

CONSERVACION Y USO SOSTENIBLE DEL SISTEMA ARRECIFAL
MESOAMERICANO (SAM) EN MEXICO, BELICE, GUATEMALA Y HONDURAS

Recomendaciones para un Programa de Monitoreo
Sinóptico en la Región Arrecifal Mesoamericana.

Segundo Reporte Regional en Ecología de Arrecifes
coralinos al PCU SAM/MBRS

Por

Peter F. Sale, Jacob P. Kritzer, y J. Ernesto Arias González

Con asistencia de

Paolo Usseglio, Camilo Mora, y William Thompson

Un reporte de

Universidad de las Naciones Unidas – Red Internacional de Agua, Ambiente y Salud
en cooperación con

Instituto de Manejo de la Zona Costera de Belice, y

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados – Unidad Mérida, México

Resumen Ejecutivo

1.1 Procedimientos existentes

Este segundo reporte en Ecología de Arrecifes Coralinos revisa los requerimientos de un Programa de Monitoreo Sinóptico (PMS) en un ámbito regional, considera los métodos usados en los diferentes programas de monitoreo empleados en la región, y provee sugerencias acerca de la estructura del PMS. Señalamos *a priori* que no hay maneras correctas para monitorear ecosistemas coralinos, pero hay maneras incorrectas o ineficientes. El conocer los propósitos por los cuales el PMS es establecido es crucial al decidir la metodología a usar. En nuestra revisión de protocolos usados en la región, enfatizamos las diferencias y las similitudes entre ellos. Incluimos el protocolo desarrollado por CONANP en esta comparación. Aunque la copia a la que tenemos acceso es todavía una descripción metodológica incompleta, parece ser considerablemente ambiciosa para ser aplicada rutinariamente en varias localidades. Otros protocolos son inapropiados debido a la crudeza de los métodos empleados, o porque el número de repeticiones es insuficiente. Otros son demasiado exigentes en el personal que realiza el monitoreo, y la práctica difiere significativamente de la manera en que la metodología fue escrita. Sin embargo, cada uno contiene buenas sugerencias, y no tiene sentido el empezar un programa de monitoreo desde cero.

1.2 Necesidad de continuar un enfoque ampliamente participatorio en el desarrollo del PMS

El desarrollo del PMS, hasta ahora, ha sido por medio de un proceso ampliamente participativo. Creemos que es fundamental que este proceso sea continuado, y reforzado si es posible. Para que sea un programa de monitoreo sostenible, que provea una base de datos de valor real para decisiones de manejo, el PMS debe ser implementado y manejado a nivel regional por una serie de individuos que estén enterados de la relevancia del PMS, y que tengan intereses en su éxito. De la misma manera, ellos deben ser apoyados por sus supervisores y por las estructuras administrativas a la que ellos se reportan. Un PMS que falle en esta prueba crucial no vale la pena ser desarrollado, debido a que perderá ímpetu y al final desaparecerá al igual que muchos programas de monitoreo en la región lo han hecho en el pasado.

RECOMENDACION 1

Proponemos que el proceso participatorio e inclusivo que se ha seguido hasta ahora continúe por medio de uno o más talleres, que incluyan individuos clave, para finalizar el diseño del PMS. Estos talleres deben especificar los propósitos del PMS, confirmar las metodologías a ser usadas, establecer los mecanismos de revisión y crecimiento del PMS, y los mecanismos para asegurar que los datos sean almacenados en la base de datos regional, y que estén a disposición para ser usados. Simultáneamente tendrán un rol educativo, asegurando que los participantes del PMS tengan la necesidad de entendimiento y compromiso.

1.3 Selección de localidades y sitios de monitoreo

Consideramos la necesidad de seleccionar un conjunto representativo de localidades en las cuales implementar el PMS. Cerca de 23 localidades han sido identificadas provisionalmente como sitios de monitoreo. Este número contiene varias contrariedades y tendrá que ser expandido para que los resultados producidos sean representativos de la región. Proveemos sugerencias de localidades adicionales, pero reforzamos el hecho que las decisiones deben ser tomadas por aquellos que implementaran el PMS.

RECOMENDACIÓN 2

Él conjunto de 23 localidades identificado hasta la fecha debe ser expandido si se quiere que el PMS produzca datos que sean de valor para el soporte de la toma de decisiones, o para la evaluación de la “salud” del sistema regional.

RECOMENDACIÓN 3

Recomendamos que las siguientes localidades sean seriamente consideradas como posibles adiciones al PMS:

Localidad	Características	Personal disponible (?)
Isla Contoy, México	Área protegida, limite norte de la región SAM	Personal del AMP
Puerto Morelos, México	Sitio CARICOMP , estado de protección pendiente	UNAM
Akumal, México	Arrecife de franja, sin protección	Personal CEA (ONG local)
Cozumel, México	área protegida	Personal del AMP, CINVESTAV
Mahahual, México	Arrecife de franja, sin protección. Sitio de monitoreo de larga duración CINVESTAV.	CINVESTAV,
Islas Turneffe, Belice	Sitio CARICOMP, sin protección	UB personal IMS, Calabash
Lighthouse Reef, Belice	Algunas áreas protegidas	Belice Audubon ONG
Carrie Bow Cay, Belice	Sitio CARICOMP, sin protección	Personal del Smithsonian
Dangriga, Belice	Sitio CPACC , sin protección, costero	Belice, Departamento de Pesca?
Cayos Cochinos, Honduras	Sitio CARICOMP , protegido	Personal HCRF (ONG local)

Adicionalmente, por lo menos dos sitios en Roatan (por lo menos uno sin protección), y dos sitios no protegidos adicionales en la región central del Arrecife de Belice deben ser seleccionados, usando información relevante a disponibilidad de personal y logística para facilitar las actividades de monitoreo.

En cada localidad de monitoreo, es probable que se encuentren sitios que representen varios tipos de hábitat. Para asegurar consistencia a escala regional el diseño del PMS deberá definir los tipos de hábitat a ser monitoreados. Sugerimos 5 distintos tipos de hábitat que podrían ser incluidos, sin embargo hábitat adicionales, o una composición diferente podrá ser escogida dependiendo en la necesidad de datos. Así mismo proponemos una terminología simple: monitorear Localidades en la región, dentro de las cuales hay Sitios de monitoreo. Estipulamos que cada Sitio debe estar localizado en un solo tipo de hábitat a monitorear, y recomendamos que deben haber por lo menos dos Sitios representando a cada hábitat monitoreado en la Localidad. No todos los hábitats van a estar presentes en todas las Localidades. También sugerimos que mientras puede ser deseable el seleccionar Sitios de una manera casi-aleatoria dentro del espacio disponible en la región, reconocemos que existen otros programas de monitoreo en la región, y que sería ventajoso el co-localizar Sitios. (Consecutivamente cada esfuerzo debe tratar de incluir el PMS con los programas de monitoreo existentes, incluyendo una copia de los datos de monitoreo producto de otros programas que sea almacenada en la base de datos que el PMS generara)

RECOMENDACION 4

Los componentes ecológicos del PMS reconocerán 5 hábitat: 1) manglares, 2) praderas marinas, y tres hábitat arrecifales: 3) arrecifes anteriores (back reef) someros (sotavento) entre 1-5m de profundidad, 4) arrecifes posteriores-frontales (fore reef) someros (barlovento) entre 1-5m de profundidad, 5) arrecifes posteriores-pendientes (fore ref.) entre 8-15m de profundidad. Cada Sitio de monitoreo incluirá un solo tipo de Hábitat.

RECOMENDACION 5

Cada Localidad incluirá uno o más Hábitat. En cada Hábitat en cada Localidad a ser monitoreada, *por lo menos* 2 Sitios replicados deben de ser escogidos. Los métodos para selección serán los propuestos por Woodley (1999), pero pueden haber excepciones para Sitios que son de interés especial para manejo o en los que algún otro sistema de monitoreo este siendo llevado a cabo.

1.4 Constitución, frecuencia y replicación de las medidas

En el diseño de muestreo algunos aspectos importantes son ignorados a veces en la implementación de los programas de monitoreo, con el resultado en la disminución de valor de los datos recolectados. Esto es considerado en las recomendaciones 6-10. Remarcamos la importancia de la constancia metodológica en la región, y a través del tiempo, mientras reconocemos que un programa de monitoreo a largo plazo sería inefectivo si no tiene la flexibilidad de adaptar nuevos y mejores métodos de monitoreo, o de añadir nuevos criterios a ser monitoreados. Lo que es esencial es una estructura de manejo dinámica del PMS que asegure constancia razonable, al mismo tiempo que permita el desarrollo, validación y calibración que debe ocurrir si se piensa en introducir nuevos métodos. Nosotros discutimos ejemplos de necesidades legítimas para la variación de los métodos.

También discutimos la necesidad de una agenda de monitoreo constante a nivel regional, y recomendamos que un solo monitoreo anual de cada Sitio sea llevado a cabo en un periodo de tiempo corto. Abogamos por la previsión de monitoreos suplementarios adicionales cuando perturbaciones inesperadas pero significativas ocurran, o en Sitios con intereses de manejo particulares.

Las pregunta de repetición y ubicación de las unidades de muestreo es contestada a continuación. Reiteramos el hecho de que existen consecuencias estadísticas importantes como resultado de la toma de ciertas decisiones, y que hay costos y beneficios asociados con las decisiones de replicación y ubicación de las muestras. Hacemos recomendaciones para proveer consejo. No existe un conjunto de decisiones “correctas”, lo importante es que estas decisiones deben ser explícitas, e implementadas en toda la región.

RECOMENDACION 6

En cada Localidad, tanto los métodos usados, como las mediciones realizadas, deben ser reportados e incluidos en una base de datos. En lugares donde métodos alternos sean utilizados estos deben de ser rigurosamente inter-correlacionados, de manera que las mediciones hechas sean equivalentes (e.g. porcentajes de cobertura).

RECOMENDACION 7

El PMS debe consistir de un solo muestreo anual de cada Sitio en toda la región, en un periodo de tiempo acordado por todos los participantes como el más propicio para las actividades de campo. El muestreo de todos los sitios debe estar restringido a un corto periodo de tiempo (1-2 meses como máximo), y debe ocurrir durante el mismo intervalo en cada año sucesivo. Algunos Sitios de fácil acceso (Categoría 1) pueden ser monitoreados con mayor frecuencia para ciertos atributos.

RECOMENDACION 8

De vez en cuando pueden ocurrir en la región eventos impredecibles (huracanes, episodios de blanqueamiento mayores, derrames de hidrocarburos). Un esfuerzo debe ser realizado para documentar el impacto de estos eventos realizando visitas de monitoreo extra a estos Sitios, utilizando quizás un protocolo reducido. Algunas Localidades que se crea no han sido afectadas deberán ser incluidas también. Será importante el coordinarse entre Localidades para asegurar que sean usados los mismos protocolos.

RECOMMENDACION 9

Todas las mediciones realizadas en cada Sitio deben ser repetidas. El nivel de repetición puede ser variable entre mediciones, pero debe ser uniforme entre Sitios y años para cada medición. El nivel de repetición debe ser decidido por medio de un proceso de costo-beneficio, utilizando datos existentes y experiencias pasadas para decidir el nivel de repetición que puede ser permitido, y que proporcionará datos con la precisión adecuada.

RECOMENDACION 10

Donde se recolecten repeticiones de datos por medio de la ubicación de cuadrantes o transectos en un Sitio, estos deberán ser colocados al azar en cada ocasión, el uso de transectos permanentes debe ser evitado

1.5 Métodos para el uso en los Sitios de Arrecifes Coralinos

Nuestras 8 siguientes recomendaciones conciernen al monitoreo que debe ser llevado a cabo en Arrecifes Coralinos. El monitoreo ecológico de arrecifes coralinos es sustancialmente más avanzado que el realizado en praderas marinas y manglares. Sin embargo, los métodos empleados no están bien desarrollados, y en muchos casos la práctica no sigue los pasos sugeridos por los métodos escritos. Una base de datos es tan buena como los datos que la componen, el PMS solo será de valor para el manejo si los datos han sido colectados por medio de métodos claramente definidos, y rigurosamente aplicados. Nuestra primera recomendación (#11) es para una “lista de referencia” realizada en cada Sitio y que estará compuesta de un conjunto esencial de información, por ejemplo quien realiza el monitoreo en ese día. Consideramos a continuación el monitoreo de corales y otros organismos sésiles, invertebrados vágiles y peces. Notamos una falta de atención total a las medidas de producción (tales como reclutamiento). La dinámica de un sistema (estado de condición) no puede ser determinada solo por la cuantificación de abundancias de sus componentes, o sus porcentajes de cobertura. Recomendamos se realicen esfuerzos serios para la implementación del monitoreo de reclutamiento de peces y corales en el PMS. También añadimos comentarios a las ventajas y desventajas del uso de técnicas de video-transectos, y recomendamos maneras de correlacionar datos obtenidos al usar el método de punto intercepto usando video-transectos. No recomendamos la aplicación rutinaria de video-transectos por varias razones, entre las cuales esta un déficit de atención a aspectos importantes del Sitio debido a preocupación por los equipos de video.

Mientras que los asuntos relacionados con la calidad del agua son reconocidos como importantes en la región, poca atención ha sido prestada a este punto en los protocolos de monitoreo existentes, con excepción de CARICOMP. Nosotros discutimos los problemas inherentes al monitoreo de calidad del agua, dado el hecho que los elementos de traza afectan la biota de manera cumulativa y a largo plazo. La concentración en la columna de agua en el día que el sitio es visitado puede mostrar que todo esta bien, por lo que son necesarios procedimientos sofisticados para detectar los niveles a los cuales los elementos de traza pueden tener efectos negativos. No existen respuestas simples en este asunto, pero sugerimos dos métodos de aproximación a aspectos de monitoreo de calidad del agua que, en nuestra opinión, podrían ser de más valor que análisis anuales de muestras. Retomaremos esta cuestión en las recomendaciones 22 y 23.

RECOMENDACION 11

En cada visita a los Sitios, detalles como la fecha y la hora de visita, personal presente, condiciones meteorológicas, y cualquier observación inusual, deben ser anotados. La información relevante a clima puede ser tan simple como una sola palabra, pero datos como temperatura del aire, estado del mar e intensidad del viento también deben ser anotados, y también vale la pena el anotar datos como la

temperatura del agua, salinidad y turbidez. Adicionalmente, este registro de visita debe contener cuales métodos de monitoreo fueron usados, y cuantas repeticiones de cada método fueron completadas.

