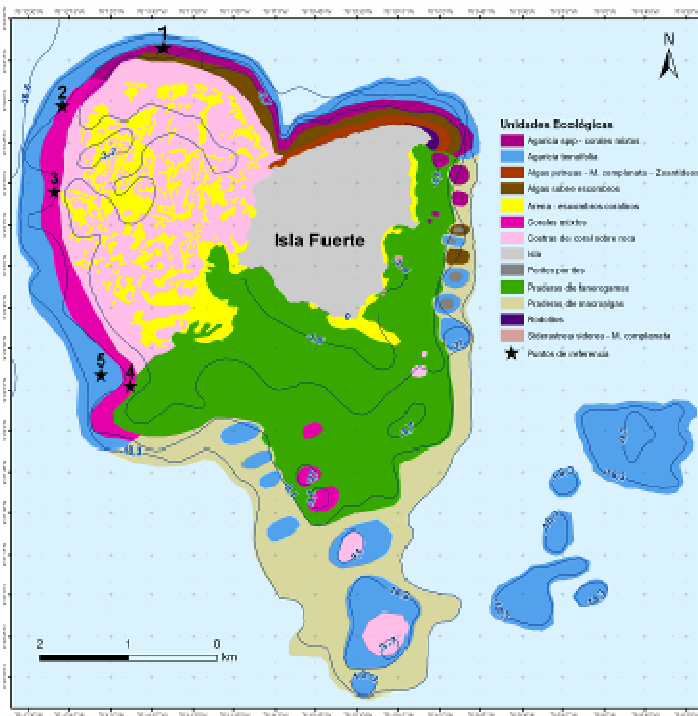


Figura 3. Ubicación espacial (izquierda) y geográfica (inferior) de los posibles sitios para la instalación de estaciones de monitoreo, identificados a partir de referencias bibliográficas (imagen elaborada por LabSIS del INVEMAR).

ID	POINT_X	POINT_Y
1	-76,19804651890	9,40830286497
2	-76,20819479830	9,40227272793
3	-76,20903342470	9,39357978240
4	-76,20135186580	9,37403699282
5	-76,20440189660	9,37516663383



Figura 4. Procedimiento de instalación de las nuevas estaciones de monitoreo en isla Fuerte (izquierda) y su ubicación final respecto a la isla (inferior).



2.2.2. Lectura de parámetros biológicos

Cobertura de organismos sésiles: para cada transecto se estableció la secuencia de los componentes del sustrato y su cobertura mediante el método de intersección continua, utilizando una cadena liviana rotulada y numerada que se desplegó sobre el fondo marino (figura 4). Los componentes del sustrato, clasificados en diferentes categorías (por ejemplo algas, corales duros, esponjas, etc.), fueron registrados dependiendo del número de eslabones de la cadena que caían sobre ellos (Figura 4).

