

Protocolo de Monitoreo No. 43: Monitoreo de arrecifes coralinos del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, en el Estado de Quintana Roo.

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM) se ubica en la costa Caribe del Municipio Benito Juárez, frente al poblado de Puerto Morelos en el Estado de Quintana Roo, a 35 Km al sur de Cancún y 34 Km al norte de Playa del Carmen. Sus coordenadas geográficas extremas son 21°00'00" y 20°48'33" latitud Norte y 86°53'14.40" y 86°46'38.94" longitud oeste. El 2 de Febrero de 1998 fue declarada área natural protegida (ANP), con una superficie total de 9,066-63-11 hectáreas. Su área arrecifal se extiende al norte hasta la colindancia con el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún, y Punta Nizuc¹.

El total de la superficie del PNAPM es zona marina, más la franja de la denominada Zona Federal Marítimo Terrestre aledaña al polígono. Incluye un arrecife bordeante de aproximadamente 21 Km de largo con un desarrollo variable. Es una barrera coralina casi continua entre Puerto Morelos y Punta Tanchacté. Entre Punta Tanchacté y la Bonanza el arrecife no aflora constantemente, y se encuentran una serie de pequeños bajos sucesivos separados entre sí hasta por 900 m, algunos más profundos que otros dando la impresión que no existe arrecife en algunos sitios. Hacia el límite norte, entre la Bonanza y Punta Nizuc se encuentran otra vez secciones arrecifales extensas, del orden de kilómetros, separadas por canales de 200 m a 300 m. En la parte sur, la rompiente del arrecife desaparece y se vuelve a desarrollar 16 Km al sur de Puerto Morelos, hasta Punta Maroma.

La laguna arrecifal es una zona del arrecife que separa la barrera arrecifal de la costa, con numerosos ojos de agua con aportes de agua subterránea y un desarrollo significativo de pastos marinos que provocan la retención de sedimentos, evitando la erosión de la costa lo que disminuye la fuerza del oleaje y reduce el daño que las tormentas podrían causar a las comunidades locales (INE- SEMARNAP, 2000).

Adyacente al PNAPM se desarrolla el "Complejo de Humedales Costeros de Puerto Morelos", suministra aportes de agua dulce al ANP ya sea a través de "bocas estacionales de tormenta" o por la infiltración de agua dulce por la barrera arenosa, aportando substanciales beneficios ambientales, ya que las descargas de agua dulce al mar fertilizan los ecosistemas marinos debido a la descomposición de la materia vegetal que enriquece el agua y sirve de alimento a numerosos animales, algunos de los cuales dependen de este ambiente también para reproducirse o pasar una etapa de desarrollo, como especies de importancia comercial.

Los arrecifes del ANP sustentan ricas comunidades biológicas bien conservadas que tienen valor ecológico, económico, recreativo y para investigación y constituyen, además, el recurso más importante en la economía de la comunidad de Puerto Morelos, cuya población se dedica mayoritariamente a la pesca o al turismo, ambas actividades estrechamente influidas por la salud del ecosistema. Las playas y arrecifes del PNAPM atraen un elevado número de turistas anualmente, un ejemplo de esto es que por cobro de derechos el PNAPM tiene el tercer lugar en ingresos, después de Cancún y Cozumel.

Los primeros estudios de los arrecifes incluidos dentro del PNAPM datan de 1979 (Jordán, 1980²). En dichas fechas la cobertura coralina era relativamente alta en el arrecife posterior (entre 19% y 44% del fondo estudiado), de intermedia a alta en la cresta arrecifal y baja en el arrecife frontal. Entre 1979 y 1988 no se observaron cambios significativos en la condición de la comunidad

Anexo 2

coralina (Jordán, com. pers.). El impacto del huracán Gilberto y de la tormenta tropical Keith en 1988 produjeron una elevada mortalidad coralina (por abrasión, fractura y desprendimiento de las colonias). La cobertura y tamaño promedio de las colonias disminuyó notablemente (Rodríguez, 1993³). Antes de estos eventos la cobertura coralina era de entre 30% y 40% en las zonas someras, disminuyendo a menos del 5%. Estudios recientes indican que el arrecife se ha venido recuperando (Rodríguez, 1998⁴; Jordán 1998⁵).

Recientemente la atención se ha dirigido a caracterizar el efecto ecológico de disfunciones como el blanqueamiento y la incidencia de síndromes y enfermedades que afectan a especies clave de coral (Rodríguez Martínez, 2001⁶; Jordán *et al.*, 2005⁷). Álvarez *et al.* (1998⁸) caracterizaron ictiológicamente la laguna arrecifal de Puerto Morelos, determinando que es un área de alimentación, protección y crianza de varias especies. Entre las más abundantes reportan a los góbidos, la mojarra (*Gerres cinereus*) y varias especies de sardinas del Género *Harengula*. A la fecha se han reportado tres especies de pastos marinos, 264 especies de algas y 7 especies de dinoflagelados simbioses.

En relación con estudios de vegetación marina, las principales investigaciones de pastos marinos provienen de trabajos de Van Tussenbroek, quien ha realizado estudios de caracterización ecológica y monitoreo de poblaciones particularmente de *Thalassia testudinum* (Van Tussenbroek, 1994a⁹, 1994b¹⁰, 1995¹¹, 2000¹²). El trabajo más importante de caracterización de especies de macroalgas son los de Dreckmann (1996) y Collado *et al.* (1998), quienes documentan la presencia de 245 especies de este grupo en diferentes ambientes del arrecife de Puerto Morelos.