RECOMENDACION 12

Un método que incluya transectos debe ser adoptado para medir porcentaje de cobertura de corales, por lo menos a nivel de género inicialmente. Adicional a porcentaje de cobertura, atributos intrínsecos de los corales como talla, distribución, índice de mortalidad, y frecuencia de enfermedades también deben ser medidos, utilizando los mismos transectos que definen a la población examinada. El protocolo AGRRA para corales podría contener los procedimientos adecuados a adoptar, sin embargo serias consideraciones deben ser dadas al remplazo de la técnica de cuantificación de porcentaje de cobertura de línea-intercepto por punto-intercepto

RECOMENDACION 13

Debe ser realizado un experimento de campo controlado con el fin de determinar si los registros de video pueden proporcionar información adicional a porcentajes de cobertura, o si es posible el coleccionar estos datos adicionales utilizando la metodología AGRRA al mismo tiempo que los video-transectos están siendo realizados.

RECOMENDACION 14

La oportunidad de extender el monitoreo de corales mediante la inclusión de reclutamiento en la región SAM debe ser tomada. El realizar este monitoreo usando una porción de los Sitios, escogidos debido a que estén bajo suficiente vigilancia ,que asegure el hecho que las placas de asentamiento permanezcan inalteradas entre viajes de monitoreo. Será necesario entrenamiento en el reconocimiento de corales juveniles , y si esto es incluido como un componente de PMS, será necesaria la iniciación con la ayuda de expertos de la comunidad académica, quienes jugarán un papel de liderazgo por lo menos durante los dos primeros años de colección de datos.

RECOMENDACION 15

Debe ser realizada una lista de especies de peces y otros invertebrados a ser monitoreados de manera uniforme y a nivel regional, así mismo, deben de ser acordados los procedimientos apropiados para determinar abundancias. Una pequeña lista, y un alto nivel de repetición de transectos aumentará la validez de los datos coleccionados. Los procedimientos adoptados por AGRRA proveen una buena guía para el monitoreo efectivo de las abundancias de peces.

RECOMMENDACION 16

Debe ser seleccionado un sub conjunto de la lista de especies de peces (conspicuos como nuevos reclutas, y que se asienten en los periodos del año en que el monitoreo ocurre), y monitoreada para determinar la incidencia de reclutamiento. Este sub conjunto debe ser monitoreado en una manera estandar, utilizando transectos de 1m de ancho en todos los Sitios de la región.

RECOMENDACION 17

Deben ser colocadas en sitios seleccionados (categoría 1) y de manera permanente trampas de sedimentación (tubos), y muestreadas mensualmente para proveer un registro de sedimentación, y de niveles de distribución de alimentos y propágulos planctónicos. Los sedimentos colectados pueden ser divididos en terrígenos y derivados del arrecife, suministrando información acerca de la magnitud del impacto de la costa. En todos los Sitios arrecifales costeros, deben ser realizadas lecturas horizontales del disco Secchi en cada visita, siguiendo los métodos propuestos por CARICOMP, para obtener un índice del grado de turbidez.

RECOMENDACION 18

En todos los sitios coralinos, la magnitud de crecimiento algal será cuantificada por medio de un método apropiado, y como medida directa del nivel de nutrientes. Métodos posibles incluyen: a) crecimiento en dos semanas sobre baldosas esmaltadas y protegidas de forrajeo por parte de herbívoros, y b) estimación de la abundancia de algas filamentosas (turf algae) utilizando los procedimientos del protocolo AGRRA.

1.6 Monitoreo de praderas marinas y Sitios de manglar

Debido a que el monitoreo de hábitat de manglar y praderas marinas está menos desarrollado que el de arrecifes coralinos, recomendamos que inicialmente este monitoreo siga los lineamientos de CARICOMP. Este es el único programa empleado en la región que hace un esfuerzo sustantivo para monitorear estos hábitat. Sugerimos, sin embargo, que los procedimientos CARICOMP deben ser reforzados por un esfuerzo coordinado para la colecta de datos por medio de sensores remotos que permita determinar extensión, y la densidad de plantas en estos hábitat. Estos datos colectados remotamente, deben ser colectados regularmente, posiblemente cada 3 años. Una vez más, debe existir una prevención en el PMS para proveer de monitoreo remoto adicional en caso de perturbaciones mayores, tales como huracanes. Finalmente sugerimos un arreglo estructurado deliberado que permita la formación de un “grupo de trabajo de praderas marinas” y un “grupo de trabajo de manglares” dentro del PMS, que estén encargados de desarrollar mejoras y nuevos métodos de monitoreo para estos hábitat.

RECOMENDACION 19

Deben ser empleados en todos los Sitios de manglar y praderas marinas, los componentes del programa CARICOMP que miden biomasa en pie, estructuras de talla y edad, y producción.

RECOMENDACION 20

Deben ser obtenidos datos por sensores remotos al inicio del PMS, de manera que permitan la determinación de la extensión espacial y la densidad de los Sitios de manglares y praderas marinas. Este muestreo remoto debe ser repetido por lo menos una vez cada 3 años, y deben existir prevenciones para permitir un rápido re-muestreo después de alguna perturbación mayor (por ejemplo huracanes). El que este monitoreo remoto sea realizado por medio de reconocimiento aéreo o satélites es dependiente de un análisis de costo-beneficio, así como la decisión de usar estos

métodos solo para manglares y praderas marinas, o como parte de un programa para actualizar las distribuciones de hábitat a nivel regional.

RECOMENDACION 21

Como parte de la comunicación continuada entre los equipos de monitoreo que será esencial en el éxito del PMS, será deseable el identificar las Localidades en las cuales tanto manglares como praderas marinas son particularmente abundantes, y formar un sub-comité encargado de encontrar maneras de aumentar la efectividad del monitoreo de estos sistemas.

1.7 Colaboración investigativa

Nuestras dos recomendaciones finales reconocen la necesidad de desarrollar y evaluar la metodología durante la duración del PMS. Reconocemos una necesidad inmediata de mejorar nuestra capacidad para monitorear la calidad del agua en la región, y abogamos el uso de bio-indicadores para esto. Recomendamos fuertemente la provisión de fondos o becas para permitir la investigación en estos temas por parte de la comunidad académica y de investigación de la región. También recomendamos el establecimiento de mecanismos que provean la colaboración a largo plazo entre el personal que implemente el PMS y la comunidad académica y de investigación, como manera de asegurar que el PMS crezca y se adapte según las demandas futuras.

RECOMENDACION 22

Coincidiendo con el inicio del PMS, deberían ser provistos fondos del SAM/MBRS para un pequeño programa competitivo de becas, , enfocado a apoyar a miembros de la comunidad académica local en la investigación de métodos potenciales de bio-monitoreo, que provean indicadores para aspectos de calidad del agua tales como residuos de pesticidas, metales pesados, nutrientes, etc., en los que se utilicen especies nativas de la región y de fácil disponibilidad, y que puedan ser usadas como parte del PMS.

RECOMENDACION 23

El PMS debe ser estructurado de manera que promueva la colaboración entre los equipos de monitoreo y la comunidad académica. Esta colaboración facilitará el desarrollo, evaluación y calibración de las metodologías que serán esenciales para la persistencia del PMS.

Este reporte concluye con una lista de referencias citadas, y algunos apéndices acerca de las necesidades de equipos para el PMS, y detalles de las metodologías usadas por cada protocolo de monitoreo discutido.

Tabla de Contenidos

Resumen Ejecutivo	2
1.1 Procedimientos existentes.....	2
1.2 Necesidad de continuar un enfoque ampliamente participatorio en el desarrollo del PMS	2
1.3 Selección de localidades y sitios de monitoreo.....	3
1.4 Constitución, frecuencia y replicación de las medidas	4
1.5 Métodos para el uso en los Sitios de Arrecifes Coralinos	6
1.6 Monitoreo de praderas marinas y Sitios de manglar.....	8
1.7 Colaboración investigativa.....	9
Tabla de Contenidos	10
2 Introducción.....	13
3 Criterios para el diseño del Programa de Monitoreo Sinóptico.....	13
3.1 Propósito del Programa de Monitoreo Sinóptico.....	13
3.2 Requerimientos del Diseño	14
3.3 Flexibilidad e Inclusión.....	14
3.4 La necesidad de Consenso y Compromiso en el PMS.....	15
4 Metodología de monitoreo.....	16
4.1 Comparación de protocolos existentes.....	16
4.1.1 Abundancia de biota sesil	17
4.1.2 Otros atributos de biota sesil.....	22
4.1.3 Biota móvil diversa a peces	22
4.1.4 Muestreo de peces.....	22
4.1.5 Localización y repetición.....	27
4.2 Atributos de arrecifes coralinos no incluidos en protocolos existentes	27

4.3	Monitoreo de sistemas de manglar y pastos marinos.....	30
5	Diseño propuesto para el PMS	31
5.1	Introducción	31
5.2	Distribución de Localidades de monitoreo para el PMS	31
5.3	Selección de sitios de monitoreo dentro de localidades.....	34
5.4	Adopción del regimen de monitoereo a ser aplicado en cada sitio.....	35
5.4.1	El horario de monitoreo	36
5.4.2	Repetición dentro de Sitios.....	37
5.4.3	Transectos fijos, aleatorios o al azar.....	38
5.4.4	Otros muestreos a ser hechos en cada Sitio.....	39
5.5	Atributos a ser monitoreados	40
5.5.1	Sitios de Arrecifes Coralinos.....	40
5.5.2	Monitoreo de Sitios en pastos marinos y manglares	44
5.5.3	Desarrollo de nuevas metodologías.....	46
6	Referencias	47
7	Apéndices	49
7.1	Apéndice uno: Equipo y suplementos necesitados para el Programa de Monitoreo Sinóptico.....	49
7.2	Apéndice dos: Programas de monitoreo que se están llevando a cabo en la región mesoamericana.	49
7.2.1	CARICOMP	49
7.2.2	CPACC	50
7.2.3	Monitoreo de calidad de aguas	50
7.2.4	Datos ambientales de línea	50
7.2.5	Muestreos AGRRA.....	50
7.3	Apéndice Tres: Protocolos usados en el monitoreo de arrecifes coralinos.....	51

7.3.1	AGRRA	51
7.3.2	CARICOMP	51
7.3.3	CONANP	51
7.3.4	CPACC	51
7.3.5	GCRMN.....	51
7.3.6	REEF.....	51
7.3.7	Reef Check.....	51
7.3.8	AIMS (no usado en el Caribe).....	51

2 Introducción

Este reporte hace recomendaciones para la implementación de un Programa de Monitoreo Sinóptico (PMS) en el proyecto SAM / MBRS. Este PMS generará una base de datos a nivel regional conteniendo información concerniente a la condición de los ambientes que componen el Sistema Arrecifal Mesoamericano en las aguas costeras de México, Belice, Guatemala y Honduras. Los datos generados serán almacenados en una base de datos geo-referenciada que será una parte central del Sistema de Información Regional, que también será desarrollado bajo el proyecto SAM / MBRS. Anticipamos que esta base de datos geo-referenciada incluirá un amplio rango de datos físicos, ecológicos, climáticos, socio-económicos y otros, este reporte contiene recomendaciones para el monitoreo ecológico desarrollado dentro del PMS. Otros consultores están haciendo recomendaciones concernientes al monitoreo de contaminantes y la colección de datos socio-económicos.

Los ecosistemas asociados a arrecifes coralinos en la región incluyen manglares, praderas marinas, lagunas costeras, estuarios y otros humedales costeros que podrían impactar el estado de condición de los arrecifes. Este reporte considera la colección de información relevante a la estructura y dinámica de las comunidades, las relaciones entre los ecosistemas y los factores que influyen esta dinámica y ayudan a determinar su condición. El objetivo de este reporte es el facilitar el diseño de un componente ecológico del PMS, el cual, una vez implementado, proveerá al personal tomador de decisiones con un entendimiento claro del estado del SAM y y las tendencias en su condición a través del tiempo. Nuestra meta es hacer recomendaciones que ayudarán a definir las prioridades para el monitoreo de varios ecosistemas, i.e. arrecifes coralinos, manglares, praderas marinas y otros humedales costeros en la región.

3 Criterios para el diseño del Programa de Monitoreo Sinóptico

3.1 Propósito del Programa de Monitoreo Sinóptico

El PMS se convertirá en una de las bases del proyecto SAM / MBRS. Este será un programa de monitoreo coordinado a nivel regional y a largo plazo para monitoreo ambiental, y debe producir una base de datos de valor considerable que será mantenida y aumentada por medio de monitoreos continuos después de la finalización del proyecto SAM / MBRS. El PMS tendrá tres posibles funciones, las cuales podrán ser de importancia en el SAM. Estas son:

- Producir una base de datos ambientales que será usada para informar y apoyar decisiones de manejo en la región. Esto ayudará a los administradores locales, y las agencias de manejo nacionales, mientras que fomentará una perspectiva regional en el manejo ambiental.

- Producir una base de datos ambiental que provea una medida de la “salud” a nivel de un amplio espectro regional de los ecosistemas marino-costeros, particularmente arrecifes coralinos, praderas marinas, y manglares. La atención de los manejadores debe enfocarse en la necesidad de una perspectiva regional, e informar a las cuatro naciones en cuanto al éxito en mantener estos recursos ambientales críticamente valiosos, ínter-relacionados y compartidos.
- Proveer a individuos y grupos la oportunidad para desarrollar actividades de monitoreo, y/o tener acceso a los datos de monitoreo, lo que resultará en un aumento en el interés de los asuntos ambientales en los ecosistemas marino-costeros de la región.

3.2 Requerimientos del Diseño

Estas tres posibles funciones imponen requerimientos específicos sobre el diseño del PMS. La primera requiere datos que sean confiables, precisos y repetidos adecuadamente tanto en espacio como a través del tiempo. Estos datos deben ser colectados en Localidades geográficas que sean relevantes a las decisiones de manejo: Localidades bajo manejo activo, Localidades “corriente arriba” donde es probable que ocurran eventos o procesos que afectaran decisiones de manejo en algún otro lugar, y Localidades control que no estén siendo manejadas activamente y que no sea probable que tengan impactos negativos sobre sitios localizados “corriente abajo”. Estos tipos de Localidades deben ser incluidas en el programa de monitoreo para que este sea efectivo.

La segunda, también requiere que los datos sean confiables, precisos y repetidos adecuadamente tanto en espacio como en tiempo. Además estos datos deben ser colectados en localidades que sean representativas de la región SAM. Esto necesita que los sitios estén bien distribuidos con respecto a los ecosistemas (arrecifes de coral, pastos marinos, manglares, estuarios), a localidades geográficas, y al nivel de manejo, incluyendo sitios con y sin manejo activo.

La tercera, requiere únicamente datos que son de fácil colección, incluso por grupos de voluntarios, en un gran número de localidades, sin embargo los datos no requieren un alto grado de confiabilidad o precisión. Los métodos deben ser de bajo costo y fáciles de aprender. Los sitios deben ser representativos de los hábitat de la región pero pueden estar inclinados en términos de accesibilidad o hábitat (i.e. enfocados en arrecifes).