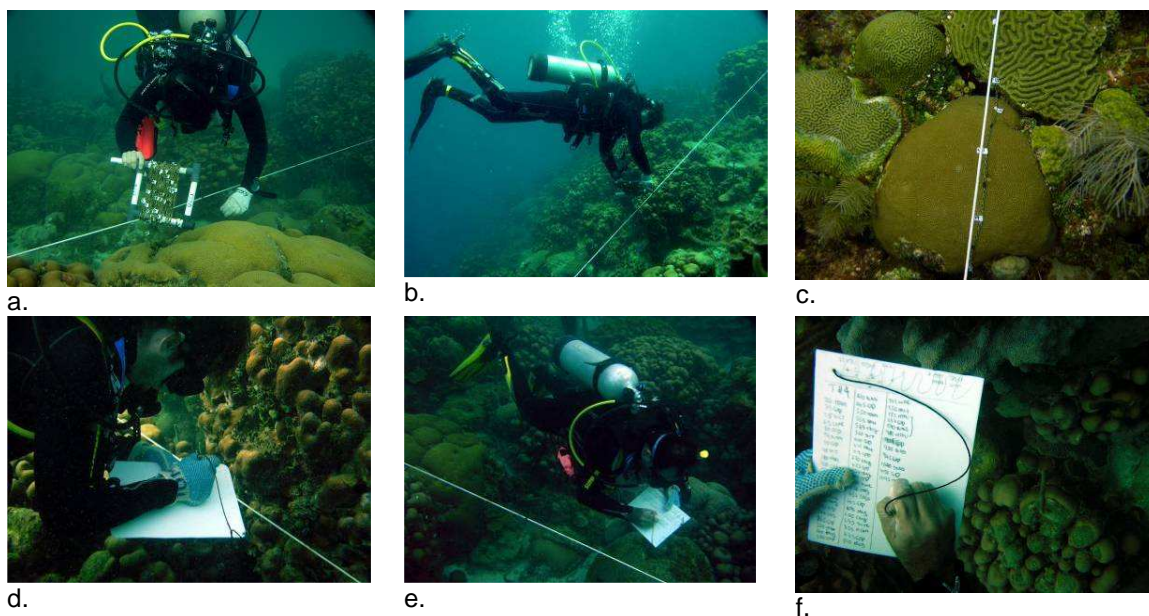
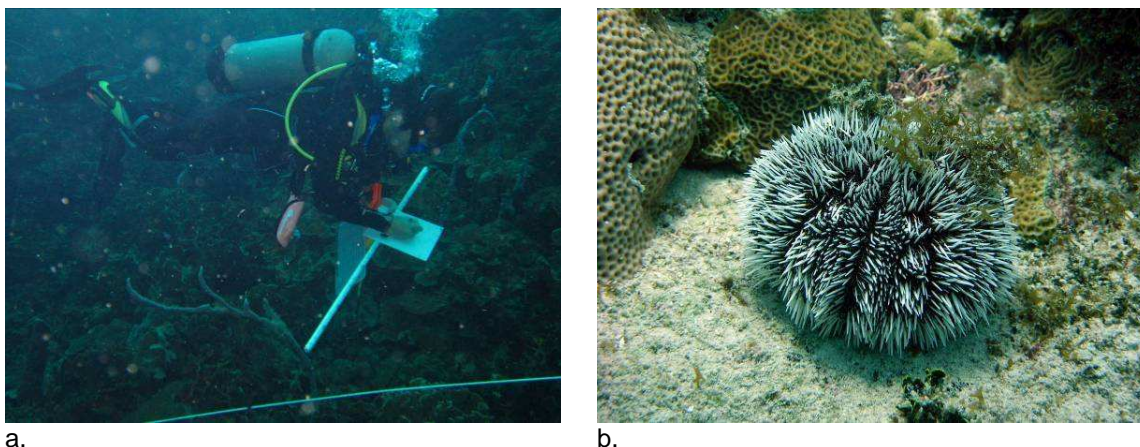


Figura 4. Instalación de la cadena liviana para estimar la cobertura de organismos sésiles. (a-b) Investigadores desplegando la cadena. (c) Posición de la cadena a lo largo de una sección del transecto. (d-f) Investigadores tomando datos de las categorías del sustrato sobre la cadena.

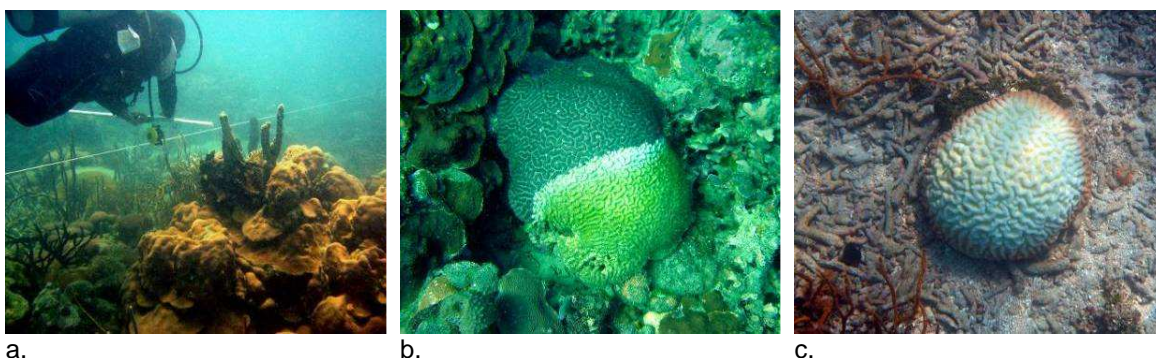
Abundancia de invertebrados vágiles: se estimó la abundancia de algunos macroinvertebrados de vida libre y con alguna importancia ecológica o comercial. Se registró la presencia de todas las especies de erizos y también de langostas, cangreja, pulpo, caracol pala, siguiendo el protocolo de monitoreo (Figura 5). La unidad de muestreo correspondió a un corredor de 10x2 m, cuyo eje central fue la línea de guía entre las dos estacas.