A la fecha existen registros y observaciones de 669 especies de fauna marina, tanto invertebrados como vertebrados, pertenecientes a 75 Ordenes. Destacan líneas de investigación específica sobre diversos grupos como crustáceos; ecología estadios larvarios, reproducción, alimentación, estructura de poblaciones, parámetros poblacionales y relaciones ecológicas (Lozano-Álvarez *et al.*, 1991¹³; Briones-Fourzán, 1992¹⁴; Padilla- Ramos & Briones-Fourzán, 1997¹⁵; Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez, 2001¹⁶; Negrete-Soto, 2002¹⁷). Medusas. Zooplancton y fitoplancton (Alvarez-Cadena, 1997 y 1998¹⁸). Trabajos clásicos en esta área consideran aspectos como caracterización fisiográfica (Ruíz Rentería *et al.*, 1998¹⁹), hidrología, climatología (Merino y Otero, 1983²⁰); corrientes y oleaje (Ruíz Rentería, 1979; Merino, 1992; Merino y Otero, 1991); variables fisicoquímicas (Merino y Otero, 1991) y relieve submarino (Jordán; 1979, 1980, 1989).

Todo lo anterior son estudios enfocados a un grupo en particular o una zona específica. Una descripción completa de la condición actual del arrecife de coral y otros ecosistemas relacionados que protege el PNAPM no está disponible hasta el momento para sustentar las decisiones de manejo.

El PNAPM inició en 2005 un Programa Permanente de Monitoreo de Arrecifes, corales y peces, en cinco sitios de uso turístico, basado en el Protocolo de Monitoreo para el Sistema Arrecifal Mesoamericano (Almada-Villela *et al.*, 2003²¹), que incluye sitios desde Cabo Catoche en México hasta las Islas de la Bahía en Honduras. Posteriormente, el PNAPM realizó tres fases más de monitoreo de arrecifes en 2007, 2010 y 2011. En la fase 2011, el PNAPM anexo a su programa de monitoreo biológico, el Monitoreo de Pastos Marinos y Macroalgas en dos sitios, fundamentado en el Protocolo *SeagrassNet* (Short *et al.*, 2008²²) con adaptaciones para ampliar la información de macroalgas, de acuerdo a la asesoría de una investigadora de la UNAM especialista en el tema (Dra. Van Tussenbroek).

El PNAPM tiene el plan de continuar el monitoreo en los sitios establecidos y ampliar la red de monitoreo en sitios con otros usos permitidos en el ANP y zonas control.

OBJETIVOS

- Evaluar la condición de los ambientes marinos del PNAPM a fin de dar elementos que permitan su conservación.
- Monitorear la abundancia relativa de la vegetación y fauna de los ambientes marinos del PNAPM

METODOLOGIA

Monitoreo de arrecifes

El Programa Permanente de Monitoreo de Arrecifes del PNAPM se ha realizado anualmente durante cuatro fases (2005, 2007, 2010, 2011), en cinco sitios de uso turístico semi-intensivo donde se realizan actividades de buceo libre (Cabla 1, Figura 1). La institución interesada en desarrollar el presente protocolo deberá realizar el monitoreo en todos los sitios que se señalan en el Cuadro 1.

El programa está fundado en el Protocolo de Monitoreo Sinóptico para el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) que adopta y modifica algunas características del Protocolo AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (2000, actualizado en 2010²⁸)).

De acuerdo al protocolo de monitoreo para el SAM, el levantamiento de la información se tiene que realizar dos veces durante el año, el primero en el mes de Julio y el segundo en Octubre.

Cuadro 1. Coordenadas geográficas de los sitios de monitoreo de arrecifes y vegetación marina en el PNAPM

Unidad Arrecifal	Zona de Uso	x	y	Tipo de monitoreo	Fase de monitoreo
- Limones	Semi-intensivo (esnorkel)	521079	2320883	Arrecifes	2005, 2007, 2010, 2011
- Bonanza	Semi-intensivo (esnorkel)	519261	2318355	Arrecifes	2005, 2007, 2010, 2011
- Tanchacté norte	Semi-intensivo (esnorkel)	517074	2312464	Arrecifes	2005, 2010
- Tanchacté sur	Semi-intensivo (esnorkel)	516403	2311335	Arrecifes	2005, 2007, 2011
- Radio Pirata	Semi-intensivo (esnorkel)	514157	2306060	Arrecifes	2005, 2007, 2011
- Jardines	Semi-intensivo (esnorkel, buceo)	512667	2303718	Arrecifes	2005, 2007, 2010, 2011
- La Bocana	Semi-intensivo (esnorkel, buceo)	515427	2308228	Arrecifes	2010
- La Pared	Semi-intensivo (buceo)	512902	2302681	Arrecifes	2010
- Caracol	Canal de navegación	515021	2307886	Pastos y algas	2011
- La Ceiba	Canal de navegación	514606	2306752	Pastos y algas	2011

