



PROPUESTA PARA EL PROGRAMA DE MONITOREO DEL PARQUE NACIONAL ARRECIFES DE XCALAK, QUINTANA ROO, MEXICO

LORETO VIRUEL, R.M.

2002

Cita:

Quintana Roo, Mexico: Amigos de Sian Ka'an

Para más información se ponen en contacto con: Pamela Rubinoff, Coastal Resources Center, Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island. 220 South Ferry Road, Narragansett, RI 02882. Teléfono: 401.874.6224 Fax: 401.789.4670 Email: rubi@gso.uri.edu

Este proyecto (1998-2003) pretende la conservación de los recursos costeros críticos en México construyendo capacidad para las ONGs, Universidades, comunidades y otros usuarios claves públicos y privados, con ello promover un manejo integrado costero participativo y realizar la toma de decisiones. Esta publicación fue hecha posible a través del apoyo proporcionado por la Agencia estadounidense para la Oficina del Desarrollo Internacional de Ambiente y Oficina de Recursos Natural para Crecimiento Económico, Agricultura y Comercio bajo los términos del Acuerdo Cooperativo #PCE-A-00-95-0030-05.



**PROPUESTA PARA EL
PROGRAMA DE MONITOREO DEL
PARQUE NACIONAL ARRECIFES DE
XCALAK,
QUINTANA ROO,
MEXICO**

BIOL. ROSA MARÍA LORETO VIRUEL
Programa Arrecifes Coralinos

Amigos de Sian Ka'an, A. C.
Calle Crepúsculo # 18 esq. Amanecer
SM 44 M 13 Cancún, Q. Roo
Tels. (98) 48-16-18, 48-15-93
rmlv66@hotmail.com/sian@cancun.com.mx

abril/2002

INDICE

1. INTRODUCCION	3
2. OBJETIVOS	5
2.1 GENERAL	5
2.2 PARTICULARES	5
3. ANTECEDENTES	6
4. METODOS	8
4.1 DISEÑO DEL PROGRAMA DE MONITOREO BIOLÓGICO	8
4.1.1 Estaciones de Monitoreo	8
4.1.2 Taxa Indicadores	10
4.1.3 Muestreo por Taxa	12
4.1.4 Análisis de Resultados	14
4.1.5 Consideraciones	16
4.2 DISEÑO DEL PROGRAMA DE MONITOREO FÍSICO-QUÍMICO Y SOCIOECONÓMICO	17
4.2.1 Programa de Monitoreo Físico-Químico	17
4.2.2 Programa de Monitoreo Socioeconómico	19
4.3 PARTICIPACIÓN COMUNITARIA	19
4.4 PUBLICACIÓN DE RESULTADOS	19
5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	20
A) DURACIÓN DEL PROYECTO	20
B) PROGRAMA DE ACTIVIDADES	20
6. REQUERIMIENTOS	22
A) RECURSOS MATERIALES	22
B) RECURSOS HUMANOS	22
7. PRESUPUESTO	22
8. REFERENCIAS	24

1. INTRODUCCION

El Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX) se encuentra localizado al sur de la Costa Caribe de México, en el Estado de Quintana Roo, Municipio de Othón Pompeyo Blanco. Fue decretado como Area Natural Protegida el 27 de noviembre del 2000, con una superficie de 17,949-45-62.025 hectáreas, de las cuales aproximadamente 13,712 corresponden a arrecifes coralinos y 4,237 son humedales con lagunas perennes e intermitentes. Esta región forma parte de la barrera coralina denominada Sistema Arrecifal del Caribe Mesoamericano, que es la segunda barrera más grande del mundo; donde se localiza una estructura arrecifal única en México denominada La Poza, que dada su morfología presenta formaciones coralinas de alto relieve conteniendo una rica biodiversidad, belleza escénica y potencial turístico.

El decreto del PNAX resulta de un proceso iniciado en 1995 ante las inquietudes de la comunidad de Xcalak de conservación de los recursos naturales y el desarrollo de la región. Esta iniciativa de la comunidad de Xcalak tuvo desde entonces el apoyo de Amigos de Sian Ka'an A. C. (ASK) y la Agencia Internacional de Desarrollo de Estados Unidos (USAID) a través del Centro de Recursos Costeros de la Universidad de Rhode Island (CRC-URI) para realizar el diagnóstico ambiental que permitió proponer el establecimiento de esta Area Natural Protegida, así como para la elaboración del Programa de Manejo que esta siendo consensado y que igualmente ha tenido la participación de la comunidad; además de los diferentes sectores del gobierno e instituciones de investigación de la zona.

En septiembre del 2000, ASK con el financiamiento del CRC-URI inició el Programa de Monitoreo de Arrecifes Coralinos de Xcalak dentro del proyecto denominado "Promoción del Manejo Integrado de Recursos Costeros: Estrategia de Manejo del Area Marina Protegida Xcalak", con el fin de evaluar periodicamente las condiciones de las comunidades arrecifales, con la participación de los actores locales (cooperativas turísticas y pesqueras, propietarios de hoteles y la comunidad en general).

Para dar seguimiento a este programa de monitoreo y con el fin de contribuir con el manejo del área se presenta esta propuesta del "Programa de Monitoreo del PNAX (PM-PNAX)" que sí se establece a largo plazo permitirá detectar cambios en las poblaciones naturales por efectos antropogénicos (contaminación, fertilización de las aguas por nutrientes, aletazos y sobreexplotación pesquera) o perturbaciones naturales (huracanes y variaciones climáticas), para evaluar las amenazas y la efectividad de las acciones de manejo.