3.3 Flexibilidad e Inclusión

El diseño del PMS se beneficiará si dos factores adicionales son tomados en consideración. Primero, no es necesario o apropiado que un solo programa de monitoreo sea aplicado de una manera sólida e inflexible en todos los sitios de monitoreo. Notando esta posibilidad de flexibilidad, sin embargo, debemos recordar que es esencial que los métodos usados para colectar datos específicos en sitios particulares deben ser conocidos y, de ser posible, mantenidos constantes a lo largo del tiempo. De todos modos, alguna flexibilidad es posible, hasta el hecho que las actividades de monitoreo simples establecidas primariamente para servir a la función 3) pueden ser usadas como un sistema

de alarma primaria, usado para movilizar monitoreos más intensivos, costosos y técnicamente demandantes a “lugares con problemas”.

Segundo, el diseño del PMS debe buscar la manera de integrar activamente a los programas de monitoreo existentes en la región, por medio de co-localización en sitios CARICOMP, CPACC y de otros monitoreos existentes, y al incitar a la inclusión de los datos generados por estos otros programas en la base de datos ecológica regional. Como lo han indicado funcionarios del PCU, el valor de la base de datos ambiental disminuirá si el PMS es establecido sin tomar ventaja de los programas de monitoreo existentes, de la misma manera la aceptación del PMS será comprometida si no abraza las actividades de monitoreo que en la actualidad se realizan. **En general, en las regiones de arrecifes coralinos a nivel global, ha habido un desperdicio substancial de recursos y esfuerzos en el establecimiento de programas de monitoreo que funcionan por 2-3 años y luego mueren cuando el interés en ellos decae, el financiamiento se agota, o nuevos métodos de monitoreo o iniciativas capturan atención.** Mientras que nos negamos a predecir la muerte de los programas de monitoreo existentes en la actualidad, son desaprovechados datos valiosos si cada programa de monitoreo nuevo es establecido como si no hubiera datos o programas pre-existentes.

3.4 La necesidad de Consenso y Compromiso en el PMS

Como fue mencionado en nuestro primer reporte, estamos preocupados acerca de la exitosa implementación del PMS, y el sostenimiento de dicho programa a través del tiempo. A pesar de la existencia de varios programas de monitoreo en la región en el pasado, y la amplia experiencia con programas de monitoreo por parte de muchos de los individuos de la comunidad administradora, hay una necesidad substancial de aumentar la capacidad de a) diseñar e implementar, y b) entender el valor de un programa de monitoreo efectivo. Las deficiencias actuales son:

- falla por parte de muchos individuos que realizan monitoreos a pensar local en vez de regionalmente,
- la falta de entendimiento de los principios de muestreo ambiental, o la necesidad de mantener los procedimientos de muestreo constantes y que sean cuidadosa y rigurosamente correlacionados, tanto en tiempo como espacio, y
- falla por parte de la mayoría de las agencias y gobiernos que sostienen las actividades de monitoreo a valorar el proceso, o el producto, suficientemente para asegurar su sostenimiento y que los datos sean usados y diseminados.

EL éxito del PMS depende de 4 cosas: un propósito claro y unánime para el PMS, un adecuado cubrimiento de la región del SAM, métodos de monitoreo adecuados, y que la comunidad de usuarios adopte el programa con optimismo. Para lograr esta adopción, el desarrollo del PMS debe continuar por medio del proceso abierto y participativo que el PCU ha iniciado, mientras se asegura que tanto la metodología adecuada como la distribución de los sitios sean implementadas.

RECOMENDACION 1

Proponemos que el proceso participatorio e inclusivo que se ha seguido hasta ahora continúe por medio de uno o más talleres, que incluyan individuos clave, para finalizar el diseño del PMS. Estos talleres deben especificar los propósitos del PMS, confirmar las metodologías a ser usadas, establecer los mecanismos de revisión y crecimiento del PMS, y los mecanismos para asegurar que los datos sean almacenados en la base de datos regional, y que estén a disposición para ser usados. Simultáneamente tendrán un rol educativo, asegurando que los participantes del PMS tengan la necesidad de entendimiento y compromiso.

4 Metodología de monitoreo

4.1 Comparación de protocolos existentes

Rogers *et al.* (1994) provee una amplia revisión de los objetivos, diseño, y metodologías de programas de monitoreo para arrecifes coralinos. Este reporte se enfoca en los programas y necesidades específicas de la región del SAM, nosotros recomendamos el manual más general como referencia complementaria. Un gran número de protocolos de monitoreo han sido desarrollados para ambientes de arrecifes coralinos, mientras que menor atención ha sido prestada a monitorear condiciones en praderas marinas y manglares. El primer programa de monitoreo de arrecifes coralino extensivo y sostenible (AIMS, Programa del Arrecife de la Gran Barrera) fue iniciado para cuantificar la abundancia de *Acanthaster planci* (estrella de la corona de espinas), y la cuantificación del daño ocasionado por los aumentos en la densidad de este predador. Estos objetivos ayudaron a definir las mediciones a realizar, y los procedimientos usados para tomarlas. Un programa de monitoreo concebido sin objetivos claros carecerá de un centro de atención, y los datos obtenidos no serán valorados, incluso por los individuos que los coleccionan. Los objetivos, sin embargo, no son universales, objetivos específicos demandan mediciones particulares, y de esta manera, un protocolo particular.

Un acercamiento efectivo para el desarrollo del PMS sería el de definir objetivos específicos, y usar estos para determinar que debe ser medido. Pueden ser desarrollados posteriormente procedimientos para obtener estas mediciones. Este enfoque construiría un protocolo para el PMS que sería claramente dirigido por los objetivos del programa.

Recomendamos que los objetivos del PMS deben definir lo que debe ser medido, sin embargo parece poco inteligente el desarrollar un nuevo conjunto de métodos totalmente nuevos específicos para el PMS. Preferimos un enfoque alternativo que reconozca que varios protocolos existen en la actualidad, y que varios individuos en la región tienen experiencia con uno o más de ellos. Una sensata selección de los métodos existentes construirá un protocolo que satisfaga los objetivos del PMS, mientras se aventaja de la reserva de familiaridad existente con los procedimientos de monitoreo.

En adoptar este enfoque, debemos tomar precauciones. Mucho esfuerzo puede ser gastado en debatir los métodos relativos de los protocolos existentes, especialmente si el centro de este debate no está informado sobre los objetivos del PMS, y está restringido a

los atributos que ellos miden, en vez de los atributos que son ignorados, también creemos que es más importante el estar de acuerdo en los atributos que en los métodos usados para medirlos. Sin embargo, antes de escoger entre los protocolos alternativos, debemos entender los protocolos existentes, y los atributos que ellos miden.

Los protocolos para arrecifes coralinos se centran en organismos sesiles y bentónicos, principalmente corales, el centro de esfuerzo se deriva en cuantificaciones de abundancia de un grupo funcional o taxon específico. Las estimaciones de abundancia son usualmente porcentajes de cobertura. Algunos protocolos colectan datos de abundancia de peces, usualmente especies preseleccionadas, y ocasionalmente otros organismos móviles (caracol, langosta, estrellas de mar, erizos). En años recientes, han sido realizadas modificaciones a los protocolos para incluir información acerca del predominio de enfermedades y blanqueamiento.

Cualquier monitoreo sobre la dinámica de poblaciones ha estado notablemente ausente de los protocolos de arrecifes coralinos, aunque el protocolo CARICOMP monitorea la producción primaria en hábitat de praderas marinas y manglares. El monitoreo de la calidad del agua, o más en particular, de los impactos de nutrientes o contaminantes, no ha sido común.

En esta sección, proporcionamos una comparación detallada de los principales protocolos de monitoreo de arrecifes coralinos que han sido usados en el Caribe, incluyendo el protocolo propuesto recientemente por CONANP. También incluimos el protocolo del AIMS. Un resumen de los rasgos de estos protocolos está en Tablas 1-3 y descripciones detalladas están en el Apéndice Dos. Nuestra intención es la de proporcionar la información necesaria para lograr una decisión informada entre protocolos, o, si un acuerdo general no es posible, la información necesaria para una validación entre metodologías que compiten. Enfocamos al principio los atributos de la comunidad biótica que son mejor muestreados por medio de transectos o cuadrantes. Después nos ocupamos de otros atributos que deberían ser incluidos, pero que requerirán de procedimientos alternativos de muestreo. La sección finaliza con una mirada a la limitada información sobre métodos para el monitoreo de pastos marinos y manglares.

4.1.1 Abundancia de biota sesil

Los protocolos de GCRMN y AIMS comienzan su monitoreo de la biota sesil con un remolque de manta (manta tow) alrededor del perímetro del arrecife para proporcionar una visión amplia y espacialmente completa de todo el sistema arrecifal. Este es un enfoque valioso que quizás debería ser usado más extensamente. Un estudio más amplio del arrecife será probablemente más capaz de descubrir los impactos severos pero localizados que tienen una baja probabilidad de caer dentro de un sitio de muestreo específico, o un transecto dentro del arrecife. Pretenciosamente, un estudio amplio del arrecife también podría descubrir tempranamente problemas epidémicos (p.ej. enfermedades de coral, daños ocasionados por tormentas, los brotes de especies nativas o introducidas) y permitirá un mejor monitoreo de sus efectos y dispersión antes de que estos se hagan omnipresentes.

Más allá del remolque de manta, los métodos de monitoreo con resolución más alta para biota sesil difieren entre protocolos, aunque todos cuantifican la abundancia como porcentaje de cobertura (Tabla 1). Mientras la técnica de transecto de punto-intercepto es un método de estudio béntico extensamente usado en la ecología de arrecifes coralinos, sólo Reef Check utiliza este enfoque actualmente, aunque CPACC usa un enfoque relacionado en el análisis de los datos de vídeo de transectos de cinta. AGRRA, CARICOMP y GCRMN utilizan el transecto de línea-intercepto, en el que el porcentaje de cobertura es registrado a lo largo de una línea en vez de por categorías de sustrato bajo puntos específicos (AGRRA cuantifica sólo el coral vivo utilizando este método, y no discrimina entre las especies). Datos de línea-intercepto pueden proporcionar información útil sobre el tamaño y distribución de parches de microhábitats particulares, además de su abundancia total. El protocolo CARICOMP no solo registra el porcentaje de cobertura, sino además la secuencia de sustratos.

Parece haber una ventaja en los enfoques de línea-intercepto de CARICOMP Y GCRMN. Ellos proporcionan una imagen más comprensiva de la estructura de hábitat a lo largo del transecto y tienen una probabilidad más alta de detectar especies raras (aunque una resolución taxonómica limitada puede negar esta ventaja). Sin embargo, Segal y Castro (2001) demuestran que ambos enfoques, punto y línea-intercepto, pueden obtener datos de composición de comunidad comparables, siempre y cuando el primero utilice un número suficiente de puntos. Ambos métodos pueden detectar sustratos con menos de 2% de cobertura. Además, transectos de línea -intercepto implican una mayor subjetividad y/o error en la estimación de la cobertura proporcional a lo largo de la línea, y llevan mucho más tiempo por transecto muestreado. Aunque el nivel de repetición (el número de transectos) especificado por Reef Check para transectos de punto intercepto ($n = 4$ por sitio) es en realidad menos que el usado para los enfoques de línea-intercepto AGRRA ($n = 6$ o más por sitio) y CARICOMP ($n = 5$ por sub-área), existe el potencial para muestrear muchos más transectos sólo recolectando datos de puntos. (Las decisiones sobre el nivel de replicación son importantes y complejas. Y son consideradas en la sección 5.4.2.)

A condición de que la resolución de imagen sea suficientemente alta, técnicas de video-transecto como las usadas por CPACC y AIMS son ventajosas en cuanto a su capacidad de recolectar muchos más datos por unidad de tiempo de buceo y almacenar las imágenes permanentemente para ser re-analizadas subsiguientemente. Desde luego, los métodos de video-transectos también incurren en gastos muchos más altos que están asociados con el equipo y las habilidades, y mucho del tiempo de campo ahorrado es gastado en el laboratorio extrayendo datos de las imágenes. Actualmente, no hay ninguna evaluación de las ventajas y desventajas relativas de las varias metodologías en términos de rasgos estadísticos, como la precisión y la resolución del poder, y por lo tanto su capacidad de describir los patrones y monitorear cambios (Segal y Castro (2001) no incluyeron transectos de vídeo). Sin embargo, imágenes de transectos de vídeo de CPACC o AIMS existentes podrían ser usadas para simular los enfoques de punto y línea-intercepto sobre el mismo transecto y comparar estos métodos entre ellos y los métodos de vídeo. Esto podría ayudar a sugerir el mejor método, o por lo menos el grado al que los datos recolectados por diferentes métodos pueden ser comparados e integrados.

Métodos que emplean cuadrantes también son comunes en la ecología béntica, pero no son prevalentes en los protocolos de monitoreo en uso en el Caribe. GCRMN anima el establecimiento de cuadrantes permanentes como un suplemento al programa primario de muestreo por transecto, pero proporciona poca información específica en cuanto a métodos para su monitoreo. AGRRA usa cuadrantes colocados sistemáticamente a lo largo de sus transectos para recolectar datos de algas específicas. Como estos cuadrantes son colocados sistemáticamente en áreas en gran parte sin corales vivos, ellos proporcionan una medida de la cobertura proporcional de varias algas, arena y pavimento *en sitios donde no hay corales vivos*. Estos datos no serán comparables con datos sobre la cobertura de biota o substrato que sean recolectados utilizando los métodos de punto-intercepto (Reef Check, CPAAC) o línea-intercepto (GCRMN, CARICOMP).

En contraste con otros protocolos, el protocolo propuesto por CONANP usa cuadrantes de 1m², subdivididos por una rejilla de mono filamento con espacios de 10cm, como el método primario de monitoreo béntico. Estos son colocados consecutivamente para formar transectos de cinta (20x12m). El porcentaje de cobertura de especies de coral vivo y de algas es registrado, pero el método para la estimación de la cobertura (punto-intercepto o la valoración subjetiva para cada cuadrante, o para el cuadrante completo) no es especificado. Las estimaciones de porcentaje de cobertura de este protocolo podrían ser comparadas con las derivadas por otros protocolos que usan punto-intercepto, línea-intercepto y métodos de vídeo. Sin embargo, la carencia de detalle metodológico en la descripción del protocolo CONANP hace imposible evaluar su precisión relativa o exactitud.

Tabla 1. Métodos de monitoreo para el bentos en arrecifes coralinos.