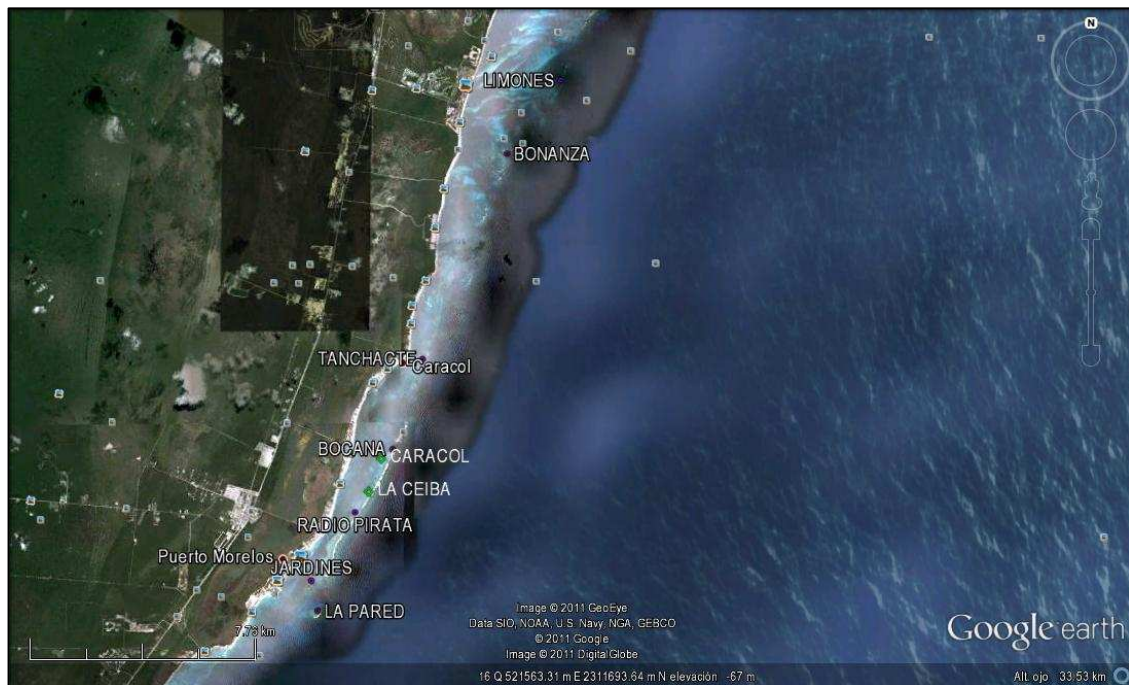


Figura 1. Localización de los sitios de monitoreo de arrecifes y vegetación marina en el PNAPM

Los métodos que se emplean para el monitoreo de arrecifes en el PNAPM requieren amplio conocimiento sobre identificación de especies de fauna y vegetación marina en campo. A continuación se describen los métodos utilizados en base al protocolo para el SAM:

Punto de intersección para porcentaje de cobertura béntica

Se deberá obtener los porcentajes de cobertura de los componentes más importantes del sustrato. Con la información obtenida se caracteriza la comunidad coralina al estimar la cobertura (número de puntos donde se presentó coral entre el número total de puntos del muestreo), la riqueza (número de especies) e índices comunitarios de Diversidad de Shannon-Wiener (H') que proporciona información sobre la estructura comunitaria al considerar la relación entre la riqueza específica y la abundancia de cada una.

El método consiste en colocar un transecto de 30 metros de largo sujeto al fondo con pesas en cada extremo, siguiendo el contorno marino. Nadando arriba de la cinta se registran los organismos bentónicos observados cada 25 cm del transecto, de acuerdo a la clasificación siguiente:

Clasificación de organismos bentónicos.

- Algas coralinas: cortezas o algas finamente ramificadas que son duras (calcáreas) y se extienden a no más de 2 cm arriba del sustrato.
- Algas filamentosas o 'turf': puede verse carnosa y/o filamentosas, pero no se eleva más de 1 cm arriba del sustrato.
- Macro algas: incluye algas carnosas cuyas frondas se proyectan más de 1 cm arriba del sustrato.
- Esponjas
- Gorgonáceos
- Corales a nivel de especies.

Anexo 2

- Arena
- Escombro
- Pavimento, Laja calcárea
- Coral muerto (esqueletos)

El registrar cada 25 cm dará un rendimiento de 120 registros por transecto, con lo que será posible computar el porcentaje de cobertura de cada tipo de sustrato (como número de registros/120) * 100%).

Como apoyo a la identificación de organismos bentónicos se tienen las guías fotográficas de *Humman* acerca de corales, invertebrados arrecifales y peces arrecifales (2002).

Condición de la comunidad de coral duro

En un transecto en banda de 30 m x 2 m se registran las colonias de coral duro y su condición de acuerdo a los datos siguientes. El registro incluye especies clave de coral escleractinio de los géneros *Montastraea*, *Diploria*, *Siderastrea*, *Acropora* y *Colpophyllia* (elegidas por ser especies clave en la determinación de la estructura comunitaria en la zona arrecifal bajo estudio). Así como especies comunes de coral escleractinio de los géneros *Agaricia* y *Porites*, a partir de 50 cm de diámetro máximo.

- Especie
- Posición en el transecto (bajo la línea, a los lados)
- Diámetro mayor
- Diámetro menor
- Porcentaje del coral muerto
- Síndromes y enfermedades

Anexo 2

Signos	Abreviación	Descripción
Sana	S	
	B	Bleach total
	Bp	Bleach pale= Blanqueado palido-decolorado
Bleach	Bs	Bleach spot= Manchas decoloradas
	Be	Bleach edge= Margen decolorado
	We	White edge= Margen completamente blanco
White	Ws	White spot= Manchas blancas
	WP	White plague= Plaga
	WPx	White Pox.
	Ys	Yellow spot= Manchas amarillas
Yellow	Ye	Yellow edge= Margen amarillo
	Yb	Yellow Band
	Ds	Dark spot= manchas oscuras
	DB	Manchas oscuras en bandas
Dark	DSD	Dark Spot Disease
	TDL	Thin Dark line= Linea delgada oscura
	TAS	TAS = Turf Algal Sediment mats
	TASLn	Linea negra asociada a TAS

Anomalías en el tejido

Signos	Abreviación	Descripción
Lesión	LNI	Lesión No Identificada
	LA	Lesión por aletas
Necrosis	Nec	Areas necrosadas
Neoplasias	Neo	Crecimiento en masa de células anómalas asociadas a patógenos.