En el PNAX la pesca (49.6%) y el turismo (18.7%) son las principales actividades productivas de la población (ASK, 1996). La pesca se encuentra organizada a través de una sociedad cooperativa, aunque también hay pesca ilegal, pero el área principal de explotación es Banco Chinchorro. El turismo que realiza actividades de buceo dentro del Parque es incipiente y ocasionalmente se desplaza de Xcalak a Banco Chinchorro. Mientras que el desarrollo de infraestructura en la zona costera también empieza. Sin embargo, el turismo puede ser la actividad mas importante con el futuro desarrollo del corredor Costa Maya, donde el PNAX es un sitio de interés por sus bellezas naturales.

Para poder detectar el impacto de estos factores sobre el ecosistema arrecifal del PNAX se requiere de estudios de monitoreo que registren la condición del ecosistema a través del tiempo para que se puedan establecer comparaciones.

En el medio acuático es posible tener indicadores de variación en las condiciones a través de organismos que son sensibles a cambios en parámetros ambientales (Sullivan *et al*, 1992; Alcolado *et al.*, 1993; Reese, 1993). En el PNAX, las algas, principales productores primarios, los corales duros o escleractinios, principales constructores arrecifales, y los peces, importantes dentro de las redes tróficas del arrecife, son de los organismos dominantes y sensibles a cambios en variables ambientales y han sido usados para monitorear la calidad del ambiente

Sin embargo, un estudio de monitoreo necesita de tiempo debido a que los cambios que las perturbaciones causan al arrecife pueden ser lentos y casi imperceptibles a corto plazo, o muy variables de un año a otro. Por lo que se requiere que estos estudios de monitoreo sean a largo plazo donde se registren los parámetros biológicos y físicos continuamente, que permitan conocer la condición del sistema a través del tiempo, para evaluar las amenazas y la efectividad de las acciones de manejo.

Estudios como estos permitirán actualizar la información sobre la condición del área y contar con las bases necesarias para la elaboración de las estrategias para su conservación y aprovechamiento sostenible. Por lo que se considera necesario continuar el monitoreo de las comunidades marinas el PNAX, sobre todo ante la amenaza del desarrollo futuro de la costa sur de Quintana Roo, donde la participación de la comunidad es de gran importancia para obtener mejores resultados para la conservación y permanencia de los recursos naturales.

2. OBJETIVOS

2.1 General

Continuar a largo plazo con la evaluación de la calidad y estado de conservación de los arrecifes coralinos del “Parque Nacional Arrecifes de Xcalak”, para apreciar posibles variaciones por causas naturales o antropogénicas y determinar si es necesaria alguna acción de protección y estrategias para su conservación.

2.2 Particulares

- ⊙ Determinar el número y localización de las estaciones de monitoreo permanente, considerando las establecidas en la primer fase, de manera que sean representativas del uso actual en el área.
- ⊙ Evaluar los cambios en la estructura y composición de algas, corales escleractinios y peces, que representan los indicadores biológicos para monitorear la calidad del ambiente arrecifal mediante las siguientes actividades:
 - Realizar un inventario de las especies de algas, corales escleractinios y peces.
 - Determinar la abundancia relativa de algas, corales escleractinios y peces, con base en la cobertura de tejido vivo o en el número de colonias o individuos.
 - Estimar la diversidad de especies de algas, corales escleractinios y peces.
 - Evaluar la condición de los taxa indicadores registrando la presencia de enfermedades o daño en las colonias de coral, así como la estructura de grupos tróficos en peces.
- ⊙ Evaluar la calidad de agua (turbidez, concentraciones de nitritos, nitratos y fosfatos) y daños por visitantes (aletazos) o embarcaciones (anclazos, propelazos), que representan los indicadores físico-químicos para conocer la condición del sistema marino ante las amenazas por actividades antropogénicas.
- ⊙ Establecer un programa de registro de las actividades dentro del polígono marino del PNAX, en particular las que se refieren a la pesca, daños por buzos (aletazos) o embarcaciones (anclazos), y el conteo de las embarcaciones y personas que acceden a la zona marina del Parque; que representan los indicadores socioeconómicos que aunados al monitoreo de indicadores biológicos y físico-químicos permitirá formar un programa de monitoreo integral que genere información para evaluar las medidas de manejo.

- ⊙ Fortalecer la participación de los usuarios locales (guías de buceo, pescadores y otros miembros de la comunidad) en el monitoreo, para que ellos evalúen en el tiempo las amenazas y efectividad del establecimiento del ANP
- ⊙ Publicar cada 6 meses los resultados de los programas de monitoreo en carteles y boletines, a nivel técnico y para el público en general.

3. ANTECEDENTES

Los documentos más completos que describen las comunidades marinas del área son los estudios “Caracterización de los Arrecifes Coralinos del Sur de Quintana Roo: Tampalam a Bacalar Chico” y “Caracterización de la Poza de Xcalak” realizados por Amigos de Sian Ka’an A. C en 1994 y 1996 respectivamente, y que apoyaron la propuesta para el establecimiento del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX), así como su Programa de Manejo. Los resultados de ambos estudios fueron presentados en 1996 por García *et al.* en la publicación Sian Ka’an Serie Documentos Número 5.