Programa	Método	Profundidad	Repeticiones	Notas
AGRRA	Transectos de línea (10m) puesto al azar Medidas individuales de colonias vivas Cuadrantes de 25x25cm para cobertura algal	1-5m + 8-15m (=Sitios)	≥ 6 transectos/sitio todas las colonias tocando el transecto y con diámetro >10 cm (mínimo 50/sitio) 5/transectos (mínimo 30/sitio)	% total de cobertura debajo de la línea, utilizando el método de línea-intercepto. Diámetro de la colonia. % “muerta recientemente” & “muerta por periodo largo”. notas acerca de enfermedad y blanqueamiento. # de Pomacentridos territoriales. se enfoca en parches con algas abundantes. % cobertura de tipos específicos de algas. Altura del dosel de macroalgas.
CARICOMP	Transectos de línea permanentes (10m) (puestos a primera vista al azar)	10 ± 3m	5/sub área (=sitio)	% cobertura de tipo de substrato, utilizando método de línea-intercepto. Nivel de resolución si posible es Genero o especie Rugosidad usando método de cadena.
Protocolo CONANP	Cuadrantes (1m ²) continuos a lo largo de un transecto de cinta de 20 m (colocados aleatoriamente) Cuadrantes de 0.25 m ² dentro de la franja cinturón(cinta)	No definido?	No definido? No definido?	Cuadrantes de 1 m ² subdivididos por una rejilla de 10x10cm para monitorear % de cobertura de bentos sesiles. reclutamiento de corales escleractineos
CPACC	Transectos de video 20m x40 cm 40cm alazar	Varia con tipo de arrecife	20 por sitio	% cobertura de tipos de substrato, utilizando 10 puntos (aleatorios) aplicados a tomas independientes (vea Rogers y Miller 2001). Método alternativo es punto-intercepto (numero de puntos?).

Tabla 1. continuada.

Programa	Método	Profundidad	Replicas	Notas
GCRMN	remolque de manta	Buzo en apnea remolcado sobre el talud Arrecifal	remolques $\geq 9 \times 2$ min., dependiendo del tamaño del arrecife	Vista amplia de % cobertura de coral vivo/muerto/blando, daños, etc.
	20m Transectos lineares al azar	3-6m + 10m (si posible)	5 por zona de profundidad por sitio	añotar 'formas de vida' o spp. utilizando método de punto- intercepto
	cuadrantes permanentes de 1m^2	3-5m	no especificado	Cobertura béntica por método de fotografía o marcado en tabla. Placas de reclutamiento pueden ser puestas cerca de los cuadrantes.
REF.				bentos no estudiado.
Reef Check	transectos lineares aleatorios de 20m	3m + 10m	4 por zona de profundidad	sigue estudio de peces. % cobertura utilizando método de punto interceptado, muestrear en intervalos de 0.5m. Utiliza categorías de substrato(i.e. no formas, géneros, especies, etc.)
AIMS	Video-transectos de 50m x 25cm	6-9m	5 por sitio	% cobertura de coral duro, coral suave y algas estimado de 200 puntos por transecto de video. corales duros identificado a mayor resolución taxonómica posible.

4.1.2 Otros atributos de biota sesil

Varios protocolos recolectan información adicional a la cobertura de especies sesiles. AGRRA recolecta datos estructurales para todas las colonias de coral duros vivas con diámetros mayores a 10cm localizadas en y bajo la línea del transecto. La especie, el diámetro, la altura, y el porcentaje de cobertura de las colonias vivas, recientemente muertas, y "muertas por largos periodos" son registrados. La presencia de enfermedades también es registrada para cada colonia. El protocolo de CONANP identifica la especie, las mediciones de tamaño (altura y diámetro de la colonia), el porcentaje muerto recientemente y "muerto por periodos largos," la presencia de enfermedades y blanqueamiento como variables importantes para monitorear para cada colonia de coral. Esta será información útil sobre la estructura de poblaciones coralinas y la composición de las comunidades que actualmente solo AGRRA trata. Sin embargo, el protocolo CONANP no describe como deben ser recolectados estos datos.

4.1.3 Biota móvil diversa a peces

Los diversos protocolos manejan la colección de datos sobre invertebrados móviles de muchas maneras (Tabla 2). En su mayoría estos son ignorados, o simplemente incluidos cuando se estima la cobertura de taxones sesiles (esto es un problema potencial si los invertebrados móviles son suficientemente abundantes como para obscurecer la biota sesil de manera que esta sea subestimada). Hay variación considerable en la práctica, si no entre protocolos, concerniendo la forma en que tales datos son registrados.

Ciertos taxones específicos son contados en todos los protocolos excepto GCRMN Y REEF(aunque existe un protocolo de buzo errante (RDT) para invertebrados que esta siendo probado por la organización REEF en el Pacífico Noroeste de los EE.UU.). Los protocolos AGRRA y CARICOMP especifican un conteo para *Diadema* dentro de un transecto de cinturón de 1m sobrepuesto sobre cada transecto lineal, pero no registran ninguno otro invertebrado. El ancho del transecto es estimado usando una barra T de 1m. AGRRA también registra el número de individuos territoriales del genero *Stegastes* spp. (damiselas) asociados con cada colonia de coral muestreada, como una manera de estimar el nivel de actividad de herbívoros en los alrededores de cada colonia. El protocolo CPACC incluye un conteo de todas las especies de erizos hechos sobre cada transecto, independiente de los transectos de vídeo. El protocolo CONANP incluye la densidad y el tamaño de caracol (*Strombus gigas*) y la densidad de erizos *Diadema* entre las categorías para ser registradas en los cuadrantes. El protocolo de AIMS registra la abundancia de *Acanthaster* durante los remolques de manta.

4.1.4 Muestreo de peces

Los protocolos de CARICOMP y CPACC no incluyen el muestreo de peces, mientras que los demás protocolos toman en consideración la abundancia de especies de peces. Los protocolos de AGRRA, Reef Check y AIMS definen las especies para ser incluidas en los estudios submarinos de peces, mientras que los protocolos de GCRMN y REEF incluyen a todas la especies de peces arrecifales. A excepción del protocolo empleado

Tabla 2. Métodos de monitoreo para invertebrados móviles de arrecife

Programa	Método	Profundidad	Replicas	Especies	Notas
AGRRA	transectos de cinturón de 10x1m	1-5m + 8-15m (=Sitios)	≥ 6 por sitio	<i>Diadema</i>	Nadado sobre cortes transversales de bentos con dispositivos de anchura.
CARICOMP	transectos permanentes de 10x1m	10 ± 3m	5 por sub área	<i>Diadema</i>	Nadado sobre cortes transversales de bentos con dispositivos de anchura.
protocolo CONANP	cuadrantes de 1 m ² a través de un transecto de 20 m (al azar?)	no definido?	no definido?	Erizos y caracol	Especies incluidas en muestreos béticos.
CPACC	transectos aleatorios de 20x1m	Varia con tipo de arrecife	20	Erizos	Nadado sobre transectos béticos (pero no hecho por video).
GCRMN					No muestreado.
REF.					Muestreo de invertebrados basado en la técnica de buzo errantede peces implementada en el Pacífico Noroeste, pero todavía no en los trópicos.
Reef Check	transectos de 20x5m	3m + 10m	4 por profundidad	Variedad de crustaceos, moluscos, equinodermos	Sigue los muestreos de peces en los mismos transectos.
AIMS	remolque de manta	Buzo en apnea en la superficie sobre en arrecife frontal	En intervalos de 2 min cuando sean necesarios para cubrir el perímetro arrecifal	<i>Acanthaster planci</i>	Registrar numero y clase de tamaños de lo observado.

Tabla 3. Métodos de monitoreo para peces de arrecifes coralinos.

Programa	Método	Profundidad	Replicas	Especies	Notas
AGRRA	transectos de 30x2m (con barra-T de 1m para ayudar estimar anchura)	1-5m + 8-15m (=Sitios)	Profundidad ≥ 10 (=sitio)	familias visibles grandes	Conteo solo de especies seleccionados
	(RDT) técnica del buzo errante		1/buceo	Todas especies	Hecha después de transectos. Basado en REEF, pero tiempo especificado (30-60 min).
CARICOMP					Peces no censados.
protocolo CONANP	Censos de punto Bohnsack con diámetro de 5m, o censo libre de 10 min	No definido	1	Todas especies	Censo de punto o censo libre hecho inicialmente para recopilar lista de especies a usar en transectos.
	transectos de 50x2 m	No definido	No definido	Lista definida.	Conteo de especies específicas.
CPACC					Peces no censados.
GCRMN	transectos al azar de 50x5m	3-6m + 10m (si posible)	3 por profundidad	Todas especies	Conteo de todas las especies.
REFF.	RDT (buzo errante)	Cualquiera, pero en el sitio definido por lancha.	1 por buceo	Todas especies	Restringido a radio de 100m. Construye lista de especies, da estimación cruda de abundancia.
Ref.. Check	transectos al azar de 20x5m	3m + 10m	4 por profundidad	Especies grandes visible	Conteo de especies seleccionados.
AIMS	transectos de 50x5m & 50x1m	6-9m	5 por sitio	Especies tallas mayores + pomacentridos	Conteo especificado: especies grandes en transectos de 5m, peces damiselas en transectos de 1m.

por REEF, los demás usan transectos de cinturón sobre los que la abundancia es cuantificada, aunque AGRRA combine el empleo de transectos con el empleo de "REEF's Roving Diver Technique" (técnica del buzo errante, (RDT))" para construir una lista de especies. Entre protocolos, los transectos difieren en dimensiones, número, y su colocación en relación con los muestreos bénticos. El protocolo AGRRA aboga soltar la línea del transecto detrás del buceador para minimizar la perturbación previa de los peces, y estima la anchura del transecto utilizando una barra T de 1m. Otros protocolos estiman visualmente el ancho del transecto, método que es menos exacto especialmente cuando peces raros son avistados (Tabla 3).

El protocolo CONANP recomienda el uso inicial de un censo de punto utilizando un "punto" de diámetro de 5m (Bohnsack y Bannerot, 1986), o un periodo de nadado de 10 minutos para recopilar una lista de todas las especies presentes en el área. No es claro si esto debe de ser hecho una vez, o en cada ocasión de monitoreo, ni si las diferencias de listas de especies entre Localidades son una preocupación. Esta lista define las especies para ser contadas en transectos de cinturón de 50x2m.

Definiendo especies específicas a ser muestreadas, los protocolos AGRRA, Reef Check y AIMS han intentado mejorar la confiabilidad y la precisión de los datos recolectados. En cada caso, especies seleccionadas son lo suficientemente similares en tamaño y hábitos de modo que pueden ser buscadas simultáneamente. La inclusión de todas las especies no es necesariamente un problema en el caso de REEF porque su método de buzo errante permite al buceador cubrir áreas repetidamente dentro de un sitio utilizando una variedad de técnicas de búsqueda necesarias para localizar un taxon diferente. Por ejemplo, un buceador probablemente primero exploraría ampliamente y en lo más alto en la columna de agua para peces grandes y móviles, después reduciría la anchura y la altura de la búsqueda para centrarse en especies pequeñas y/o crípticas. GCRMN, por otra parte, usa transectos relativamente grandes (50x5m), los cuales son parcialmente sesgados contra especies crípticas y de tallas pequeñas (p.ej. Fowler, 1987; Bellwood y Alcalá, 1988; Ackerman y Bellwood, 2000). Una anchura de 2.5m en cada lado del buceador está fuera de la gama en que las especies pequeñas pueden ser detectadas. También, las estrategias de búsqueda para peces grandes y visibles (i.e. el foco delante y más alto en la columna de agua del buceador) son muy diferentes de las empleadas para peces pequeños y/o crípticos (el foco cerca y debajo del buceador). Esto disminuirá la probabilidad de localizar aquellos peces pequeños localizados a lo largo de la línea central del transecto. El protocolo CONANP tiene problemas similares, aunque la menor anchura de los transectos tienda a ser sesgada contra especies de talla mayor. Entre Localidades, las diferencias espaciales de la complejidad del arrecife conducirán a diferencias mucho mayores en la probabilidad de encontrar especies pequeñas que especies grandes, si se utilizan los transectos anchos de GCRMN. **Si deben ser incluidos taxones de un rango de tamaños y hábitos, los programas de monitoreo deberían seguir el ejemplo de AIMS y utilizar transectos de múltiples tamaños adaptados a grupos particulares de peces.**

Las especies focales definidas para AGRRA no son fácilmente muestreadas en transectos de 30x2m específicos para aquel protocolo, puesto que estas especies de peces son predominantemente de gran talla y activas. El tiempo de residencia dentro de los transectos es más grande para transectos más amplios como los usados por GCRMN, Reef Check y

AIMS, y esto debería resultar en menos errores, en particular con personal menos experimentado. El entrenamiento adecuado es muy importante cuando se realizan actividades de monitoreo de peces. Para el programa CONANP también se proponen transectos estrechos (50x2m). De todos modos los transectos estrechos usados por AGRRA y el programa CONANP tienen una ventaja grande sobre transectos más amplios: sus anchuras son estimadas con más exactitud, por lo cual los conteos son convertidos a densidad de peces de una manera más exacta. Aunque la longitud del transecto sea más de doble entre GCRMN/AIMS (50m) y Reef Check(20m), la longitud ha mostrado tener efectos mucho menores que la anchura del transecto en las estimaciones de densidad de peces más grandes (McCormick y Choat, 1987; Mapstone y Ayling, 1998).

Parece haber una preferencia inherente entre los investigadores de peces arrecifales para utilizar métodos de muestreo que usan áreas predefinidas (i.e. transectos de cinturón) más que los que no controlan estrictamente el área inspeccionada. Los primeros permiten cálculos de abundancia tales como densidad y biomasa se si mide la talla de los peces. Sin embargo, los datos obtenidos por buzos errantes probablemente son útiles para la documentación de la presencia de especies raras que son propensas a ser omitidas por programas de monitoreo por transecto. Por ejemplo, el primer informe del programa Reef Check sugiere que el mero Nassau *Epinephelus striatus* está ausente en 142 de los 162 arrecifes inspeccionados (el 88 %; Pennisi 2002). Sin embargo, los cuatro transectos de 20x5m empleados en un muestreo de Reef Check cubren sólo 400m² de arrecife. En contraste un muestreo empleando la técnica de buzos errantes con un radio de 100m cubriría aproximadamente 31,000 m² de arrecife, o más de 70 veces el área del transecto. Newman *et al.* (1997) realizaron censos de aproximadamente 4000m² sobre el área central de la Gran Barrera Arrecifal y encontraron que la densidad promedio de muchos meros de gran tamaño era mucho menor a 1 por censo. Esto daría una probabilidad alta de conteos con 0 individuos en muestreos que cubren sólo 400 m². Así, la probabilidad de descubrir una especie rara por el método RDT (REEF/AGRRA) sería mucho mayor que con los muestreos de Reef Check y daría una mejor imagen de extinciones a nivel local. De hecho, una extensión potencial de la metodología RDT REEF/AGRRA podría ser el reclutar guías de buceo locales para muestrear especies raras mientras conducen grupos de buzos. Debido a sus responsabilidades de liderazgo los guías de buceo no podrían muestrear todas las especies, pero informes regulares secundarios de especies raras serían un servicio simple y útil. El protocolo CONANP también usa técnicas libres de búsqueda para compilar sus listas de especies iniciales, pero el alcance de estas búsquedas (cilindro con diámetro de 5m o nadada de 10 minutos) es improbable de cubrir suficiente área como para localizar especies muy raras. Por lo tanto estos métodos no proveerán las mismas ventajas que el método RDT en documentar la presencia de especies raras.