Abundancia de gorgonáceos: se estimó el número de gorgonáceos de acuerdo a su forma de crecimiento (vara, pluma, abanico, látigo). La unidad de muestreo fue el mismo transecto permanente utilizado para el monitoreo de organismos sésiles, pero en lugar de evaluar una banda de 2x10 m (salud e invertebrados) se realiza en una banda de 1x10 m, evaluando la presencia de gorgonáceos a 50 cm a lado y lado de la línea guía.



a. b.
Figura 5. Conteo de invertebrados de vida libre. (a) Investigador realizando el conteo sobre el transecto. (b) Invertebrado incluido en la lista del protocolo para el conteo.

Salud coralina: para evaluar las enfermedades (banda negra, banda blanca, banda amarilla, banda roja, plaga blanca, lunares oscuros) y blanqueamiento en colonias coralinas, se utilizaron los mismos transectos permanentes del monitoreo de organismos sésiles. La evaluación se realizó en un corredor de 10x2 m, cuyo eje central fue la línea de guía entre las dos estacas (Figura 6). El método consiste en examinar todas las colonias de corales pétreos mayores a 5 cm que se encuentren incluidos en la banda y registrar la incidencia de enfermedades.



a. b. c.
Figura 6. Monitoreo de la salud coralina. (a.) Investigador contando colonias (enfermas, blanqueadas y sanas) en el transecto permanente. (b) Colonia de *Diploria strigosa* con plaga blanca. (c) Colonia de *D. strigosa* con síntomas de blanqueamiento.

Riqueza y abundancia de peces arrecifales: se emplearon dos métodos de censos visuales; el primero (buceo errante durante 30 min.) permitió estimar la riqueza de especies, y el segundo (transecto de banda de 30x2 m) evaluar la abundancia de grupos selectos de peces de importancia ecológica y/o comercial (Figura 7).



Figura 7. Algunas de las especies incluidas en los censos de abundancia y riqueza de peces arrecifales. Nótese la presencia del pez León *Pterois volitans*, especie invasora del Caribe asociada con el deterioro de los arrecifes, registrada en los censos de peces del SIMAC (Fotos: archivo SIMAC, INVEMAR).

2.2.3. Lectura de parámetros físico-químicos: temperatura y luz

Estas variables se registraron con dispositivos electrónicos (HOBOS) ubicados en el fondo lo más cerca posible de la estación de monitoreo. Tales dispositivos presentaban una frecuencia de medición continua, tomando y almacenando la información cada cierto tiempo por un período determinado dependiendo de su programación. Históricamente, el SIMAC ha utilizado HOBOS para el registro constante de la temperatura en las estaciones de monitoreo. Para complementar esta información, en el marco del proyecto INAP se adquirieron otro tipo de HOBOS para el registro continuo y simultaneo de la temperatura y la luminosidad. Esto, con el fin de monitorear dos de las principales variables relacionadas con la salud de los arrecifes coralinos y que pueden variar ante el cambio climático (Buddemeier *et al.*, 2004; Anthony y Connolly, 2007).

En el año 2009 fueron instalados por primera vez los HOBOS para el registro de la temperatura y la luminosidad en algunas de las estaciones permanentes del SIMAC en el AMP-CRSBeIF (Figura 8). Los dispositivos se programaron para realizar entre 6 y 8 mediciones diarias de estas variables (aproximadamente cada tres horas). Estos dispositivos se recolectaron en la salida de campo del año 2010 y se reemplazaron por nuevos dispositivos calibrados con la misma periodicidad, procedimiento que deberá ser realizado de igual forma en futuras salidas de campo, tanto para este tipo de HOBOS como para los que registran únicamente la temperatura. La Tabla 2 resume la ubicación y tipo de HOBOS que fueron instalados en el año 2010. Los resultados históricos obtenidos por los HOBOS del SIMAC se encuentran en: <http://cinto.invemar.org.co/goos/>.