Con este trabajo se hace una descripción general del PNAX y de acuerdo al grado de desarrollo de las zonas arrecifales el área se dividió en 4 regiones que dan continuación al sistema de regionalización propuesto en fases anteriores del proyecto de caracterización del arrecife bordeante de la costa de Quintana Roo. De norte a sur las regiones son: región XXII, se localiza desde Punta Xahuachol (18°31’00”N) hasta Río Huache (18°26’16”N); región XXIII, de Río Huache hasta Punta Gavilán (18°22’15”N); región XXIV, abarca de Punta Gavilán hasta Xcalak (18°16’20”N) y por último la región XXV localizada desde Xcalak hasta la frontera con Belice (18°10’27”N) y donde se encuentra la llamada “Poza de Xcalak”. Estas regiones presentan diferencias estructurales y biológicas entre sí, principalmente en el arrecife frontal. Se encontró que los arrecifes de las regiones XXII, XXIII y XXIV presentan rasgos similares a los del resto del sistema arrecifal frente a la costa de Quintana Roo, con un desarrollo más notable frente a Xahuachol y Jomná. En tanto que en la región XXV, se encuentra una estructura arrecifal única en México denominada “La Poza”. Se trata de un surco submarino que inicia aproximadamente un kilómetro al sur de Xcalak, se extiende unos 12 kilómetros hasta la frontera y continúa con los arrecifes de Belice por un kilómetro más.

En lo que se refiere a estudios de monitoreo en el PNAX está el estudio del CINVSTAV-IPN realizado en 1999 “Comparative Study of The Coral Reefs of The Mexican Caribbean Using The AGRRA Protocol” que incluye tres estaciones al sur de La Poza de Xcalak (18°13’43”N, 87°49’51”W; 18°13’09”N, 87°49’54”W; 18°12’39”N, 87°49’47”W) a una profundidad promedio de 10 metros.

En dicho estudio, se registra que esta área marina tiene una estructura muy desarrollada y compleja con baja cobertura de coral vivo (8.6%), un porcentaje

significativo de coral muerto (28.1% de muerte vieja y 14.3% de muerte reciente), con escasos reportes de enfermedades en coral (0.8% banda blanca y 0.9% banda negra) y con colonias de coral parcialmente blanqueadas (13%). Entre las comunidades de algas abundan las filamentosas diminutas, también llamadas “turf” (51.3%) y las costrosas (32.3%).

El estudio de monitoreo más reciente y específico del área marina adyacente al PNAX, es el que antecede a la presente propuesta y que se denominó “Monitoreo de Arrecifes Coralinos de Xcalak, Quintana Roo, México”, realizado por Amigos de Sian Ka’an de septiembre del 2000 a julio del 2001 (Vega y Loreto, 2001), como parte del proyecto “Promoting Integrated Coastal Resources Management: Xcalak Marine Protected Area Management Strategy”. Mediante el cual se realizó un monitoreo de tres indicadores biológicos (algas, corales duros y peces) cada 4 meses, en 5 estaciones de monitoreo establecidas en zonas de uso turístico, pesquero, repoblación pesquera, núcleo y de no tocar; incluyendo un monitoreo para evaluar los efectos del pasó del huracán Keith por la zona (octubre del 2000). Junto con un taller de arrecifes a la cooperativa turística “Bahía Blanca” de Xcalak para promover la participación de los usuarios en el monitoreo y dos carteles de presentación de resultados. Con este monitoreo se registra que la cobertura de coral vivo es mayor fuera de la poza (31.25% en Doña Nica, con uso turístico) y menor frente al Rio Huach (11%, zona núcleo). La cobertura de coral muerto es mayor dentro de la poza (24.16% al sur, con uso pesquero) y menor frente a Rio Huach (5.36%) y Jomna (10% zona de repoblación pesquera). Durante este año de monitoreo no se registraron enfermedades en corales. El blanqueamiento de coral se encontró en un par de colonias de Doña Nica. Las algas tienen menor cobertura en Jomná (45.66%) y en las otras estaciones ocupan entre 66% y 77% en promedio. Las comunidades de peces alcanzaron una mayor densidad en Jomná (2.4 inds/m²) mientras que en las otras estaciones tienen un promedio de 1 ind/m². Las variaciones en los valores de abundancia de estos tres grupos indicadores en cada monitoreo resultaron en general no significativas. Los efectos del huracán Keith en la zona fueron principalmente la remoción de sedimentos al interior de la poza, donde se encontraron colonias de coral parcialmente enterradas, y algunas colonias de corales ramificados rotas y derrumbadas.

4. METODOS

Para continuar con el presente Programa de Monitoreo del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PM-PNAX) se requiere realizar otras entrevistas con los usuarios locales (pescadores, guías de buceo) con un muestreo en campo para evaluar si se requiere determinar más estaciones de monitoreo, así como los sitios en donde se ubicarán de manera que los sitios sean representativos del uso actual. Se evaluarán los mismos tres taxa indicadores de la calidad del ambiente, (algas, corales y peces) cada 4 meses como en la primer fase del programa. Aunque se cambiará el método de muestreo para algas y corales por el de transectos y cuadrantes (Sullivan y Chiaponne, 1992) que permite aumentar el tamaño de muestra y reducir el error de muestreo, y que esta siendo utilizado en el monitoreo de otras ANP's de la región (Reservas de la Biosfera Sian Ka'an y Banco Chinchorro), siguiendo con los mismos m

Para iniciar un Programa Integral de Monitoreo del PNAX se propone incorporar al monitoreo de indicadores biológicos, la evaluación de indicadores físico-químicos y socioeconómicos (número y tipo de usuarios) que permitirán un análisis mas completo de las medidas de manejo de esta ANP.

Del mismo modo se propone buscar otros métodos para fortalecer la participación de los usuarios locales en las decisiones de manejo, a través de su participación en los monitoreos con talleres de capacitación y materiales de interés para difundir la importancia del monitoreo y de los resultados obtenidos.

4.1 Diseño del Programa de Monitoreo Biológico

4.1.1 Estaciones de Monitoreo

a) Elección de sitios de monitoreo

Para continuar el monitoreo de las comunidades marinas en el PNAX se propone seguir la evaluación de las 5 estaciones establecidas de manera permanente en la primer fase del programa (2000-2001), cuya localización se muestra más adelante (Tabla 1 y Fig. 1).