Sobrecrecimiento y depredación

Signos	Abreviación	Descripción
	Malg	Sobrecrecimiento de algas carnosas
Algas sobre	Fil	Sobrecrecimiento de algas filamentosas
	CCA	Sobrecrecimiento de algas coralináceas
	Se	Sobrecrecimiento por esponja erecta
	Si	Sobrecrecimiento por esponja incrustante
	Tridi	Sobrecrecimiento por <i>Trididendum</i>
Invert sobre	Basb	Sobrecrecimiento por <i>Briareum</i>
	Ecar	Sobrecrecimiento por <i>Eritropodium</i>
	Bite	Depredación por peces
Mordidas	Hermo	Depredación por <i>Hermodice carunculata</i>
	Carac	Depredación por caracol
	Dep	Depredación No Identificada

Anexo 2

Para la identificación de especies de corales escleractinios se tiene como apoyo la guía fotográfica de Humman (2002). Mientras que para la identificación de enfermedades de coral se cuenta con una guía sumergible (Bruckner y Bruckner, 1998).

Algas y corales reclutas

A lo largo de un transecto de 30 m de largo se coloca un cuadrante de PVC de 25 cm x 25 cm en cinco puntos (metro 1, 3, 5, 7, 10) para estimar:

- porcentaje de macroalgas, algas filamentosas (turf) y algas costrosas
- número de corales reclutas (menos de 4 cm de diámetro), identificado a nivel de género o especie.

Peces arrecifales

En un transecto en banda de 30 m x 2 m y con un recorrido errante de 20 min. se registran todas las especies de peces presentes, con la información siguiente:

- especie de pez
- número de individuos por especie
- talla estimada por individuo de acuerdo a 6 categorías:
- I.- Menos de 5 cm
- II.- 6 a 10 cm
- III.- 11 a 20 cm
- IV.- 21 a 30 cm
- V.- 31 a 40 cm
- VI.- más de 40 cm
- grupo trófico por especie, se realiza en gabinete de acuerdo a la clasificación de Claro (1987) (planctófago, herbívoro, bentófago, omnívoro, ictiobentófago y piscívoro).

La identificación de especies de peces se apoya con la guía de Humman (2002).

Erizos

A lo largo de un transecto en banda de 30 m x 2 m se revisa el fondo marino con todos los huecos y recovecos para registrar el número de erizos diadema (*Diadema antillarum*), en la misma hoja de datos de punto de peces. Con la información de los censos se calcula la densidad de individuos por sitio y temporada.

Complejidad topográfica

A lo largo de un transecto de 30 m de largo se coloca parada sobre el fondo una vara de PVC de 1 m de largo para medir la zona más alta del relieve. Esta medición se toma cinco veces a lo largo del transecto con espacios de 5 m entre cada registro. Con esta información se estima la complejidad topográfica

Consideraciones para el monitoreo de arrecifes

Tipo de transectos

Los transectos para registros bentónicos (punto de intercepción, corales, erizos, algas, reclutas de coral) son permanentes, es decir los extremos de cada transecto están marcados con varillas de acero enterradas en el pavimento calcáreo, con boyas a media agua y georeferenciadas para su localización más precisa en cada monitoreo.

Número de transectos por sitio de monitoreo

- 05 transectos de 30 m para punto de intercepción y complejidad topográfica
- 05 transectos de 30 m x 2 m para corales
- 05 cuadrantes de 25 cm x 25 cm para algas y reclutas de coral
- 10 transectos de 30 m x 2 m para peces y erizos
- 01 recorrido errante de 20 min para peces

El mismo transecto se usa para los registros de punto de intercepción, corales, erizos, algas y reclutas de coral. Mientras que los registros de peces se realizan en transectos independientes.

Identificación de especies *in situ*

Se requiere de experiencia para identificar visualmente a las especies de corales, algas y peces y es apropiado que el equipo de monitoreo se especialice como “expertos en peces” y “expertos en corales”.

Número de tomadores de datos

El equipo de monitoreo debe estar formado de al menos cuatro personas:

Una para punto de intercepción, complejidad topográfica

Una para corales

Una para algas y reclutas de coral

Una para peces y erizos

Monitoreo de vegetación marina

El Programa de Monitoreo de Pastos Marinos y Algas del PNAPM se inició en 2011, en 2 sitios de la laguna arrecifal, considerado como el canal interior de navegación dentro del polígono del ANP (ver Cuadro 1, Figura 1). El programa se realiza en base al Protocolo de Monitoreo de Pastos Marinos, llamado en inglés SeagrassNet (2008).

Los métodos que se emplean para el monitoreo de vegetación marina en el PNAPM requieren conocimiento sobre identificación en campo de tres especies de pastos marinos y especies de macroalgas a nivel de grupo funcional. A continuación se describen los métodos utilizados en base al protocolo SeagrassNet con adecuaciones para el monitoreo de macroalgas.

De acuerdo a dicho protocolo de monitoreo, el levantamiento de la información se tiene que realizar cuatro veces durante el año (incluyendo tiempos máximo/mínimo de cobertura, de preferencia con seis meses de separación). El monitoreo de vegetación marina en el PNAPM no se realiza con la misma temporalidad, solo una vez al año debido a limitaciones en el número de personal.

Cobertura de pastos marinos

A lo largo de un transecto de 50 m colocado paralelo a la costa, se pone en 12 puntos un cuadrante de 50 cm x 50 cm (0.25 m²) utilizando distancias aleatorias. El cuadrante se coloca del lado que da a la costa y la esquina inferior derecha del cuadrante debe estar en la marca de distancia aleatoria cuando el tomador de datos esté mirando hacia la costa. En cada cuadrante se registra lo siguiente:

- Fotografía del cuadrante
- Especies de pastos marinos
- Cobertura total de pastos marinos
- Cobertura de pastos marinos por especie
- Distancias aleatorias

Zona del transecto	Preselección al azar (0-25 m)	Preselección al azar (26-50 m)
A- Nearshore	2 7 8 16 18 25	26 33 38 40 44 46
B- Middle	9 10 15 17 22 25	28 31 35 37 39 45
C- Offshore	5 7 10 18 19 22	26 34 35 38 43 44

Altura del dosel

Medir la altura del dosel, ignorando el 20% de hojas más altas. Los resultados se expresan como la altura del dosel de la especie dominante en el cuadrante.