En el momento de su recolección, los HOBOS para el registro de la temperatura y luz se encontraron totalmente colonizados por epífitos, entre los que se encontraron algas costrosas, esponjas y corales (Figura 8). Esto, debido a que los dispositivos permanecieron sumergidos durante más de un año en el arrecife, expuestos a la acción de organismos colonizadores que aprovechan el sustratos disponible para su asentamiento, como es la superficie plástica de los HOBOS. En este sentido, y aunque los datos están aún por analizar, será probable encontrar que el nivel de precisión de la medición de la intensidad lumínica disminuya proporcionalmente con el paso del tiempo, ya que la superficie colonizada, cada vez más extensa y densa, representa una barrera al paso de la luz hasta el sensor del HOBOS.



Figura 8. Dispositivos electrónicos HOBOS utilizados para la medición continua de la temperatura y la luminosidad en estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos del SIMAC. Izquierda: dispositivo al momento de su instalación en el año 2009. Derecha: Dispositivo recolectado en el año 2010, totalmente colonizado por algas costrosas.

Tabla 2. Ubicación y tipo de HOBOS instalados en el año 2010 en las estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos del SIMAC en el AMP-CRSBeIF.

No.	Estación	Ubicación	Área	HOBOS instalados en el 2010
1	La Coca	Norte de isla Rosario	Islas del Rosario	(1) Temperatura, (1) Temperatura/luz
2	Tesoro 1	Sur de isla Tesoro	Islas del Rosario	(1) Temperatura/luz
3	Tesoro 2	Sur de isla Tesoro	Islas del Rosario	(1) Temperatura, (1) Temperatura/luz
4	Pavitos	Sureste de isla Pavitos	Islas del Rosario	(1) Temperatura
5	Ceycen	Noreste de isla Ceycen	Islas de San Bernardo	
6	Mangle	Norte de isla Mangle	Islas de San Bernardo	(1) Temperatura, (1) Temperatura/luz
7	Minalta	Noroeste de isla Múcura	Islas de San Bernardo	
8	Tiosolda	Noroeste de isla Tintipan	Islas de San Bernardo	(1) Temperatura/luz
9	Los Boyones	Suroeste de isla Fuerte	Isla Fuerte	(1) Temperatura/luz
10	Fondo Loco	Occidente de isla Fuerte	Isla Fuerte	(1) Temperatura

A causa de la exposición a la que quedaron los nuevos HOBOS (superficies expuestas del arrecife) luego de su primera instalación, se realizó un trabajo de socialización con personas que utilizan periódica o frecuentemente los arrecifes de la zona (pescadores, operarios de centros de buceo, funcionarios de Parques) para informarles sobre la instalación de los dispositivos. Lo anterior con el fin de concientizar sobre la importancia de generar este tipo de información y mostrar los posibles beneficios que eventualmente se tendrían.

3. Diagrama de actividades realizadas

El diagrama a continuación resume las actividades realizadas en las salidas de campo al AMP-CRSBeIF en el marco del proyecto INAP.

2006	2008	2009	2010
<ul style="list-style-type: none">• Monitoreo arrecifes coralinos (7 estaciones)• Instalación de HOBOS (temperatura)	<ul style="list-style-type: none">• Monitoreo arrecifes coralinos (7 estaciones)• Instalación de HOBOS (temperatura)• Instalación y evaluación de nueva estación en isla Fuerte	<ul style="list-style-type: none">• Monitoreo arrecifes coralinos (8 estaciones)• Instalación de HOBOS (temperatura)• Instalación de nuevos HOBOS (temperatura-luz)• Instalación y evaluación de nueva estación en Rosario• Instalación y evaluación de nueva estación en isla Fuerte• Socialización instalación nuevos HOBOS	<ul style="list-style-type: none">• Monitoreo arrecifes coralinos (10 estaciones)• Instalación de HOBOS (temperatura)• Instalación de nuevos HOBOS (temperatura-luz)• Recolección muestras experimentos termotolerancia y conectividad

4. REFERENCIAS

Garzón-Ferreira, J., M.C. Reyes-Nivia y A. Rodríguez-Ramírez. 2002. Manual de métodos del SIMAC Sistema de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR. 102 pp.

Buddemeier, R.W., J.A. Kleypas y R.B. Aronson. 2004. Coral reefs and global climate change: potential contributions of climate change to stress on coral reef ecosystem. Prepared for the Pew Center on Global Climate Change. 56 p.

Anthony, K.R.N. y S.R. Connolly. 2007. Bleaching, energetics, and coral mortality risk: effects of temperature, light, and sediment regime. *Limnol. Oceanogr.*, 52(2): 716-726