Sin embargo, se recomienda actualizar el número y localización de las estaciones de monitoreo de acuerdo a la zonificación consensada para el Programa de Manejo del PNAX y una reunión con los usuarios locales para que proporcionen la información sobre los sitios actuales de uso pesquero y turístico. La posición geográfica de los nuevos sitios seleccionados se obtendrá en el primer muestreo, después de que cada estación haya sido establecida.

Tabla 1. Sitios establecidos en la primer fase (2000-2001) del Programa de Monitoreo de Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo, México

ESTACION DE MONITOREO	COORDENADAS		ZONA ARRECIFAL	Prof (pies)	ZONIFICACION (antes del Programa de Manejo)
	Latitud (N)	Longitud (W)			
1. Poza Norte	18°15'38.20"	87°49'29.47"	Transición Barlovento	30	Uso Turístico y "no tocar"
2. Poza Sur	18°11'39.271	87°49'41.97"	Arrecife Frontal Interior	36 a 53	Uso Pesquero
3. Doña Nica	18°17'13.275	87°49'03.66"	Arrecife Frontal Interior	54 a 65	Uso Turístico
4. Rio Huach	18°25'18.01"	87°45'27.45"	Transición Barlovento	20 a 30	Zona de Repoblación Pesquera
5. Jomná	18°23'05.60"	87°46'43.02"	Transición Barlovento	28 a 36	Zona de Repoblación Pesquera

Fig. 1. Ubicación geográfica de las estaciones permanentes establecidas en la primer fase (2000-2001) del Programa de Monitoreo de Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo, México

b) Establecimiento de las estaciones de monitoreo

En cada estación de monitoreo seleccionada se realizarán dos transectos permanentes. El objetivo de este tipo de transecto es proveer un registro de cambios a través del tiempo en una misma localidad del arrecife.

Los transectos permanentes se establecerán clavando varillas de acero, cortadas en ángulo, donde no ocasionen daños al arrecife. Las varillas se colocarán a una distancia de 20 metros una de otra. En cada varilla se amarrará una cuerda de nylon con una boya de unisel que quede flotando a media agua. Las varillas y boyas permitirán la ubicación, tanto del sitio de muestreo, como del área de muestreo en cada estación. Las boyas a media agua también facilitan la localización de los sitios desde la superficie del agua.

Entre las dos marcas se establecerá el transecto permanente. Los transectos consisten de una cinta o cadena de plástico de 20 metros de largo con marcas de un color llamativo a cada metro.

Los dos transectos permanentes de cada estación se colocarán sobre el contorno arrecifal y paralelos uno de otro. La distancia entre cada uno será un poco mayor de 50 metros. El objetivo de poner dos transectos por estación es aumentar el tamaño de muestra para hacer mas precisa la estimación de las variables que estan siendo estudiadas.

4.1.2 Taxa Indicadores

Para evaluar la calidad del ambiente arrecifal del PNAX se continuará con el registro de los cambios en la estructura y composición de los tres indicadores biológicos monitoreados en la primer fase del programa: algas, corales escleractinios y peces. Estos tres grupos se consideraron por su dominancia y relevante función en el arrecife, como se describe a continuación:

a) Algas

La algas, junto con los pastos marinos, forman la base de la red trófica marina, pues son productores primarios, que convierten la energía luminosa y nutrientes en materia orgánica. Así, estos dos componentes de la vegetación marina cumplen con el importante papel ecológico de proveer de alimento, oxígeno y hábitat a varias especies de animales arrecifales como peces, crustáceos, moluscos y equinodermos (Lanyon, 1986; Littler *et al.*, 1989; 1990).

Las algas tienen cuatro funciones relevantes dentro del sistema arrecifal: a) productores primarios, b) fijadores de nitrógeno, c) recicladores de nutrientes y d) formadores arrecifales. Pero también hay algunas algas dañinas debido a que penetran el tejido vivo de los corales provocando enfermedades como la banda negra y blanca. Otro grupo más es conocido como el de las cementadoras ya que crecen entre las grietas de los corales, modificando así la estructura misma del arrecife. En general, el grupo es un fuerte competidor por espacio para las comunidades coralinas debido a sus altas tasas de crecimiento. (Round, 1984; Borowitzka y Larkum, 1986; Dawes, 1986; Littler y Littler, 1989; Wells, 1988).

La distribución, la abundancia y la diversidad de las algas marinas se determina básicamente por dos tipos de interacciones bióticas: la herbivoría y la competencia por el sustrato con otros organismos sésiles (Huston, 1985). Sin embargo, la estacionalidad es un factor que interviene en la determinación de la composición específica (León, 1980; Dawes, 1986).

b) Corales Escleractinios

Los corales escleractinios son los principales constructores del arrecife debido a que sus exoesqueletos forman un armazón rígido de carbonato de calcio sobre el sustrato. Estas estructuras constituyen diferentes habitats utilizados como refugio por otros organismos arrecifales.

La distribución, la abundancia y la diversidad de las comunidades coralinas está determinada por factores físicos como la luz, profundidad, sedimentación, temperatura y energía del oleaje, pero también por interacciones bióticas (Huston, 1985).

c) Peces Arrecifales

Las comunidades de peces asociadas a los arrecifes coralinos son las más complejas y diversas. Dentro de esta gran diversidad se incluyen especies que son fuente potencial de recursos alimenticios y otras que por su gran colorido constituyen un atractivo especial para el turismo.