Varios protocolos van más allá de estimaciones de abundancia para unas o todas las especies. El protocolo de REEF produce sólo las estimaciones crudas de abundancia relativa, pero construye una lista de especies comprensiva para cada Sitio y algunas estimaciones de distribución de tamaño (Schmitt y Sullivan, 1996). AGRRA recolecta las estimaciones de tamaño de peces así como el número, y usa el método RDT para construir una lista de especies. El protocolo CONANP recomienda la colección de datos sobre tamaño, estructura trófica y biomasa para especies claves o comercialmente importantes, pero los métodos para hacer esto no son identificados.

4.1.5 Localización y repetición

Los protocolos se diferencian en procedimientos para la colocación de unidades de ensayo (transectos o cuadrantes), y en el nivel de replicación dentro de sitios que ellos recomiendan. CARICOMP y el protocolo de AIMS usan transectos permanentes (colocados inicialmente al azar), AGRRA, GCRMN, y Reef Check usan transectos aleatorios y CPACC usa transectos ubicados al azar. CONANP no especifica el establecimiento de los transectos. Las repeticiones varían de 4 (Reef Check) a 20 (CPACC) transectos por sitio, y **todos los programas excepto CPACC probablemente no son adecuadamente repetidos para generar datos de abundancia con niveles de precisión razonables** (visto en la Sección 4.4.2).

Los estratos de profundidad usados según los varios protocolos Caribeños son generalmente comparables. AGRRA, GCRMN y Reef Check muestrean en profundidades bajas (1-6m). AGRRA, CARICOMP y Reef Check muestrean con regularidad aguas más profundas (8-15m), y GCRMN alienta a muestrear a 10m si es posible. Por lo tanto, datos de CARICOMP no cubren hábitat no profundos y GCRMN podría no cubrir hábitat en aguas más profundas. El método RDT empleado por REEF/AGRRA no especifica una profundidad, pero los datos de profundidades particulares podrían ser extraídos para facilitar comparaciones con otros métodos. El uso del método RDT en AGRRA está diseñado para ser realizado en los alrededores de un sitio de referencia en el cual se ancla la embarcación, entonces debería ser dentro del área en la cual los transectos de cinturón y de línea son establecidos. Las profundidades de CPACC varían entre una serie de tipos de arrecife definidos, de esta manera se obtiene superposición con las profundidades muestradas utilizando otros programas. El protocolo CONANP no especifica el monitorear profundidades. Como todas las metodologías son basadas en buceo autónomo (SCUBA), la profundidad máxima generalmente será restringida. Sin embargo, el hábitat Arrecifal caribeño es mucho más abundante en aguas más profundas que sistemas menos profundos como la Gran Barrera Coralina. Podrían existir poblaciones en aguas profundas en un refugio natural, lejos de perturbación y pesca, y podrían ser fuentes importantes de reaprovisionamiento para áreas menos profundas. Por lo tanto, el muestreo ocasional de hábitat arrecifal más profundo, quizás por métodos diferentes a SCUBA (p.ej. cámaras remotas para bentos, trampas para peces e invertebrados móviles), debería ser considerado para la inclusión futura como un componente adicional del PMS.

4.2 Atributos de arrecifes coralinos no incluidos en protocolos existentes

Los protocolos existentes para el monitoreo de arrecifes coralinos se enfocan en los patrones de abundancia de los varios componentes de la biota. Las estimaciones de la dinámica poblacional son notoriamente faltantes. Para realmente evaluar la salud de una comunidad ecológica, tiene que haber información sobre su éxito actual en el reaprovisionamiento de su biota. Entre protocolos existentes, AGRRA es el único que intenta acercarse a esto en términos de corales como una parte formal del protocolo. Con registrar los tamaños de colonias a lo largo de cada transecto, AGRRA obtiene datos sobre la distribución de tallas que podría ser usada para generar una demografía basada en tallas y los datos sobre los porcentajes de las colonias muertas reciente y por largos periodos podrían proporcionar datos demográficos adicionales. GCRMN sugiere la ubicación de baldosas para

reclutamiento en sitios de monitoreo para recolectar información sobre el reclutamiento de coral, pero esto no es hecho rutinariamente. El protocolo CONANP recomienda el uso de cuadrantes de 0.25m² para buscar corales juveniles, pero los procedimientos no son especificados. Ninguno de los programas existentes monitorea expresamente el reclutamiento de peces, aunque los protocolos AGRRA y REEF incluyen datos sobre la distribución de tamaños, y el protocolo CONANP también recomienda la recolección de datos de tallas. El reclutamiento de muchas especies de peces es relativamente fácil de monitorear y debería ser realizado, especialmente para evaluar diferencias de reaprovisionamiento entre AMP's y fuera de sus fronteras.

Los protocolos existentes hacen pocos intentos de monitorear la calidad de agua, la carga de sedimento, la turbiedad, o los impactos posibles de nutrientes o contaminantes sobre la biota arrecifal. Actualmente, sólo CARICOMP y el CZMI en Belice conducen el monitoreo de calidad de agua. El protocolo CONANP propone el monitoreo de la calidad de agua, y el programa de monitoreo a largo plazo de AIMS proporciona otra técnica para la comparación.

Hay dos consideraciones importantes para evaluar un programa de monitoreo de calidad de agua. En primer lugar, un amplio rango de parámetros físicos y químicos deberían ser incluidos. Los cambios en la concentración de nitratos, fosfatos, temperatura, salinidad y otras variables pueden ocurrir independiente de los demás debido a diferentes fuentes para cada cambio, de la misma manera sus efectos también pueden variar. Entonces, el monitoreo de sólo una o pocas variables no puede servir como indicador para todos y características ambientales importantes podrían ser pasadas por alto. En segundo lugar, el monitoreo debe considerar el hecho que las propiedades de las masas de agua son transitorias y dinámicas. Variables específicas pueden fluctuar extensamente en el espacio y con el tiempo. Pretenciosamente, pueden ocurrir cambios drásticos dentro de plazos de tiempo muy estrechos como consecuencia de eventos meteorológicos episódicos. Por ejemplo, las tormentas tropicales pueden causar inundaciones severas y escorrentías que podrían elevar las temperaturas, bajar la salinidad, aumentar la turbiedad y depositar nutrientes terrestres. Estos cambios podrían disiparse rápidamente, pero los efectos incurridos durante el evento (p.ej. el blanqueo de coral) podrían persistir. Por lo tanto, el monitoreo directo de variables físicas y químicas tendrá que ser muy intenso para documentar estos cambios efímeros con suficiente precisión. De hecho, con frecuencia las condiciones meteorológicas que crean los flujos importantes en la calidad de agua también excluyen la posibilidad de muestreo y el pico en la condición de agua no es descubierto durante el siguiente muestreo.

El protocolo CARICOMP recolecta datos de calidad de agua con la resolución temporal más fina que cualquier protocolo en existencia o propuesto. La temperatura, salinidad y turbiedad (usando discos Secchi) son medidas semanales. Adicionalmente, CARICOMP también compila registros continuos de temperatura utilizando termógrafos (Hobos). Esta es la frecuencia mínima de muestreo requerida para medir directamente la calidad de agua. Lamentablemente, el protocolo no trata propiedades químicas importantes más allá de la salinidad.

Los protocolos de AIMS y CONANP tienen el defecto opuesto a CARICOMP. Estas metodologías miden una gama de variables mucho más amplia (clorofila, nitratos, fosfatos,

silicatos, oxígeno disuelto y otros), pero lo hacen muy infrecuentemente. AIMS sólo recolecta datos de calidad de agua una vez por año, mientras CONANP propone muestrear en cuatro ocasiones por año. Considerando la naturaleza efímera intrínseca de muchos rasgos físicos y químicos, pero teniendo en cuenta sus efectos persistentes potenciales, la medida de estas variables tiene que ser mucho más frecuente.

El método de CZMI actualmente alcanza lo mejor de ambos mundos. CZMI monitorea la calidad de agua mensualmente, que es mucho más regular que AIMS o CONANP. Aunque esto es menos frecuente que el monitoreo semanal de temperatura, salinidad, y turbiedad y el monitoreo continuo de temperatura de CARICOMP, el rango de variables tratadas por CZMI es mucho más extenso que CARICOMP y es similar al alcance de los protocolos de AIMS y CONANP. De todos modos aun el monitoreo mensual va a ser probablemente inadecuado. Un estudio reciente por Andrefouet *et al.* (2002) siguió la dinámica de plumas en el SAM generadas por el Huracán Mitch y la subsiguiente escorrentía terrestre. Ellos encontraron que plumas grandes podrían disiparse en dos semanas. Cuando estas plumas se disipan, los cambios físicos y químicos asociados también podrían disiparse. Es por lo tanto probable que un evento ambiental importante podría ocurrir y disiparse sin ser detectado en los muestreos mensuales, aunque esto pudiera tener efectos duraderos e importantes sobre la biota residente.

Sale *et al.* (1999) recomendaron el uso de bioindicadores dentro de la región del SAM para seguir las consecuencias biológicas de cambios físicos y químicos y para que sirvan como un registro de patrones a largo plazo. En 1984, NOAA de los EE UU, desarrolló “alerta de mejillones” como parte de su Programa Nacional de Estatus y Tendencias. Alerta de mejillones despliega grupos estratégicamente colocados de mejillones (Mytilidae) para servir como bioindicadores de calidad de agua [ver Lauenstein y Cantillo (1993) para un resumen de métodos de alerta de mejillones y Lauenstein y Daskalakis (1999) para un resumen de resultados]. Como bivalvos sesiles que se alimentan filtrando agua, los mejillones acumulan las sustancias químicas marinas en sus tejidos suaves y por lo tanto registrarán tendencias en el orden de semanas, meses o años. Esto es en contraste a la toma de muestras de agua puntuales, las cuales solo proporcionan información sobre la calidad de agua en el momento en que son colectadas. Adicionalmente, los mejillones concentran las sustancias químicas, de esta manera el análisis de los tejidos no tiene que ser tan sensible a como lo sería el análisis de la columna de agua. Las técnicas como alerta de mejillones, enfocan directamente la pregunta de interés a la gestión ambiental - los efectos de contaminantes en organismos - proporcionando al mismo tiempo un registro a largo plazo que no requiere de trabajo de campo regular. Aunque los mejillones no son prevalentes en el Caribe, algunos bivalvos natales que se alimentan por filtración como almejas de archivo (*Lima lima*), ostras (*Isognomon radiatus*), y tellinas (*Tellina radiata*) también podrían servir como especies bioindicadoras. Desde su inicio, alerta de mejillones se ha extendido internacionalmente, incluyendo a países en vías de desarrollo como Malasia. Esto demuestra que la técnica es ampliamente aplicada.

Las placas de crecimiento algal reflejan la afluencia de los nutrientes claves que determinan la productividad primaria y al mismo tiempo proporcionan una medida directa de los efectos de estos cambios sobre un componente crítico del bentos arrecifal coralino, también representan otra técnica potencial de bioindicadores. Si las placas no son protegidas de

forrajeo, entonces las diferencias espaciales en biomasa pueden llevar a confundir la interpretación de los datos.

Yund *et al.* (1991) describen un método de muestreo que modifica trampas de tubo usadas para monitorear la sedimentación para también monitorear el reclutamiento de larvas de invertebrados. Las trampas de tubo son simplemente tubos verticales abiertos en la parte superior y cerrados en la parte inferior. Ellos crean un volumen de agua calma y protegida en la que los sedimentos son colectados, proporcionando así un registro de sedimentación. Llenando la base de la trampa con formalina, las larvas que caen en aquel volumen serán sacrificadas, retenidas y conservadas. La sedimentación y el reclutamiento en gran parte son ignorados en los protocolos de monitoreo en existencia y las trampas de tubo modificadas con el diseño de Yund *et al.* pueden ser una técnica sencilla y barata que no requiere gastos extensos de campo o de laboratorio. La técnica es análoga al monitoreo con bioindicadores en que las trampas pueden ser desplegadas y dejadas para pasivamente coleccionar y almacenar la información a lo largo del período de tiempo de interés. Después del cual serían recuperadas y su contenido analizado.

4.3 Monitoreo de sistemas de manglar y pastos marinos

En contraste con la variedad de programas de monitoreo de arrecifes coralinos en todas partes del Caribe, el monitoreo en sistemas igualmente importantes como son las praderas marinas y manglares es raro. Esto es debido a pesar que, además de ser importantes por si mismos, los pastos marinos y manglares puede servir como criaderos importantes para peces y otros organismos arrecifales (revisión de Arroyo *et al.*, 2001). Actualmente sólo CARICOMP incluye praderas marinas y bosques de mangle dentro de su programa de monitoreo (vea protocolo CARICOMP, Apéndice Dos). Esta es una faceta crítica del monitoreo ecológico regional que tiene que ser puesta en práctica más extensamente en el SAM. El monitoreo CARICOMP de pastos marinos y mangles incluye el monitoreo de la calidad de agua descrito en la Sección 3.2 además del monitoreo biológico de hábitat específicos. El protocolo CARICOMP describe sus métodos con mucho detalle, incluyendo diseño experimental, selección de los sitios, esfuerzo de monitoreo, y el nivel de repetición. Estos son igualmente importantes en estos hábitat no-arrecifales, cuando los métodos no implican el uso de transectos, como lo son cuando los transectos son desplegados sobre arrecifes.

El monitoreo de CARCIOMP en praderas marinas y mangles incluye la colección de datos detallados sobre biomasa y productividad. Para pastos marinos, esto implica extracción de las muestras de -secciones cruzadas de biomasa superficial y sub superficial, y la medida directa de crecimiento y área de las hojas. Además, las muestras de pastos marinos son analizadas para cuantificar el contenido de carbón, nitrógeno y fósforo. La estimación de biomasa de manglar es más complicada e implica la estimación de tamaño poblacional y su estructura por etapas de crecimiento (i.e. plántulas, juveniles, adultos). La productividad de manglares es monitoreada por la medida directa del crecimiento en altura, diámetro y peso de árboles individuales y por el análisis de hojarasca caída. En contraste con los diferentes programas de monitoreo de arrecifes coralinos, que en gran parte examinan el estado del arrecife, los métodos de monitoreo CARICOMP en praderas marinas y manglares proporcionan información más detallada sobre los procesos ecológicos y la dinámica del sistema.