Densidad de pastos marinos

Carnosa (arraigada):	Carnosa (otras):	Calcárea (arraigada):	Carcárea (otras):
<i>Avrainvillea</i>	<i>Laurencia</i>	<i>Udotea</i>	<i>Amphiroa</i>
<i>Codium</i>	<i>Lobophora</i>	<i>Penicillum</i>	<i>Jania</i>
<i>Rhiphilia</i>	<i>Dictyota</i>	<i>Halimeda</i>	<i>Galaxaura</i>
<i>Cladocephalus</i>		<i>Rhipocephalus</i>	
<i>Caulerpa</i>			

En el núcleo de biomasa se cuenta el número de meristemos foliares (punto de inicio de las hojas en el haz) de las especies *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii* que hay dentro de la muestra del núcleo y este número se toma como la densidad de haces. Para la especie *Thalassia testudinum* se coloca un cuadrante de 10 cm x 20 cm en la línea del transecto y se cuentan todos los haces del pasto. Los resultados se expresan como el total de haces por especie por m².

Forrajeo en pastos marinos

En las hojas de *Thalassia testudinum* se identifica cualquier marca de pastoreo, considerando como posibles depredadores a los siguientes, que dejan marcas particulares cada uno:

T-Tortuga

E-Erizo

P-Pez

PL-Pez lora

También se estima la abundancia de forrajeo en escala relativa:

Braun Blanqued	Escala Relativa	ER Cobertura	Símbolo
+ R	Poco	-	-
1	Algo	<5%	±
2	Bastante	>5% <25%	+
3	Mucho	25%-50%	++
4	Severo/ Muchísimo	>50%	+++

Reproducción sexual en pastos marinos

Se cuenta el número de flores, frutos y semillas, o el número de haces reproductivos en un núcleo para todas las especies de pastos marinos.

Biomasa de pastos marinos

Se toma un núcleo de biomasa de 10 cm de hondo fuera de cada cuadrante, seleccionando un área de aproximadamente 0.5 metros hacia tierra con la misma especie y cobertura de pastos marinos que en el cuadrante (a juicio). El nucleador se coloca sobre los haces seleccionados, asegurándose de que las hojas enraizadas en el núcleo estén en la parte interior del mismo y aquellas enraizadas por fuera, queden fuera del núcleo. Los sedimentos de la muestra se lavan, y separan en hojas, tallos, raíces y rizomas. Al procesar, se raspan las epífitas de las hojas y las hojas se enjuagan en un ácido débil, si hay epífitas calcáreas. Las partes de la planta se enjuagan en agua dulce, y secan hasta llevar las muestras a peso constante (60° C durante 24hr.) para después pesar.

Cobertura de algas

En los mismos cuadrantes de 50 cm x 50 cm (0.25 m²) donde se estimó la cobertura de pastos marinos, se estima el porcentaje de cobertura de algas en base a cuatro grupos funcionales y la escala relativa de abundancia utilizada para forrajeo:

Biomasa de algas

Las algas registradas en cada cuadrante de 50 cm x 50 cm son colectadas después de estimar la abundancia relativa. Los sedimentos de las muestras se lavan, y separan por grupo funcional. Al procesar, se raspan las epífitas calcáreas de las hojas calcáreas. Las partes de la planta se enjuagan en agua dulce, y secan hasta llevar las muestras a peso constante (60°C durante 24hr.) para después pesar. La identificación de especies de pastos marinos y algas se apoya con la guía Littler and Littler (2000).

Consideraciones para el monitoreo de vegetación marina

- **Tipo de transectos**

Los transectos para registros de pastos y algas marinas son permanentes, es decir los extremos de cada transecto están marcados con varillas de acero enterradas en el pavimento calcáreo, con boyas a media agua y georeferenciadas para su localización más precisa en cada monitoreo.

- **Número de transectos por sitio de monitoreo**

tres transectos de 50 m, uno por zona: junto a la costa, a medio canal, junto al arrecife
12 cuadrantes de 50 cm x 50 cm por transecto para cobertura de pastos marinos y cobertura y biomasa de alga.
24 cuadrantes de 10 cm x 20 cm por transecto para densidad de pastos marinos
12 núcleos de 10 cm de diámetro por transecto para biomasa de pastos marinos

- **Identificación de especies *in situ***

Se requiere de experiencia para identificar visualmente a las especies de pastos y algas marinas. Siendo apropiado que el equipo de monitoreo se especialice al respecto.

- **Número de tomadores de datos**

El equipo de monitoreo debe estar formado de al menos 5 personas:

- dos registro de pastos marinos y algas
- dos toma de núcleos para biomasa de pastos marinos
- dos procesamiento de muestras en laboratorio

Anexo 2

RESULTADOS ESPERADOS

1. Informe con los criterios elegidos para evaluar la condición de los ambientes marinos en el ANP.
2. Informe de la evaluación realizada de las condiciones de los ambientes marinos en el ANP.
3. Informe de la condición de la comunidad de coral duro: anomalías en el tejido, sobrecrecimiento y depredación.
4. Informe de la condición de la vegetación de los ambientes marinos: algas (cobertura y biomasa), pastos (cobertura y biomasa).
5. Informe de la condición y abundancia relativa de la fauna de los ambientes marinos: corales reclutas, peces arrecifales yerizos.
6. Bases de datos en crudo (Excel) con la información generada en campo sobre la evaluación y las tendencias poblacionales de la vegetación y fauna marina
7. Memoria fotográfica (fotografías con alta calidad -se recomienda que como MÍNIMO tengan 5Mb 800ppp por 800ppp) y Videos (formato DVD -Digital Versatile Disc-, AVI -Audio Video Interleaved-, MPEG -Moving Picture Experts Group- y Quicktime player -*.mp4-) según sea el caso de las actividades propias del trabajo de campo, así como de los ejemplares registrados tomando en cuenta las referencias establecidas en la Sistematización de la información.
8. Informe final del monitoreo biológico, deberá incluir las bases de datos crudas y analizadas, conforme se solicito la información en el apartado de Sistematización de información de este protocolo.
9. Recomendaciones sobre las mejoras que proponen al protocolo actual de monitoreo, el uso de la información para mejorar la conservación de la especie y su hábitat.