La distribución, la abundancia y la diversidad de las comunidades de peces arrecifales se favorece con un elevado desarrollo de la comunidad coralina, y buen grado de conservación del arrecife.

Asimismo, la estructura por grupos tróficos de la ictiofauna refleja de alguna manera la calidad del ambiente. Según Claro (1987), en un arrecife del Caribe en

buen estado de conservación se espera que los peces herbívoros, que constituyen la base de la cadena trófica junto con los plantófagos, tengan una biomasa menor a la de los carnívoros, considerando que en estas condiciones la abundancia de tejido coralino vivo supera a la abundancia de tejido vegetal. Los plantófagos son escasos como resultados de los bajos niveles de biomasa del placton en aguas tropicales. Mientras que las especies de los niveles tróficos superiores (omnívoros, bentófagos e ictiófagos) se consideran las más abundantes, con un amplio espectro alimentario y con especies que son parte importante de las pesquerías y algunas que por su gran colorido son un atractivo especial para el turismo (buceo).

4.1.3 Muestreo por Taxa

Para evaluar los cambios en la estructura y composición de algas, corales escleractinios y peces, y considerando las experiencias aprendidas, se propone cambiar el método de muestreo de algas y corales para disminuir el error de muestreo, y continuar con los mismos métodos para el censo visual de peces arrecifales.

Así, en esta sección se detalla el tipo de muestreo que se realizará, según el taxa de organismo marino que se trate. Para la toma de información en campo se han diseñado formatos para registrar los datos específicos de cada taxa. Dichos formatos se presentan en el ANEXO 1.

Se recomienda que la frecuencia del muestreo siga siendo cada 4 meses, como en la primer fase del programa.

a) *Algas*

Para la toma de información de algas se empleará el método descrito por Sullivan y Chiaponne (1992) el cual consiste en colocar un transecto guía de 20 metros de longitud sobre el sustrato arrecifal y un cuadrante de material PVC de 0.5 x 0.5 metros, dividido con hilo nylon en cuadros de 5 x 5 centímetros) a un lado de este transecto. Por cada transecto se deberán cubrir al menos 10 cuadrantes, colocados cada metro de manera continua o alternados.

En cada cuadrante se registrarán las especies de algas presentes y la cobertura por especie en número de cuadros de 5 x 5 centímetros. La identificación de especies de algas se apoyará en la guía de Littler y Littler (2000).

b) *Corales Escleractinios*

Para monitorear la condición de los corales escleractinios o duros se empleará también el método de transectos y cuadrantes (Sullivan y Chiaponne

(1992) empleado para algas. Aunque en este caso se realizarán 20 cuadrantes por transecto, uno cada metro del transecto.

En cada cuadrante se registrará por colonia de coral: la especie, tamaño (largo y ancho máximo en número de cuadros de 5 x 5 centímetros), porcentaje de cobertura de tejido vivo y de tejido muerto (en número de cuadros de 5 x 5 centímetros) y condición con respecto a la presencia de enfermedades, blanqueamiento de colonias o daños físicos (aletazos, fracturas por anclas). Para la identificación de especies de corales escleractinios se utilizará la guía de Humman (1993a) y Veron (2000). Para la identificación de enfermedades de coral se contará con la guía sumergible de Bruckner y Bruckner (1998).

c) Peces Arrecifales

La descripción de las comunidades de peces se realizará mediante censos visuales, como en la primer fase del programa, por ser considerado el mejor método no dañino para el estudio de este grupo (Kimmel, 1985).

Para este estudio de monitoreo se han empleado dos tipos de censos visuales: nadando por un transecto y estacionado al centro de una circunferencia. El censo por transecto se realiza de acuerdo al método descrito por Brock (1954), que consiste en nadar sobre la línea de 20 metros colocada en cada estación de monitoreo a una velocidad moderada y contar los peces por especie un metro a cada lado del transecto y en la columna de agua, con lo que se tiene un área de muestreo de 40 m² en cada transecto. Este conteo es el primero en realizarse para evitar que los peces huyan al acercarse los otros investigadores. El censo estacionario fue implementado por Bohnsack y Bannerot (1986) y consiste en contar los peces por especie durante 10 minutos, en una circunferencia imaginaria de 5 metros de diámetro y en la columna de agua. El diámetro se limita con una cinta métrica colocada sobre el sustrato y el buzo se coloca al centro de la circunferencia, rotando para analizar toda el área de muestreo.

En ambos métodos, para los peces registrados se hará una estimación de tamaños de acuerdo a 7 categorías propuestas por McCormick y Choat (1987):

CATEGORÍA	TAMAÑO (centímetros)
1	1 a 5
2	6 a 10

3	11 a 15
4	16 a 20
5	21 a 25
6	26 a 30
7	más de 30

También por especie se determinará el grupo trófico de acuerdo a la clasificación de Claro (1987) que incluye los siguientes grupos:

GRUPO TRÓFICO	TIPO DE ALIMENTACIÓN
Ictiófago	Consumen otros peces.
Ictiobentófago	Comen peces, cangrejos, camarones, anélidos, gasterópodos, estomatópodos.
Omnívoro	Se alimentan de algas, anélidos, peces, copépodos, gasterópodos, antozoos, tunicados, cangrejos, esponjas, equinodermos
Bentófago	Tienen su dieta a base de cangrejos, camarones, anélidos, gasterópodos, estomatópodos.
Herbívoro	Comen algas y pastos marinos.
Plactófago	Consumen organismos que forman parte del plancton como cangrejos, camarones, estomatópodos, zoantários y huevos de peces.

La identificación de especies de peces se apoyará con la guía de Humman (1994).