El monitoreo de pastos marinos y mangles por CARICOMP proporciona información útil sobre biomasa específica del área, estructura y productividad, pero poca información sobre la cobertura total del hábitat y sus cambios. Los programas de monitoreo de arrecifes coralinos tampoco enfocan la cobertura espacial, pero esto probablemente va a ser temporalmente más estable para habitats con fondos duros como arrecifes coralinos (aunque su composición pudiera cambiar). Mangles y especialmente pastos marinos pueden ser desalojados fácilmente por eventos meteorológicos severos. Los manglares también son sujetos a enfermedades. Tanto perturbaciones naturales como estas, así como perturbaciones antropogénicas, como derramamientos de petróleo, pueden causar que la distribución de estos habitats se amplíe, reduzca y cambie espacialmente. La metodología CARICOMP pide la inclusión de datos de cobertura espacial en su plan de trabajo, pero tales datos son difíciles de compilar “en tierra”. Sin embargo, la recolección periódica de información por medio de sensores remotos puede proporcionar la distribución y datos de cobertura espacial que pueden ser acoplados con la biomasa y datos de productividad detallada que actualmente están siendo colectados (ver Mumby *et al.*, 1999)

5 Diseño propuesto para el PMS

5.1 Introducción

Las siguientes secciones son una propuesta cuidadosamente considerada para el diseño del PMS. Consideramos el número y la distribución de Localidades de monitoreo, la distribución de sitios de monitoreo dentro de las Localidades y los métodos de monitoreo para ser aplicados. La modificación y subsecuente adopción de estos elementos del PMS serán hechas con mas eficacia si el modo de acción que se sigue empleando son talleres que impliquen a personas claves (Recomendación 1).

5.2 Distribución de Localidades de monitoreo para el PMS

Se han propuesto aproximadamente 23 posiciones en las que el SMP será puesto en práctica. Muchas de estas son lo bastante complejas en la diversidad de hábitat y de tamaño suficiente, que por lo visto habrá más de un sitio de monitoreo dentro de cada una. Nos enfocamos inicialmente en la distribución de estas Localidades. Ellas incluyen las 15 áreas protegidas de prioridad que estuvieron de acuerdo con la puesta en práctica del programa de monitoreo de la eficacia de gestión de las AMPs. Las restantes 8 Localidades incluyen un área protegida adicional, otro sitio de arrecife coralino, dos bocas de ríos principales y cuatro puertos.

Este conjunto de posiciones parece ser deficiente en varias formas:

- No hay ninguna Localidad en los 250km que forman la parte norte de la línea costera de Quintana Roo, aunque esta es la parte mas usada de la región del SAM para fines turísticos.
- Solo hay una posición de arrecife coralino que aún no es protegida (Caye Caulker incluye una Reserva Marina declarada recientemente, pero la protección actual es

mínima). Tiene que haber un conjunto de sitios sin protección distribuidos en todas partes de la región; si no nunca será posible demostrar que aquella labor de protección tiene algún efecto.

- Además de Caye Caulker y el Río Belice, no hay ninguna Localidad identificada en la parte norte del Arrecife de Barrera Beliceno y la laguna costera entre Hol Chan y South Water Caye. Tampoco hay Localidades identificadas en Turneffe Islands o Lighthouse Reef.
- Sólo hay una posición (Turtle Harbour) en la Islas de la Bahía – localizada casi en el extremo más occidental del grupo. Esta es la única posición de arrecife coralino identificada en aguas hondureñas.
- Sólo se proponen uno de los cinco sitios CARICOMP en la región (Hol Chan) como una Localidad (Puerto Morelos, Calabash Cay, Carrie Bow Cay y Cayos Cochinos son omitidos). Dangriga tampoco es incluida, pero es uno de tres sitios CPACC en la región (siendo Hol Chan y Glovers Reef los otros).

RECOMENDACION 2

Él conjunto de 23 localidades identificado hasta la fecha debe ser expandido si se quiere que el PMS produzca datos que sean de valor para el soporte de la toma de decisiones, o para la evaluación de la “salud” del sistema regional.

La expansión del número de Localidades de monitoreo introduce algunos gastos adicionales para el monitoreo, en: el equipo de campo y necesidades de manejo de datos, y en el tiempo del personal (ver comentarios debajo). Proponemos estos criterios claves para el proceso de selección de Localidades:

- ¿Es el personal con acceso a la Localidad capaz de hacer el monitoreo requerido, y es su participación endosada por los manejadores? ¿Si todo el monitoreo dentro de un país va ser hecho por un solo “equipo de monitoreo”, cuenta aquel equipo con el acceso a la posición, y tiene suficientes días-personal disponibles para incluirlo?
- ¿La inclusión de un nuevo sitio ayuda a identificar una o más de las deficiencias identificadas en la actual lista de 23 sitios?
- ¿La inclusión de una nueva posición toma ventaja de las actividades de monitoreo realizadas por otros proyectos? (Un resumen de programas actuales en la región es proporcionado en el Apéndice Tres.)
- ¿Puede el alcance de la actividad de monitoreo en cada Localidad ser reducido con el fin de instalar un mayor número de Localidades monitoreadas?

Mientras la adición de otras posiciones puede ser realizada de manera apropiada, recomendamos por lo menos la adición de las siguientes:

RECOMENDACIÓN 3

Recomendamos que las siguientes localidades sean seriamente consideradas como posibles adiciones al PMS:

Localidad	Características	Personal disponible (?)
Isla Contoy, México	Área protegida, limite norte de la región SAM	Personal del AMP
Puerto Morelos, México	Sitio CARICOMP , estado de protección pendiente	UNAM
Akumal, México	Arrecife de franja, sin protección	Personal CEA (ONG local)
Cozumel, México	área protegida	Personal del AMP, CINVESTAV
Mahahual, México	Arrecife de franja, sin protección. Sitio de monitoreo de larga duración CINVESTAV.	CINVESTAV,
Islas Turneffe, Belice	Sitio CARICOMP, sin protección	UB personal IMS, Calabash
Lighthouse Reef, Belice	Algunas áreas protegidas	Belice Audubon ONG
Carrie Bow Cay, Belice	Sitio CARICOMP, sin protección	Personal del Smithsonian
Dangriga, Belice	Sitio CPACC , sin protección, costero	Belice, Departamento de Pesca?
Cayos Cochinos, Honduras	Sitio CARICOMP , protegido	Personal HCRF (ONG local)

Adicionalmente, por lo menos dos sitios en Roatan (por lo menos uno sin protección), y dos sitios no protegidos adicionales en la región central del Arrecife de Belice deben ser seleccionados, usando información relevante a disponibilidad de personal y logística para facilitar las actividades de monitoreo.

La recomendación 3 deja vacíos de cobertura en la región. Por ejemplo, un hueco sustancial existe en México entre Mahahual y Akumal, (sin embargo, entendemos que puede ser posible obtener datos del programa de monitoreo de la Reserva de Biosfera Sian Ka'an para ayudar a eliminarlo). Si la Recomendación 3 es apoyada en su totalidad, o si es aumentada por adición, el número de Localidades para el PMS será aumentado a 37 o más. Esto representa un costo adicional, pero quizás no un aumento principal en gastos del programa, porque los gastos dependen más en necesidades para equipo y apoyo logístico, y la disponibilidad de personal.

A este respecto, una comparación útil puede ser hecha con el Programa de Monitoreo del AIMS en la Gran Barrera de Arrecife. Sobre un extensivo sistema arrecifal que abarca 1600Km de costa (comparado con los cerca 800 Km desde el oriente de Bay Islands, este y luego norte hasta la Isla Contoy), El programa anual del AIMS monitorea 49 arrecifes, y evalúa otros 61 con la técnica de arrastre de manta, para un total de 110 arrecifes. El

programa del AIMS no evalúa manglares costeros, estuarios u otros hábitat no arrecifales. En cada uno de los arrecifes muestreados, los peces y las comunidades bénticas son muestreados con transectos replicados en cada número determinado de sitios dependiendo del tamaño del arrecife.

5.3 Selección de sitios de monitoreo dentro de localidades

Las localidades identificadas varían en tamaño desde pequeñas MPAs como Hol Chan (411 ha) a mucho más grandes. Ellas también varían en los tipos y diversidad de hábitat incluidos. Nosotros asumimos que más de un sitio de monitoreo será establecido en cada localidad. Los sitios de monitoreo deben ser cuidadosamente escogidos porque ellos serán los sitios permanentes donde los datos serán colectados. (Mientras que en el futuro nuevos sitios de monitoreo pueden ser incluidos, eliminar sitios no es usualmente deseado, y no se debe pensar en sitios temporarios).

Nosotros usamos la terminología y procedimientos de Woodley (1999), excepto que el usa 'Área' en lugar de 'Localidad'. Esto es, dentro de cada Localidad, habrá uno o más 'Hábitat' monitoreados. Dentro de cada 'Hábitat' monitoreado habrá un numero potencial de 'Sitios', de los cuales algunos serán seleccionados. En cada sitio, las actividades de monitoreo serán hechas. La escala espacial del Sitio de monitoreo es de alguna manera arbitraria, sin embargo, cada Sitio existirá en una sola posición geográfica (GPS), y una regla para medir el tamaño del Sitio (del Protocolo AGRRA, 2000), es que un Sitio es el área convenientemente trabajada por buceadores cuando un bote es anclado en la posición geográfica (del GPS) que lo define (alrededor de 200 x 200 m). Aquí nosotros estamos preocupados con los procedimientos para seleccionar los Sitios.

Con el objetivo de construir un PMS efectivo, es necesario estar de acuerdo primero sobre la clase de hábitat a monitorear, y procurar monitorear sitios representativos para cada uno de los Hábitats en cada Localidad. Algunas localidades pueden carecer de ciertos hábitat. Nosotros sugerimos 5 Habitats diferentes, incluyendo 3 Habitats de coral ampliamente muestreados por otros programas de monitoreo. Esta recomendación es solamente una guía. Las personas que implementaran el PMS deben tomar esta decisión.

RECOMENDACION 4

Los componentes ecológicos del PMS reconocerán 5 hábitat: 1) manglares, 2) praderas marinas, y tres hábitat arrecifales: 3) arrecifes anteriores (back reef) someros (sotavento) entre 1-5m de profundidad, 4) arrecifes posteriores-frontales (fore reef) someros (barlovento) entre 1-5m de profundidad, 5) arrecifes posteriores-pendientes (fore ref.) entre 8-15m de profundidad. Cada Sitio de monitoreo incluirá un solo tipo de Hábitat.

La selección de Sitios será hecha de mejor forma por las personas que conozcan más la Localidad específica, y ayudará al muestreo si se cuenta con buenos mapas de hábitat. (De hecho, la provisión de mapas detallados de hábitat para cada localidad deberá ser de alta prioridad, antes que los Sitios de monitoreo sean seleccionados). El objetivo será escoger Sitios que son representativos de cada Hábitat en la Localidad. Woodley (1999) es partidario de la selección de Sitios usando un diseño aleatorio estratificado. Sin embargo, nosotros

reconocemos que, debido a que muchas Localidades serán lugares con algún grado de manejo, debe haber sitios que serán de particular interés para los administradores. Los Sitios específicos que están siendo usados por proyectos de monitoreo ya establecidos, o que son de particular interés para los administradores, deberán ser escogidos como Sitios para el PMS. (La propuesta subdivisión de Hábitat arrecifales es muy similar a la usada en CPACC, en CARICOMP, y en AGRRA.).

RECOMENDACION 5

Cada Localidad incluirá uno o más Hábitat. En cada Hábitat en cada Localidad a ser monitoreada, por lo menos 2 Sitios replicados deben de ser escogidos. Los métodos para selección serán los propuestos por Woodley (1999), pero pueden haber excepciones para Sitios que son de interés especial para manejo o en los que algún otro sistema de monitoreo este siendo llevado a cabo.

Estas recomendaciones deberán ser usadas por el equipo responsable del monitoreo de cada Localidad, pero en consultación con los otros equipos de monitoreo de la región. El objetivo es seleccionar un grupo bien distribuido de sitios repetidos, dentro de Hábitat, dentro de Localidades a través de la región del MBRS. Las Localidades con gran cantidad de parches demandan más de 2 sitios repetidos por Hábitat, si se espera que los datos de monitoreo sean representativos para toda la Localidad. Si los Hábitat arrecifales van a ser monitoreados, los sitios superficiales y profundos deberán ser co-localizados por facilidad logística, pero tendrán diferentes posiciones geográficas (GPS).

Note que las Recomendaciones 4 y 5 no requieren que cada Localidad de monitoreo incluya todos los 5 Hábitat, ni que un número fijo de Sitios por Localidad sea monitoreado. Las decisiones sobre el número de Hábitat, y el número de Sitios de cada tipo en cada localidad, deberán ser hechos por los responsables del programa de monitoreo, y por los que manejan esa Localidad (si alguno). Sin embargo, a principios del PMS, debería haber una evaluación sobre la adecuación del monitoreo propuesto en cada Localidad, llevada a cabo en el curso de un taller de implementación/entrenamiento (ver Recomendación 1).

5.4 Adopción del regimen de monitoereo a ser aplicado en cada sitio

El PMS monitoreará atributos ambientales seleccionados en cada Sitio, usando una metodología ya acordada y en un horario regular. El horario y metodología deberá ser uniforme a lo largo de la región y a través de años sucesivos, con el entendimiento que, **en circunstancias excepcionales, las diferencias en la metodología entre Localidades, o los cambios en la metodología a través del tiempo pueden ser permitidas siempre y cuando ciertas condiciones sean mantenidas.** Estas pueden ser determinadas bajo una firme recomendación:

RECOMENDACION 6

En cada Localidad, tanto los métodos usados, como las mediciones realizadas, deben ser reportados e incluidos en una base de datos. En lugares donde métodos alternos sean utilizados estos deben de ser rigurosamente inter-correlacionados, de manera que las mediciones hechas sean equivalentes (e.g. porcentajes de cobertura).

La recomendación 6 no sugiere que no importa que las diferencias en la metodología entre Localidades sea diferente. Ella reconoce que pueden haber razones legítimas para usar diferentes métodos, o cambiar métodos, y que, siempre y cuando estos métodos hayan sido - correlacionados cruzadamente, esto puede ser hecho. Un ejemplo de una razón legítima podría ser que un Sitio particular esta siendo monitoreado como parte de un programa de monitoreo existente (Como CARICOMP o CPACC), y que este programa va a continuar, o que el personal local es experto en los métodos de ese programa, y tienen el equipo necesario para continuarlo.