Se recomiendan el uso de los siguientes formatos para complementar la sistematización de la información obtenida.

Anexo 2

Formatos de hojas de datos

Punto de intercepción para porcentaje de cobertura béntica

Fecha:										
U.Arrecifal:		Transecto:								
Zona Arrecifal:		Profundidad:								
Observador:		Hora:								

CCOC	<u>MESophyllum</u>	<u>LIThophyllum</u>	AFCA	<u>AMPhiroa</u>	<u>GALaxaura</u>	<u>JANia</u>	CCNC
<u>LOBophora</u>	TAS	TURF	<u>ESINcrustante</u>	<u>ESERecta</u>	<u>CLlona</u>	<u>MYCale</u>	<u>SIPhonodictyon</u>
<u>CIANobacterias</u>	<u>TUNicado</u>	<u>GORGOnaceo</u>	<u>GORGonia</u>	<u>BRIareum</u>	<u>ZOANtido</u>	<u>PALytha</u>	MAC
<u>LAUrencia</u>	<u>ROFrondosa</u>	<u>DICTyota</u>	<u>LOB/PAdina</u>	<u>TURbinaria</u>	<u>SARGassum</u>	<u>STYpopodium</u>	<u>CAUlerpa</u>
<u>PENicillus</u>	<u>UDOtea</u>	<u>RHIpocephalus</u>	<u>HALOpuntia</u>	<u>HAL.Tuna</u>	<u>AVRainvillea</u>	OTRA Frondosa Corales	<u>APALmata</u>
<u>ACERvicomis</u>	<u>AGARicia sp.</u>	<u>AAGAricites</u>	<u>ATENUifolia</u>	<u>CNATans</u>	<u>DCYLindrus</u>	<u>DLAByrinthiformis</u>	<u>DSTOtokesii</u>
<u>DSTRigosa</u>	<u>DCLIVosa</u>	<u>EFASტიgata</u>	<u>IRIGida</u>	<u>ISINuosa</u>	<u>MAUREtenra</u>	<u>MAREolata</u>	<u>MCOMplanata</u>
<u>MALCicomis</u>	<u>MMEAndrites</u>	<u>MFAVeolata</u>	<u>MANNularis</u>	<u>MFRAnksii</u>	<u>MCAVemosa</u>	<u>MANGulosa</u>	<u>MYCEtophyllia</u>
<u>PDIVaricata</u> <u>PPORites</u>	<u>PASTreoides</u>	<u>SSIDerea</u>	<u>SRADians</u>	<u>SINTersepta</u>	<u>ANEMona</u>	PASTO	<u>ESC ombro</u>
ARena	<u>PAVimento</u>						

Anexo 2

- Corales

FECHA	UNIDAD ARRECIFAL				ZONA ARRECIFAL			TRANSECTO			
OBSERVADOR					HORA				PROFUNDIDAD		
Especies clave					Especies comunes (a partir de 50 cm de Dmax)						
Mfav- <i>Montastraea faveolata</i>	Dstr- <i>Diploria strigosa</i>		Ssid- <i>Siderastrea siderea</i>		Cnat- <i>Colpophyllia natans</i>			Aten- <i>Agaricia tenuifolia</i>		Past- <i>Porites astreoides</i>	
Mann- <i>M. annularis</i>	Dcli- <i>D. clivosa</i>		Srad- <i>S. radians</i>		Apal- <i>Acropora palmata</i>			Acar- <i>A. carinata</i>		Ppor- <i>P. porites</i>	
Mfra- <i>M. franksi</i>	Dlab- <i>D. labyrinthiformis</i>				Acer- <i>A. cervicornis</i>			Adan- <i>A. danae</i>			
Spp	D1	D2	Mortalidad	Fision	Signo 1	Signo 2	Signo 3	Sobrecrecimiento	Depredación	Observaciones	
Síndromes y enfermedades					Sobre crecimiento y depredación						
S-Sana	Ys- Yellow spot= Manchas amarillas		Malg- Sobrecrecimiento de algas carnosas			Bite- Depredación por peces					
B-Bleach total	Ye- Yellow edge= Margen amarillo		Fil- Sobrecrecimiento de algas filamentosas			Hermo- Depredación por <i>Hermodice C.</i>					
Bp- Bleach pale=Blanqueado pálido-decolorado	Yb- Yellow Band		CCA- Sobrecrecimiento de algas coralíneas			Carac- Depredación por Caracol					
Bs- Bleach spot= Manchas decoloradas	Ds- Dark spot= manchas oscuras		Se- Sobrecrecimiento por esponja erecta			Dep- Depredación NI					
Be- Bleach edge= Margen decolorado	DB- Manchas oscuras en bandas		Si- Sobrecrecimiento por esponja incrustante			Anomalías en el tejido y crecimiento					
We- White edge= Margen completamente blanco	DSD- Dark Spot Disease		Tridi- Sobrecrecimiento por <i>Trididendum</i>			LNI- Lesión No Identificada					
Ws- White spot= Manchas blancas	TDL- Thin Dark line= Línea delgada oscura		Basb- Sobrecrecimiento por <i>Briareum</i>			LPA- Lesión por aletas					
WP- White plague= Plaga	TAS- Turf/Algal Sediment mats		Ecar- Sobrecrecimiento por <i>Ertropodium</i>			Nec- Necrosis (áreas necrosadas)					
WPx- White Pox	TASLn- Línea negra asociada a TAS					Neo- Neoplasias (crecimiento en masa de células anómalas asociados a patógenos)					