4.1.4 Análisis de Resultados

En esta sección se propone el diseño del análisis de los resultados obtenidos en campo para los tres taxa indicadores y el tipo de pruebas estadísticas que se aplicarán para presentar los resultados.

Para cada estación de monitoreo y a través de los monitoreos semestrales se debe proporcionar información de riqueza de especies, abundancia relativa, densidad y diversidad por taxa indicador, así como abundancia por grupos (géneros de corales constructores arrecifales, divisiones de algas y grupos tróficos en peces), como se describe a continuación; considerando la presentación de los resultados obtenidos a través de tablas y gráficos.

a) Riqueza de especies

Se determinará con el simple conteo de especies por taxa. Este dato junto con la composición o lista de especies se presenta en una tabla de presencia de especies por estación y fase de monitoreo (monitoreo semestral).

b) Abundancia relativa

Los datos de número de cuadros de 5 x 5 centímetros ocupados con tejido vivo se consideran para estimar la cobertura de corales escleractinios y algas, mediante la siguiente relación:

$$\text{Cobertura relativa de tejido vivo} = \frac{\text{número de cuadros ocupados por tejido vivo por especie}}{\text{número total de cuadros registrados en el transecto}} \times 100$$

La misma relación se aplicará para estimar la cobertura de tejido muerto en corales escleractinios:

$$\text{Cobertura relativa de tejido muerto} = \frac{\text{número de cuadros ocupados por tejido muerto por especie}}{\text{número total de cuadros registrados en el transecto}} \times 100$$

c) Densidad

Los datos de número de colonias en corales y número de individuos en peces arrecifales se consideran para estimar la densidad por metro cuadrado, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{número de colonias o individuos}}{\text{área total de muestreo}}$$

d) Diversidad

Con el número de especies y la cobertura o densidad se estimará el índice de diversidad de Shannon-Wiener y la equitabilidad mediante la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum_{i=1}^S (P_i \ln_2 P_i)$$

donde:

H' = índice de diversidad de Shannon-Wiener
P_i = proporción de individuos de la especie i
S = número de especies

El índice de diversidad de Shannon-Wiener también puede ser estimado a través del programa estadístico MEGA (Ludwing y Reynolds, 1988).

e) Abundancia por grupos

Adicionalmente, para la evaluación del estado de conservación de la zona marina del PNAX se puede realizar una revisión de las abundancias relativas de los principales grupos de algas (Chlorophytas o algas verdes, Phaeophytas o algas cafés, Rhodophytas o algas rojas y Cyanophytas o algas verde-azules), de los principales géneros de corales constructores arrecifales (*Montastrea*, *Agaricia*, *Porites*, *Siderastrea*, *Diploria*, *Acropora*), y entre diversos grupos tróficos en peces (plantófagos, herbívoros, bentófagos, omnívoros, ictiófagos e ictiobentófagos), que refleja de alguna manera la condición del ambiente.

f) Análisis estadístico

Con la información obtenida se deben realizar comparaciones entre cada fase (muestreo semestral) por estación de monitoreo.

Para determinar si las variaciones encontradas son significativas o importantes se realizará un Análisis de Varianza (ANOVA) mediante la prueba de Kruskal-Wallis, contenida en el programa estadístico STATWIN.

4.1.5 Consideraciones

Para el muestreo de comunidades marinas se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones generales:

- En todos los casos, los muestreos se realizarán mediante buceo libre y autónomo, según se requiera por la profundidad del sitio, trabajando un especialista por taxa.
- Para la toma de datos bajo el agua se utilizarán tablillas de acrílico blanco y lápices de puntillas.
- Para los tres taxa indicadores, la identificación de las especies será *in situ* por lo que no se realizará ningún tipo de colecta que cause impacto ambiental.
- La toma de datos y las actividades que se llevarán a cabo en este programa de monitoreo serán complementadas con fotografías y video submarino.

- En cada monitoreo y mientras se coloca el transecto de muestreo, un investigador deberá describir la condición general del sitio durante el monitoreo.
- Se recomienda que este Programa de Monitoreo Biológico del PNAX se lleve a la par con la toma de datos físicos y socioeconómicos.

4.2 Diseño del Programa de Monitoreo Físico-Químico y Socioeconómico

En la zona costera del PNAX, el desarrollo turístico aún es una actividad incipiente que tiene un alto potencial de desarrollo, por lo que están surgiendo nuevos proyectos de inversión.

La zona costera es un área muy dinámica, donde existe una gran relación entre los ecosistemas terrestres y marinos. De manera que con el desarrollo que se avecina en la costa sur de Quintana Roo, incluyendo el PNAX, es inevitable que se generen desechos, que sin un tratamiento adecuado afectarán las comunidades marinas del área, incluyendo el sistema arrecifal.

La primer fase del Programa de Monitoreo de Xcalak (2000-2001) se limitó al registro periódico de indicadores biológicos; sin embargo, la sola evaluación biológica no es suficiente, es necesario que se integre la información ambiental y las actividades humanas para valorar las amenazas, y la efectividad de las acciones de manejo.

El conocimiento científico de los distintos ambientes, de las comunidades, y de las interacciones entre éstos y las actividades humanas es un elemento fundamental para encontrar las opciones que permitan hacer compatibles actividades y usos que de otra forma se excluirían mutuamente, y también determinar la capacidad de carga de los ecosistemas antes de alterarse gravemente (Merino y Otero, 1983).

Así, es necesario que aunado al monitoreo biológico se designen áreas en el PNAX, en las cuales se realice un registro regular a largo plazo de la calidad del agua y del tipo y número de usuarios; que permita evaluar la magnitud de futuras alteraciones asociadas al incremento de la actividad humana o a procesos naturales, y establecer las medidas correctivas.