La selección de un régimen de muestreo resulta de una serie de decisiones determinadas por tres cosas: los atributos ambientales de los que se requiere información, la frecuencia con que los datos de estos atributos es requerida y las fuentes disponibles para implementar el programa de monitoreo. No hay un solo régimen correcto, aunque hay programas de monitoreo que son más comprensivos, o que resultan en datos mas precisos que otros.

5.4.1 El horario de monitoreo

Hay variaciones estacionales en la abundancia y distribución de edades en la mayoría de organismos tropicales. Muchos organismos limitan su reproducción a una estación particular, mientras otros producen propagulos a través del año. Las condiciones del tiempo también varían estacionalmente, haciendo el trabajo de campo en algunos Sitios mas complicados en ciertas épocas de año. En la región del MBRS hay anualmente una estación seca y lluviosa. Por todas estas razones, es imperativo que el PMS sea basado en un horario uniforme a través de la Localidades.

Los muestreos más frecuentes proveen una base de datos más rica, pero a un costo incrementado del tiempo del personal. Además, algunos procesos, como el crecimiento de los corales, son relativamente lentos, así mismo los atributos que ellos determinan, como el porcentaje de cobertura de coral, cambian solamente muy lentamente. Por estas razones, nosotros creemos que un solo esfuerzo de muestreo anual será adecuado para la mayoría de los propósitos, en una parte del año cuando las condiciones del tiempo sean más probables de favorecer el trabajo de campo. El muestreo en todas las Localidades debería ser limitado a un periodo de uno o dos meses a través de la región.

Ciertos atributos no pueden ser adecuadamente monitoreados usando un sola visita anual a cada Sitio. Los datos sobre la calidad del agua, en particular, serían de poco valor si son colectados una sola vez al año. Nosotros anticipamos que algunos de estos atributos serán incluidos en el programa, y reconocemos que estos podrían ser monitoreados más extensivamente pero solo en Sitios que son fácilmente accesibles por los participantes locales del programa. ***Tales sitios deben ser pensados como de 'alta intensidad' o 'Categoría I, y sería apropiado, al principio del programa, identificar tales sitios, y asegurar una distribución razonable de ellos a través de la región.*** (Sitios de Categoría II serian monitoreados comprensivamente solamente una vez al año).

Las condiciones ambientales son también afectadas por disturbios no-estacionales como huracanes y otros eventos impredecibles del tiempo. ***Información valiosa sobre los efectos de disturbios mayores puede ser mejor capturada conduciendo monitoreos inmediatamente***

después de tales eventos. Tal monitoreo ‘extra’ incluiría idealmente todas las Localidades en la región, y debe incluir algunos Sitios y Localidades que se piense que no fueron fuertemente impactados por el evento. Este monitoreo ‘extra’ podría incluir solamente un sub-grupo de los métodos empleados en el periodo de monitoreo anual, escogidos porque estos serán los más probables de demostrar los efectos del disturbio. Cuando el protocolo de monitoreo va a ser reducido de esta forma, sería mejor si eso es hecho uniformemente a través de las Localidades, en lugar de aleatoriamente. La comunicación efectiva entre los equipos de monitoreo será vital (Ver recomendación 1).

RECOMENDACION 7

El PMS debe consistir de un solo muestreo anual de cada Sitio en toda la región, en un periodo de tiempo acordado por todos los participantes como el más propicio para las actividades de campo. El muestreo de todos los sitios debe estar restringido a un corto periodo de tiempo (1-2 meses como máximo), y debe ocurrir durante el mismo intervalo en cada año sucesivo. Algunos Sitios de fácil acceso (Categoría 1) pueden ser monitoreados con mayor frecuencia para ciertos atributos.

RECOMENDACION 8

De vez en cuando pueden ocurrir en la región eventos impredecibles (huracanes, episodios de blanqueamiento mayores, derrames de hidrocarburos). Un esfuerzo debe ser realizado para documentar el impacto de estos eventos realizando visitas de monitoreo extra a estos Sitios, utilizando quizás un protocolo reducido. Algunas Localidades que se crea no han sido afectadas deberán ser incluidas también. Será importante el coordinarse entre Localidades para asegurar que sean usados los mismos protocolos.

5.4.2 Repetición dentro de Sitios

El protocolo de monitoreo ha de ser adoptado, tan uniforme como sea posible, a través de la región, incluirá una variedad de métodos de muestreo. Estos métodos pueden requerir muestras de agua, o muestras de biota o toma de sedimentos, o ellos pueden involucrar alguna cuantificación en el campo en cuadrantes o transectos. Independiente del método, deben ser tomadas las decisiones con respecto al número de repeticiones por Sitio. Estas decisiones podrían guiar el esfuerzo de campo en cada Sitio, para que la resultante base de datos del PMS reporte los mismos niveles de repetición entre Sitios y entre años.

En cualquier ejercicio de muestreo ambiental, no hay un único nivel de repetición correcto. El uso de 2, 5, 10, 25, 13 o 7 muestreos repetidos son todos ‘correctos’, porque cada uno de ellos provee la información necesaria para estimar la variabilidad dentro del Sitio (o error). La colección de un único muestreo, sin embargo, es equivocado, porque el error dentro del Sitio no puede ser determinado con una sola medición.

La decisión sobre el nivel de repetición a ser usado es un juicio costo-beneficio. Es más costoso en tiempo y materiales coleccionar mas repeticiones, pero el resultante estimativo de error es más preciso. Green y Smith (1997) proveen una detallada discusión de cómo conducir un análisis para determinar la probable efectividad de un programa de monitoreo. Como un ejemplo, ellos usaron datos sobre el porcentaje de coral de CARICOMP para

Bermuda, y mostraron que el poder fue débil, pero podría ser substancialmente mejorado si el nivel de repetición fuera incrementado de 5 a 10 transectos por Sitio. ***En general, nosotros creemos que la sub-repetición ha sido una característica común y desafortunada en la mayoría de los protocolos para monitorear arrecifes de coral, dada la considerable variabilidad espacial que es medida en los datos.***

Desarrollar un programa de monitoreo con un nivel de repetición que arroje datos de pobre precisión es una pérdida de energía, porque la base de datos resultante será de mínimo uso para soportar decisiones de manejo. La mayoría de los protocolos existentes (Tablas 1-3) agrupan el número mínimo de repeticiones necesarios de transectos para proveer información precisa sobre los cambios en abundancia de peces, o en el porcentaje de cobertura de coral. Un programa de monitoreo que no pueda confirmar estadísticamente la pérdida de peces o corales en un Sitio hasta que la pérdida exceda 50% de la población no es muy útil para los manejadores ambientales. Ese nivel de cambio será evidente a los observadores sin necesidad de una medición cuantitativa! .

RECOMMENDACION 9

Todas las mediciones realizadas en cada Sitio deben ser repetidas. El nivel de repetición puede ser variable entre mediciones, pero debe ser uniforme entre Sitios y años para cada medición. El nivel de repetición debe ser decidido por medio de un proceso de costo-beneficio, utilizando datos existentes y experiencias pasadas para decidir el nivel de repetición que puede ser permitido, y que proporcionará datos con la precisión adecuada.

5.4.3 Transectos fijos, aleatorios o al azar

El protocolo de monitoreo adoptado en los Sitios de arrecifes de coral incluirán un número de mediciones usando transectos o cuadrantes. Hay considerable confusión concerniente a los méritos de transectos o cuadrantes fijos, aleatorios o al azar. (Colocación al azar es casi-aleatoria, pero sin procedimientos aleatorios. Un buen ejemplo de colocación al azar es lanzar el cuadrante sobre sus hombros, o, más realísticamente, dejando caer el cuadrante desde el bote, como una forma de escoger una estación de muestreo). En adición a las diferencias en las actuales metodologías de colección de datos, los distintos protocolos de monitoreo que han sido desarrollados difieren en sus métodos de colocar las estaciones de muestreo (i.e. Transectos o cuadrantes). CARICOMP y AIMS usan transectos fijos (originalmente colocados al azar), AGRRA, GCRMN y Reef Check todos usan transectos al azar y CPACC usa transectos aleatorios. El programa Mexicano, recientemente desarrollado por CONANP no especifica como los transectos van a ser establecidos.

Aunque la aleatoriedad es más válida estadísticamente, no hay diferencias apreciables en los métodos de colocación usados por AGRRA, GCRMN, CPACC y Reef Check. Sin embargo, hay una diferencia significativa entre la colocación aleatoria o al azar y transectos fijos en términos de las preguntas que pueden ser formuladas y los métodos analíticos que pueden ser empleados. En particular, los transectos aleatorios o al azar permiten discernir patrones o cambios a nivel del sitio solamente. Mientras que los transectos fijos también permiten seguir patrones o cambios en micro-sitios, ellos requieren técnicas de mediciones repetidas a la etapa del análisis para examinar los cambios a nivel del Sitio, , porque los datos de los

transectos individuales no son independientes en tiempo. Aunque los transectos permanentes parecen intuitivamente más útiles, nosotros diferimos con Green y Smith (1997), y creemos que ellos deberían ser evitados. La habilidad de esta técnica de describir tendencias a nivel del Sitio es limitada si existe una interacción Sitio x Tiempo (una posibilidad probable). Adicionalmente, las limitaciones logísticas de establecer y mantener transectos fijos pueden también ser substanciales en una región donde los pescadores son rápidos para encontrar cualquier cosa dejada en aguas superficiales y que parezca tener algún uso. Un transecto colocado aproximadamente en el 'mismo' sitio como el año previo, no es un transecto fijo. ¡Este no es ni al azar o aleatorio!

RECOMENDACION 10

Donde se recolecten repeticiones de datos por medio de la ubicación de cuadrantes o transectos en un Sitio, estos deberán ser colocados al azar en cada ocasión, el uso de transectos permanentes debe ser evitado.

5.4.4 Otros muestreos a ser hechos en cada Sitio

Con la excepción de CARICOMP, los protocolos establecidos dicen poco o nada con respecto a las mediciones que son hechas en cada Sitio, con la excepción de las que son tomadas a partir de los transectos o cuadrantes. Nosotros creemos que el PMS no pudo tener estas limitaciones, y sugerimos que una primera e importante tarea es el decidir que mediciones van a ser hechas en cada visita de monitoreo a un Sitio, y el como hacerlas. En sitios sobre arrecifes de coral, un número diferente de mediciones serán hechas sobre transectos, pero otras mediciones serán hechas, y las decisiones de repetición y procedimiento deberán ser tomadas para éstas, también. En sitios de Manglares y Praderas marinas, podrán ser hechas mediciones diferentes, y los transectos jugarán un papel mucho menor en la metodología. El tópico de cual medición hacer, y como, es analizado en la siguiente sección. Aquí nosotros sugerimos una importante serie de información que puede ser registrada para cada Sitio, en cada visita de monitoreo.

RECOMENDACION 11

En cada visita a los Sitios, detalles como la fecha y la hora de visita, personal presente, condiciones meteorológicas, y cualquier observación inusual, deben ser anotados. La información relevante a clima puede ser tan simple como una sola palabra, pero datos como temperatura del aire, estado del mar e intensidad del viento también deben ser anotados, y también vale la pena el anotar datos como la temperatura del agua, salinidad y turbidez. Adicionalmente, este registro de visita debe contener cuales métodos de monitoreo fueron usados, y cuantas repeticiones de cada método fueron completadas.

El propósito de compilar un Record de Visita, el cual podría ser almacenado dentro de la Base de Datos regional junto con los datos, es una forma de asegurarse que el muestreo que se suponía debería ocurrir fue hecho. Las mediciones de la calidad del agua y del tiempo serán de valor limitado dado que las visitas serán infrecuentes (ver Sección 3.2). Los datos sobre personal, métodos usados y el nivel real de repetición ayudarán a asegurar que los datos sean tratados apropiadamente en algún análisis futuro. *Observaciones hechas con arrastres manta en cada visita podrían ser incluidas en el Registro de Visita.*

5.5 Atributos a ser monitoreados

La decisión más crítica ha hacer en el PMS podría ser el decidir el grupo de atributos a monitorear. Revisaremos separadamente los factores que podrían ser considerados para tomar estas decisiones en Sitios de Arrecifes Coralinos, Praderas marinas y Manglares. Discutimos los problemas de la calidad del agua separadamente para estos hábitat.

5.5.1 Sitios de Arrecifes Coralinos

En común con la mayoría de protocolos existentes, será muy probable que el PMS incluya una variedad de mediciones sobre corales, peces, y sobre otra clase de biota. Muchas de estas mediciones pueden ser realizadas usando transectos y/o arrastres manta. Otros pueden requerir otros procedimientos.

5.5.1.1 Mediciones de corales

Nosotros creemos que el porcentaje de coral vivo es un atributo útil que debe ser monitoreado, sin embargo, creemos que un número adicional de atributos de la comunidad de arrecifes debería ser registrado. La relativa baja diversidad del Caribe ciertamente permite registrar la abundancia de coral al nivel de Género, y nosotros alentamos esfuerzos para asegurar que todos los participantes puedan registrar exactamente a nivel de especie. Recomendamos una seria examinación del estudio del protocolo de AGRRA para los métodos del registro del porcentaje de cobertura de coral, y métodos para el registro de otros importantes atributos de la comunidad de arrecife: distribución de tamaño, índice de mortalidad (midiendo el porcentaje de muertes recientes, y muerte antigua, así como también el porcentaje de coral vivo), frecuencia de enfermedades de coral.

RECOMENDACION 12

Un método que incluya transectos debe ser adoptado para medir porcentaje de cobertura de corales, por lo menos a nivel de género inicialmente. Adicional a porcentaje de cobertura, atributos intrínsecos de los corales como talla, distribución, índice de mortalidad, y frecuencia de enfermedades también deben ser medidos, utilizando los mismos transectos que definen a la población examinada. El protocolo AGRRA para corales podría contener los procedimientos adecuados a adoptar, sin embargo serias consideraciones deben ser dadas al remplazo de la técnica de cuantificación de porcentaje de cobertura de línea-intercepto por punto-intercepto

Los proyectos ya en marcha como el CPACC, están usando video transectos para determinar la cobertura de coral. Estos tienen la ventaja que los datos pueden ser colectados rápidamente, y aparentemente tienen el beneficio de dejar un registro permanente de lo que estaba presente. Nosotros creemos que este beneficio es sobreestimado. Aquellos que desarrollen el PMS deberían explorar si otros atributos deseables de la comunidad de coral pueden ser extraídos de los datos de video, o si es posible colectar estos datos de las mismas estaciones de los video-transectos, pero no usando video para hacer esto. Nosotros no recomendamos el uso rutinario de video-transectos para el PMS por los costos del equipo, pérdida potencial de datos debido de la falla del equipo en localizaciones remotas, y porque **enfocarse en muestreo con video puede disminuir atención a los corales, y su salud**

mientras que el personal está en un sitio de campo. Sin embargo cámaras digitales pueden también proveer una forma muy efectiva de coleccionar datos, y podría ser explorada como una alternativa, una forma más barata de tener un registro permanente de las condiciones de la comunidad de coral si es que esto es considerado de alta prioridad.