- Peces arrecifales

FECHA _____ U. ARRECIFAL _____ ZONA ARRECIFAL _____ TRANSECTO _____
 OBSERVADOR _____ HORA _____ PROF. _____

Nombre común	-5	5-10	11-20	21-30	31-40	+40

Anexo 2

- Pastos marinos y algas

SeagrassNet Formato de campo (una por sitio)		SEAGRASSNET=Seagrass Monitoring Network										Atlantic Tropical (Region 2)									
Localidad:		Código del Transecto & no.:				Investigadores:				Fecha y hora de muestreo:											
Estado/País:		Estación (A-nearshore, B-Muddle, C-Offshore):				Sustrato (arena, pavimento, laja, grava, pedacería):															
PARAMETROS		Ejemplo	Transecto 0-25 m						Transecto 26-50 m												
Medidas por Cuadrante		Cuadrante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
Fotografía (1 por cuadrante)		si																			
Altura del dosel (cm)																					
Tt % Cobertura		60																			
Sf % Cobertura		40																			
Hw % Cobertura		40																			
Carnosa (arraigada) ER																					
Carnosa (otras) ER																					
Calcárea (arraigada) ER																					
Calcárea (otras) ER																					
Cianofitas ER																					
Tt densidad (2 cuadrantes de 10x20cm)		20/32																			
¿Evidencias de forrajeo? (depredador, abundancia)		PL +-																			
Flores/Fruto por especie		4 Tt /6 Sf																			
Biomasa de hojas tamaño del núcleo (m2)		0.0035																			
Carnosa (arraigada):	Carnosa (otras):	Calcárea (arraigada):	Calcárea (otras):	Algas/ Cianofitas/ Forrajeo (abundancia)				Forrajeo:	Preselección al azar (0-25 m)				Preselección al azar (26-50 m)								
<i>Avrainvillea</i>	<i>Laurencia</i>	<i>Udotea</i>	<i>Amphiroa</i>	Braun	Escala	ER	Simbolo	T-Tortuga	A.Nearshore	2	7	8	16	18	25	26	33	38	40	44	46
<i>Codium</i>	<i>Lobophora</i>	<i>Penicillum</i>	<i>Jania</i>	Blanquead	Relativa	Cobertura		E-Erizo	B.Middle	9	10	15	17	22	25	28	31	35	37	39	45
<i>Rhiphilia</i>	<i>Dictyota</i>	<i>Halimeda</i>	<i>Galaxaura</i>	+ R	Poco	-	-	P-Pez	C.Offshore	5	7	10	18	19	22	26	34	35	38	43	44
<i>Cladocephalus</i>		<i>Rhizocephalus</i>		1	Algo	<5%	±	PL-Pez lora													
<i>Caulerpa</i>				2	Bastante	>5%	+														
				3	Mucho	25%-50%	++														
				4	Severo/ Muchisimo	>50%	+++														