4.2.1 Programa de Monitoreo Físico-Químico

Para el programa de monitoreo de calidad del agua se propone evaluar temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, nutrientes (concentraciones de nitritos, nitratos y fosfatos) y coliformes fecales, **tal vez hasta hidrocarburos**, que representan los indicadores físico-químicos para conocer la calidad del sistema marino del PNAX.

a) Elección de sitios de monitoreo

Para determinar el número y localización de las estaciones de monitoreo de la calidad del agua en el PNAX se propone considerar las estaciones establecidas para el monitoreo biológico; así como el patrón de corrientes en el área, para lo cual puede ser necesario un estudio al respecto, que debe definirse de acuerdo a la información disponible y si resulta necesario, considerarse en el presupuesto.

b) Establecimiento de estaciones de monitoreo

Las estaciones de monitoreo de la calidad del agua se establecerán de la misma manera que en el monitoreo biológico: varillas de acero clavadas en el fondo marino con boyas de unisel flotando a media agua, para facilitar la localización de los sitios desde la superficie del agua.

c) Muestreo de indicadores físico-químicos

Para tener registros constantes de los parámetros físico-químicos se tienen las siguientes opciones:

- Toma de muestras para su posterior análisis en laboratorio, para lo cual se contratarán los servicios de una institución que tenga la capacidad y equipo adecuado para efectuarlo.
- Adquirir un instrumentos de medición continua (HIDROLAB), que se coloque en las estaciones seleccionadas.
- Hacer un Convenio de Colaboración con el CINVESTAV que cuenta con los instrumentos y personal capacitado. Al respecto, se propone contactar al Dr. Jorge Herrera que viene realizando este tipo de estudios en otras ANP's de la región (P.N Isla Contoy y P.N Isla Mujeres-Cancún) de una manera muy eficiente, y que también se esta considerando para los estudios de calidad de agua en la R. B Banco Chinchorro.

4.2.2 Programa de Monitoreo Socioeconómico

En el PNAX, el desarrollo turístico aún es una actividad incipiente pero que tiene un alto potencial de desarrollo. La pesca es la actividad económica mas importante, pero se realiza principalmente en Banco Chinchorro.

Para tener un registro de las principales actividades dentro del PNAX se propone fortalecer el Componente de Manejo referente a Inspección y Vigilancia, en particular las acciones que se relacionan con la supervisión de las actividades de buceo, durante las cuales se puede llevar el registro de daños por buzos (aletazos) o embarcaciones (anclazos), y con el conteo de las embarcaciones y personas que acceden al polígono marino del Parque.

Cabe mencionar que, conforme al Artículo Undécimo del Decreto de declaratoria (D.O.F 27/noviembre/2000), dichas acciones y las demás que correspondan a la inspección y vigilancia del PNAX, queda a cargo de las Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales y de Marina, en el ámbito de sus respectivas competencias. De manera que a través de esta propuesta se pueden considerar los recursos para contar con el personal y las embarcaciones que permitan asegurar el cumplimiento de este objetivo.

4.3 Participación Comunitaria

Para que los usuarios locales (guias de buceo, pescadores y otros miembros de la comunidad) participen en el monitoreo y evalúen por sí mismos las amenazas y efectividad del establecimiento del ANP, y así tengan elementos para seguir participando en las decisiones de manejo, se propone realizar pláticas de información, talleres de capacitación y materiales de difusión que permitan fortalecer este objetivo.

Dichas acciones deben estar en coordinación con los especialistas de los programas de difusión ambiental y participación comunitaria, para que se optimicen los resultados.

4.4 Publicación de resultados

Para mantener informados a los interesados sobre los resultados obtenidos de los programas de monitoreo se propone hacer publicaciones cada 6 meses en carteles y boletines, además de la publicaciones que se puedan generar a nivel técnico.

5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

a) Duración del proyecto

Este Programa de Monitoreo de las Comunidades Marinas, Calidad del Agua y Usuarios (tipo y número) del PNAX se plantea inicialmente para 2 años, aunque si se establece a largo plazo permitirá detectar cambios en las poblaciones naturales por efectos antropogénicos o perturbaciones naturales, para evaluar las amenazas y la efectividad de las acciones de manejo.

b) Programa de Actividades

A continuación, se presenta el calendario de actividades para los tres componentes de monitoreo, para un periodo de 2 años pero se espera que sea a largo plazo:

Calendario de Actividades

Primer año	Meses												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Actividades													
MONITOREO BIOLÓGICO													
<i>De campo</i>													
• Selección de sitios													
• Establecimiento de estaciones													
• Toma de datos													
• Renovación de marcas permanentes (boyas y varillas)													

<i>De gabinete</i>													
• Análisis de resultados													
• Reportes													
MONITOREO FISICO-QUIMICO													
<i>De campo</i>													
• Selección de sitios													
• Establecimiento de estaciones													
• Toma de datos													
<i>De gabinete</i>													
• Análisis de resultados													
• Reportes													
MONITOREO SOCIO-ECONOMICO													
•													
•													
•													
PARTICIPACION COMUNITARIA													
•													
•													
PUBLICACION DE RESULTADOS													
•													
•													

6. REQUERIMIENTOS

a) Recursos Materiales

Esta lista de materiales considera solo las necesidades para el monitoreo biológico. Los materiales requeridos para el análisis de calidad de agua y reuniones y talleres de capacitación serán definidos por los responsables de cada uno de estos componentes.