- ¹ Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de Parque Nacional, la región conocida como Arrecife de Puerto Morelos. Diario Oficial de la Federación, 2 de febrero, primera sección: 42-45. 1998
- ² Jordán-Dahlgren, E. 1980. Arrecifes coralinos del noreste de la Península de Yucatán: Estructura comunitaria, un estimador del desarrollo arrecifal. Tesis Doctorado, UACP y PUNAM. 118pp.
- ³ Rodríguez Martínez, R. 1993. Efectos de un ciclón en la estructura comunitaria de corales escleractinios. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 64p.
- ⁴ Rodríguez Martínez, R. 1998. Patrones de recuperación de *Acropora palmata* en un área perturbada por el ciclón Gilberto. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias, UNAM. 66 p.
- ⁵ Jordán-Dahlgren, E. y R. E. Rodríguez-Martínez. 1998. Post-hurricane initial recovery of *Acropora palmata* in two reefs of the Yucatán Peninsula, México. *Bull. Mar. Sci.* 63(1): 213-228.
- ⁶ Rodríguez-Martínez, R. E., Banaszak, A.T., Jordan-Dahlgren, E., 2001. Necrotic patches affect *Acropora palmata* (Scleractinia: Acroporidae) in the Mexican Caribbean. *Diseases of Aquatic Organisms* 47(3), 229-234
- ⁷ Jordán-Dahlgren, E., Maldonado, M.A., Rodríguez-Martínez, R.E., 2005. Incidence of coral diseases and colony mortality in the *Montastraea annularis* complex in reefs on the Southeastern Gulf of Mexico and Northwestern Mexican Caribbean. *Diseases of Aquatic Organisms* 63 (1), 3-12.
- ⁸ Alvarez-Cadena, J. N, Suárez-Morales, E, and Gasca, R. 1998. Copepod assemblages from a reef-related environment in the Mexican Caribbean sea. *Crustaceana* 71 (4): 411-433.
- ⁹ Van Tussenbroek, B.I. 1994. Aspects of the reproductive ecology of *Thalassia testudinum* in Puerto Morelos reef lagoon, Mexico. *Bot. Mar.* 37: 413-419.
- ¹⁰ Van Tussenbroek, B.I. 1994. The impact of Hurricane Gilbert on the vegetative development of *Thalassia testudinum* in Puerto Morelos reef lagoon, Mexico: a retrospective study. *Bot. Mar.* 37: 421-428.
- ¹¹ Van Tussenbroek, B.I. 1995. *Thalassia testudinum* leaf dynamics in a Mexican Caribbean reef lagoon. *Mar. Biol.* 122: 33-40.
- ¹² Van Tussenbroek, B.I., 2000. Frequency distributions and demographical analysis of seagrasses with special emphasis on *Thalassia testudinum* in a tropical reef lagoon. *Biol. Mar. Medit.* 7: 147-151.
- ¹³ Lozano-Álvarez, E., P. Briones-Fourzán & J. González-Cano. 1991. Pesca exploratoria de langostas con nasas en la plataforma continental del área de Puerto Morelos, Q. R. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 18:49-58.
- ¹⁴ Briones-Fourzán, P. 1992. Estado actual de los estudios sobre reclutamiento de postlarvas de la langosta *Panulirus argus* (Latreille) en el Caribe mexicano. Pp- 131-142 en: S. Guzmán del Proo, ed. Taller México-Australia sobre reclutamiento de recursos bentónicos, La Paz, B.C.S., 1991. Sec. Pesca/Inst. Politéc. Nal. México.
- ¹⁵ Padilla-Ramos, S.A. & P. Briones-Fourzán. 1997. Características biológicas de la captura de langostas (*Panulirus* spp.) en Puerto Morelos, Q.R., México. *Ciencias Marinas* 23: 175-193.
- ¹⁶ Briones-Fourzán, P. & E. Lozano-Álvarez. 2001. The importance of *Lobophora variegata* (Phaeophyta: Dictyotales) as a habitat for small juveniles of *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) in a tropical reef lagoon. *Bulletin of Marine Science* 68: 207-219.
- ¹⁷ Negrete-Soto, F., E. Lozano-Álvarez & P. Briones-Fourzán. 2002. Population dynamics of the spotted spiny lobster, *Panulirus guttatus*, in a coral reef on the Mexican Caribbean. *Journal of Shellfish Research* 21: 279-288.
- ¹⁸ Alvarez-Cadena, J. N, Suárez-Morales, E, and Gasca, R. 1998. Copepod assemblages from a reef-related environment in the Mexican Caribbean sea. *Crustaceana* 71 (4): 411-433.
- ¹⁹ Ruiz-Rentería, F., B.I. van Tussenbroek y E. Jordán-Dahlgren. 1998. Puerto Morelos, Quintana Roo, México. In: Caribbean Coastal Marine Productivity (Caricomp): Coral reef, seagrass, and mangrove site characteristics. B. Kjerfve (ed.). UNESCO, Paris. 345p.
- ²⁰ Merino, M. y L. Otero. 1983. Atlas Ambiental Costero, Puerto Morelos, Quintana Roo. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal. 80 p.
- ²¹ Almada-Villela P. C, P. F. Sale, G Gold-Bouchot y B Kjerfve. 2003. Manual de métodos para el programa de monitoreo sinóptico del SAM. Coastal Resources Multi-complex Building. Belice. Pp 158.
- ²² Short, F.T., McKenzie, L.J., Coles, R.G., Vidler, K.P., Gaeckle, J.L. 2008. SeagrassNet Manual for Scientific Monitoring of Seagrass Habitat, Spanish edition. University of New Hampshire Publication. 75 pp.
- ²³ Rodríguez Martínez, R. 1993. Efectos de un ciclón en la estructura comunitaria de corales escleractinios. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 64p.
- ²⁴ AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment). 1999. Mesoamerican Reef System Workshop. May 17-21, RSMAS, University of Miami.
- ²⁵ AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment). 1999. Mesoamerican Reef System Workshop. May 17-21, RSMAS, University of Miami

CALENDARIO DE ENTREGA DE PAGOS Y PRODUCTOS DEL PROTOCOLO

PRODUCTOS	% DE PAGOS	FECHA DE PAGO
Primer pago <ul style="list-style-type: none"> Inicio del proyecto 	50%	15 días hábiles posteriores a la firma del convenio de concertación
Segundo pago <ul style="list-style-type: none"> Informe con los criterios elegidos para evaluar la condición de los ambientes marinos en el ANP Informe de la evaluación realizada de las condiciones de los ambientes marinos en el ANP Informe de la condición de la comunidad de coral duro: anomalías en el tejido, sobrecrecimiento y depredación Informe de la condición de la vegetación de los ambientes marinos: algas (cobertura y biomasa), pastos (cobertura y biomasa) Informe de la condición y abundancia relativa de la fauna de los ambientes marinos: corales reclutas, peces arrecifales, erizos 	25%	Agosto
Tercer y último pago <ul style="list-style-type: none"> Informe final del monitoreo biológico, deberá incluir las bases de datos crudas y analizadas, conforme se solicito la información en el apartado de Sistematización de información de este protocolo. Bases de datos en crudo (Excel) con la información generada en campo sobre la evaluación y las tendencias poblacionales de la vegetación y fauna marina Mapa impreso en escala 1:50,000 y en digital, generado en compatibilidad de ArcGIS de los sitios monitoreados, así como un mapa en escala 1:50,000 con las poblaciones con mayor riesgo o presión antrópica, para uso en SIG (<i>Shape</i> o <i>data file</i>). La localización de cada sitio muestreado con sus bases de datos resultado del monitoreo con el protocolo actual deberán estar en coordenadas UTM, Datum ITRF92 o WGS84, y las bases de datos deberán entregarse en formato DBF ó XLS. Memoria fotográfica (fotografías con alta calidad -se recomienda que como MÍNIMO tengan 5Mb 800ppp por 800ppp) y Videos (formato DVD -Digital Versatile Disc-, AVI -Audio Video Interleaved-, MPEG -Moving Picture Experts Group- y Quicktime player -*.mp4-) según sea el caso, en los cuales se describan las actividades propias del trabajo de campo, así como de los ejemplares registrados tomando en cuenta las referencias establecidas en la Sistematización de la información. Recomendaciones sobre las mejoras que proponen al protocolo actual de monitoreo, el uso de la información para mejorar la conservación de la especie y su hábitat. 	25%	Octubre

Las fechas de pagos y entrega de productos finales se precisaran al firmar el convenio de concertación respectivo.