- 1 Embarcación con motor fuera de borda
- 1 GPS
- 3 Equipos SCUBA (lastre, regulador, chaleco, tanque)
- 20 Boyas de unisel
- 100 Metros de cuerda para las boyas
- 20 Varillas de acero cortadas en ángulo
- 1 Mazo
- 1 Transecto de 20 metros de largo (cinta o cadena de plástico)
- 4 Cuadrantes de PVC de 1 x 1 metro, cada uno
- 2 Carretes de hilo nylon
- 14 Tablillas de acrílico blanco tamaño A4
- 50 Lápiceros de puntillas
- 1 Cuchillo de buceo
- 1 Cámara de video con caja estanca
- 10 Cintas para video Hi 8, Digital 8
- 1 Cámara fotográfica sumergible
- 30 rollos fotográficos
- 4 cajas de pilas AA (c/caja con paquetes de 6 pilas)
- 150 copias de formatos para toma de datos (50 de cada uno de los 3 taxa)

b) Recursos Humanos

Para el monitoreo biológico se requerirá de al menos 3 investigadores, un especialista en cada grupo (algas, corales escleractinios y peces), un capitán de embarcación y un especialista en el Sistema de Información Geográfica. Este personal forma parte de Amigos de Sian Ka'an y la SEMARNAT.

Para el monitoreo físico-químico (calidad del agua) se requiere preferentemente de la colaboración de investigadores del CINVESTAV que tienen la experiencia y equipo necesario para este tipo de estudios.

El monitoreo socio-económico es responsabilidad del personal de la SEMARNAT y Secretaria de Marina, aunque personal de Amigos de Sian Ka'an puede dar apoyo en lo que se refiere a las inmersiones para supervisar las actividades de buceo de las empresas que proporcionan este servicio.

La realización de pláticas de información, talleres de capacitación y materiales de difusión para fortalecer la participación de los usuarios en el monitoreo, queda a cargo de Amigos de Siana Ka'an a través de los responsables de los programas de Educación Ambiental y Participación Comunitaria.

La publicación de resultados esta a cargo de Amigos de Sian Ka'an, mediante los responsables de los programas de arrecifes, educación ambiental y participación comunitaria.

7. PRESUPUESTO

a) General

b) Desglosado

8. REFERENCIAS

- Alcolado P. M, Herrera-Moreno A y N. Martinez-Estalella. 1993. Sessile Communities as environmental bio-monitors in Cuban Coral Reefs. En: Proceeding Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs: Health, Hazards and History. Compiled by R. N Ginsburg. Rosentiel School of Marine and Atmospheric Science. U. Of Miami. Pp 27-33.
- Borowitzka M. A. and A. W, Larkum. 1986. Reef Algae. *Oceanus*. 29(2): 49-54.
- Brock, V. E. 1954. A preliminary report a method of estimating reef fish populations. *J. Wild. Manag.* 18:297-308.
- Bruckner, A. y R. Bruckner. 1998. Disease and predation on western Atlantic: Atlantic and Gulf Ref. Assesment.
- Claro R. 1987. Ecología de los Peces Marinos de Cuba. Inst. de Oceanol, Academia de Ciencias de Cuba y Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Quintana Roo, México. 320 p.
- Dawes C. J. 1986. *Bótanica Marina*. De. Limusa. México. 673 pp.
- García G y R M Loreto. 1996. Caracterización de los Arrecifes Coralinos de la Poza de Xcalak, Quintana Roo, México. Informe Final. Amigos de Sian Ka'an A. C.
- Gutiérrez D, Lara M, García C, Padilla C y R.M Loreto. 1996. Caracterización de los Arrecifes Coralinos del Sur de Quintana Roo (Tampalam-Bacalar Chico). Sian Ka'an Serie Documentos. No. 6 diciembre 2001 (en prensa) Amigos de Sian Ka'an A. C. p 1-49.
- Humman P. 1993a. Reef Coral Identification. New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla. 239 p.
- Humman P. 1994. Reef Fish Identification. New World Pubs. Inc. Jacksonville, Fla. 2ª. Edición. 396.pp.
- Huston M. 1985. Patterns of species diversity on coral reefs. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 16:149-177.
- León T. H. 1980. Abundancia y distribución de algunas macroalgas arrecifales del Caribe mexicano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Univ. Nac. Autón. de México. 50 p.

- Littler D, Littler M, Bucher K and J. Norris. 1989. Marine Plants of the Caribbean. A field guide from Florida to Brazil. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. 263 p.
- Littler M. M and K. E Arnold. 1990. Sources of variability in macroalgal primary productivity: sampling and interpretative problems. *Aquat. Bot.* 8: 141 - 156.
- McCormick M. I and J. H Choat. 1987. Estimated total abundance og large temperate-reef fish using visual strip-transects. *Mar. Biol.* 96:469-478.
- Reese E. S. 1993. Reef Fishes as Indicators of Conditions on Coral Reefs. In, *Proceeding Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs: Health, Hazards and History*. Compiled by R. N Ginsburg. Rosentiel School of Marine and Atmospheric Science. U. Of Miami. Pp 59-65.
- Round F. E. 1984. *The ecology of algae*. Cambridge University Press. 653 pp.
- Sullivan K. M, Chiappone M and M. Lara. 1992a. Rapid Ecological Assessement of Montego Bay Marine Park, Jamaica: Evaluation of Parks as Marine Fisheries Reserves. In, *Proceeding of the 45th Annual Meeting, Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. Mérida, Yucatán, México.
- Sullivan K. M and M. Chiappone. 1992b. Methodologies for Ecological Monitoring of Nearshore Hardbottom Communities of Florida Keys. *Mar. Ecol. Prog. Ser....?*
- Wells S. M. 1988. *Coral Reefs of the World. Atlantic and Eastern Pacific. Vol.1.* UNEP. IUCN. Cambridge. 373 p.