RECOMENDACION 13

Debe ser realizado un experimento de campo controlado con el fin de determinar si los registros de video pueden proporcionar información adicional a porcentajes de cobertura, o si es posible el coleccionar estos datos adicionales utilizando la metodología AGRRA al mismo tiempo que los video-transectos están siendo realizados.

La falta general de atención a la dinámica de poblaciones y comunidades que ha caracterizado los programas de monitoreo de arrecifes coralinos es muy desafortunada. Un ejemplo muy claro es el crudo índice de mortalidad usado por AGRRA. El conocimiento sobre el reclutamiento de corales es muy importante cuando los corales están expuestos a grandes niveles de estrés por medio del cambio climático y blanqueamiento asociado, y a través de enfermedades. Estos niveles de estrés incrementan las tasas de mortalidad y hacen la habilidad de reclutarse y reestablecerse más importante de lo que de otra forma hubiera podido ser. El PMS tiene la oportunidad de introducir un monitoreo coordinado de reclutamiento a una escala regional. Una vez sea determinado que esto es vital, se deben construir marcos para sostener baldosas (donde los corales se asientan) para ser colocados en cada sitio, y posteriormente coleccionados 1 o 2 años después.

RECOMENDACION 14

La oportunidad de extender el monitoreo de corales mediante la inclusión de reclutamiento en la región SAM debe ser tomada. El realizar este monitoreo usando una porción de los Sitios, escogidos debido a que estén bajo suficiente vigilancia, que asegure el hecho que las placas de asentamiento permanezcan inalteradas entre viajes de monitoreo. Será necesario entrenamiento en el reconocimiento de corales juveniles, y si esto es incluido como un componente de PMS, será necesaria la iniciación con la ayuda de expertos de la comunidad académica, quienes jugarán un papel de liderazgo por lo menos durante los dos primeros años de colección de datos.

5.5.1.2 Mediciones de peces y otra fauna

En los sitios de arrecife de coral, el monitoreo debería incluir algunas especies de peces, y otra fauna no-coralina. Los procedimientos para los transectos serán apropiados para registrar abundancias, y datos de otra fauna. *Tratar de registrar abundancias de todos los peces visibles no es importante, a menos que un esfuerzo significativo, envolviendo métodos múltiples, sea expandido.* En cambio, será apropiado decidir cuales especies van a ser monitoreadas, y luego crear procedimientos que encajen mejor con esas especies. El monitoreo de especies pequeñas, y que no son utilizadas con fines de pesca tiene algunas importantes ventajas en situaciones donde la presión de pesca es alta, aunque también habría considerable interés en monitorear ciertas especies grandes o comercialmente importantes. Otras especies diferentes de peces con valor económico, como langosta y caracol deberían también ser blancos de monitoreo.

RECOMENDACION 15

Debe ser realizada una lista de especies de peces y otros invertebrados a ser monitoreados de manera uniforme y a nivel regional, así mismo, deben de ser acordados los procedimientos apropiados para determinar abundancias. Una pequeña lista, y un alto nivel de repetición de transectos aumentará la validez de los datos colectados. Los procedimientos adoptados por AGRRA proveen una buena guía para el monitoreo efectivo de las abundancias de peces.

La lista aprobada de especies a ser monitoreada no previene a los individuos de monitorear especies adicionales y de importancia en Localidades particulares. Sin embargo, se debe evitar el monitoreo de estas especies adicionales dentro de los transectos visuales usados en el PMS. La precisión en los conteos de peces depende del número de especies que son contadas simultáneamente. También estamos en contra de tratar de clasificar peces por categorías de tamaños (diferentes de adultos y juveniles) mientras estos son contados. Hay un número limitado de tareas que pueden ser hechas al mismo tiempo.

Motivamos fuertemente la decisión de incluir un programa de monitoreo de reclutamiento de peces juveniles en un grupo seleccionado de especies. El procedimiento más simple para hacer esto es usar transectos estrechos, 1m de ancho, los cuales pueden ser conducidos sobre los transectos hechos para peces adultos. Las especies a escoger dependerán de la parte del año durante la cual las actividades de monitoreo tendrán lugar. Hoy en día hay considerable experiencia en la comunidad científica con respecto a formas efectivas de monitorear el reclutamiento de peces (eg. Tolimieri *et al.* 1998). Será particularmente valioso el ver como las tasas de reclutamiento varían entre Sitios y Localidades dentro de la región.

RECOMMENDACION 16

Debe ser seleccionado un sub conjunto de la lista de especies de peces (conspicuos como nuevos reclutas, y que se asienten en los periodos del año en que el monitoreo ocurre), y monitoreada para determinar la incidencia de reclutamiento. Este sub conjunto debe ser monitoreado en una manera estandar, utilizando transectos de 1m de ancho en todos los Sitios de la región.

Las investigaciones en la región, por Sale, Arias-González y otros, están proveyendo una buena base de datos de especies apropiadas para monitoreo del reclutamiento. Adicionalmente, nosotros estamos ganando información usando genética y microquímica de otolitos que puede permitirnos determinar los sitios de origen de peces que se reclutan en sitios particulares. Si los que implementan el PMS consideran el reclutamiento de peces como una medición importante de la 'salud' del sistema, puede ser posible planear análisis genéticos y de microquímica de peces colectados en los diferentes sitios, con el objetivo de establecer el grado de conectividad entre poblaciones locales a lo largo de la región. Tal estudio probablemente no se volverá parte del PMS, pero la colección de especímenes podría fácilmente ser hecha como parte de los procedimientos de monitoreo.

El monitoreo del reclutamiento de peces no es técnicamente tan complicado como el monitoreo del reclutamiento de coral, pero ***valdría la pena que uno o más miembros de la comunidad académica jugaran un papel líder para asegurar que el monitoreo del reclutamiento es hecho en forma efectiva.*** La integración del PMS con proyectos nuevos o

ya iniciados en tales campos es una forma efectiva de demostrar la utilidad de la base de datos construida.

5.5.1.3 Otras mediciones de monitoreo en sitios de arrecifes de coral

El enriquecimiento de nutrientes, la sedimentación y contaminación por otros contaminantes antropogénicos son algunas de las mayores formas de presión negativa sobre ecosistemas coralinos. El protocolo de monitoreo desarrollado para Sitios de arrecifes coralinos debería ser capaz de monitorear estas formas de perturbación. CARICOMP, entre los protocolos ya establecidos, considera estos indirectamente registrando la visibilidad horizontal del disco Secchi en cada sitio. Esto es un procedimiento sencillo, y fácil de implementar, sin embargo, como es anotado en la sección 3,2 hay un valor limitado en las mediciones infrecuentes de la turbidez. Nosotros recomendamos estas mediciones en cada sitio, pero recomendamos el suplementar con procedimientos alternativos que integren la turbidez en el tiempo. Estos es usando ‘trampas tubo’ (Yund *et al.* 1991) usadas para coleccionar sedimentos en el tiempo en Sitios seleccionados (porque las trampas tendrían que ser mantenidas, y protegidas de vandalismo). Las trampas tubo muestreadas una vez al mes proveerían un registro mensual de la sedimentación, naturaleza de los sedimentos (Terrígenos o derivados de los arrecifes), y un registro mensual de la tasa de arribo de zooplancton y fitoplancton, por lo tanto proveyendo índices directos de las tasas de sedimentación y tasas de suministro de alimento planctónico y propágulos. Las trampas tubo son fáciles de construir con PCV, y clasificar el contenido requeriría solo de un microscopio. Con el apoyo público para minimizar vandalismo, podría ser posible colocar estas trampas ampliamente a través de la región.

RECOMENDACION 17

Deben ser colocadas en sitios seleccionados (categoría 1) y de manera permanente trampas de sedimentación (tubos), y muestreadas mensualmente para proveer un registro de sedimentación, y de niveles de distribución de alimentos y propágulos planctónicos. Los sedimentos coleccionados pueden ser divididos en terrígenos y derivados del arrecife, suministrando información acerca de la magnitud del impacto de la costa. En todos los Sitios arrecifales costeros, deben ser realizadas lecturas horizontales del disco Secchi en cada visita, siguiendo los métodos propuestos por CARICOMP, para obtener un índice del grado de turbidez.

Las muestras de agua podrían ser tomadas en cada visita a Sitios de Arrecifes, pero una muestra de agua anual es de poco valor para el seguimiento del enriquecimiento con nutrientes, o presencia de contaminantes. Tampoco vemos relevante hacer mediciones anuales de la temperatura, salinidad, contenido de oxígeno, etc., como es discutido en la sección 3.2. Sugerimos dos formas indirectas de determinar aspectos de la calidad del agua. La primera es por medio de la simple cuantificación de la producción algal en cada sitio. La segunda hace uso de especies apropiadas como bioindicadores de contaminantes. Recomendamos suplementar estos métodos en un número pequeño de Sitios (Categoría I) próximos a personal permanente y con instrumentación para medir continuamente temperatura, salinidad y un rango de químicos incluidos en el agua. Si la instrumentación para registrar continuamente las variables no es accesible, se pueden usar Hydrolab o instrumentos similares en un esquema de muestreo frecuente (ie. cada semana preferiblemente) como una útil alternativa.

RECOMENDACION 18

En todos los sitios coralinos, la magnitud de crecimiento algal será cuantificada por medio de un método apropiado, y como medida directa del nivel de nutrientes. Métodos posibles incluyen: a) crecimiento en dos semanas sobre baldosas esmaltadas y protegidas de forrajeo por parte de herbívoros, y b) estimación de la abundancia de algas filamentosas (turf algae) utilizando los procedimientos del protocolo AGRRA.

El primer método es más directo, pero requiere de dos visitas al Sitio. El último método es aplicable a todos los sitios. Si ambos métodos van a ser usados, será necesario compararlos experimentalmente.

El muestreo de mejillones ha sido muy exitoso utilizando a los mejillones como bio-indicadores de una variedad de contaminantes en estuarios marinos. Hay una necesidad de identificar bivalvos equivalentes que puedan servir como bioindicadores rutinarios en la región. Discutimos esto en detalle en la Sección 4.5.3, después de considerar procedimientos en Sitios de pastos marinos y manglares.

5.5.2 Monitoreo de Sitios en pastos marinos y manglares

Como es mencionado en la Sección 3.3, solamente CARICOMP entre los existentes protocolos provee metodología para el monitoreo de Sitios en pastos marinos y manglares. Estos son ambientes que son estructurados por un pequeño número de especies de plantas, y monitorear la salud del ecosistema parece más adecuado enfocando el esfuerzo sobre estas especies. Este es el procedimiento que CARICOMP usa, con muestreo adicional sobre aspectos de la calidad del agua. El muestreo de especies de peces podría ser una lógica adición si hay una decisión de hacer un PMS más compresivo que este.

El protocolo de CARICOMP hace muestreo de especies en pastos marinos y manglares con énfasis en su productividad, aunque son incluídas mediciones del tamaño de las plantas y densidad para pastos marinos, y son aplicados procedimientos forestales más elaborados a bosques de manglar para caracterizar el bosque en términos del tamaño y distribución de edades de los árboles en cada sitio. Todos los procedimientos son sencillos, y usan equipo relativamente simple, y podrían ser aplicados a través de la región como parte del PMS.

RECOMENDACION 19

Deben ser empleados en todos los Sitios de manglar y praderas marinas, los componentes del programa CARICOMP que miden biomasa en pie, estructuras de talla y edad, y producción.

En adición a el muestreo de los agentes primarios que estructuran cada sistema, los Sitios de praderas marinas y manglares deberían ser monitoreados para los mismos aspectos de la calidad del agua que serán monitoreados en los Sitios de Arrecifes de Coral. Por lo tanto, un 'Registro de Visita' debería ser completado por cada sitio (Recomendación 11), la turbidez podría ser cuantificada usando el disco Secchi, y, donde fuese posible, usar 'trampas tubos' (Recomendación 17) para integrar sedimentación en el tiempo. Adicionalmente, sería útil duplicar el monitoreo de producción algal usando baldosas para asentamiento (recomendación 18) en estos Sitios como en los Sitios de arrecifes.

Critico para la 'salud' de los manglares y pastos marinos es la escala espacial de los parches de esos ecosistemas, y si los parches están creciendo o decreciendo. Los métodos para hacer esto no están incluidos en el protocolo del CARICOMP. Sugerimos procedimientos de uso de sensores remotos para determinar la escala espacial en cada Sitio o Localidad, con mediciones repetidas con frecuencia de 3 o más años. La oportunidad de una rápida evaluación después de un disturbio mayor, como los huracanes, podría ser planeada usando este procedimiento.

Los métodos de sensores remotos son numerosos, y van desde encargar una imagen satelital, hasta volar pequeños aeroplanos a baja altitud con equipo apropiado. Creemos que será vital para completar el SIG obtener imágenes satelitales detalladas para toda la región al principio del PMS, y actualizar estas imágenes en una frecuencia de 10 o menos años. Tales imágenes podrían proveer los datos necesarios para determinar el crecimiento y disminución de las plantas primarias que estructuran Sitios de manglar y pastos marinos. Los muestreos aéreos más detallados podrían complementar o remplazar estas imágenes, para que los monitoreos de estos Sitios puedan ser hechos más frecuentemente. *Los datos de sensores remotos proveerán información sobre la escala espacial, densidad de plantas, y sobre si sus límites avanzan, se mantienen estables o se reducen en el tiempo.*

RECOMENDACION 20

Deben ser obtenidos datos por sensores remotos al inicio del PMS, de manera que permitan la determinación de la extensión espacial y la densidad de los Sitios de manglares y praderas marinas. Este muestreo remoto debe ser repetido por lo menos una vez cada 3 años, y deben existir prevenciones para permitir un rápido re-muestreo después de alguna perturbación mayor (por ejemplo huracanes). El que este monitoreo remoto sea realizado por medio de reconocimiento aéreo o satélites es dependiente de un análisis de costo-beneficio, así como la decisión de usar estos métodos solo para manglares y praderas marinas, o como parte de un programa para actualizar las distribuciones de hábitat a nivel regional.

Debido a que ha habido mucha menos atención de monitorear manglares y pastos marinos en años recientes, esta es una área en la cual el PMS puede desarrollar nuevas iniciativas y contribuir a un entendimiento más amplio de estos importantes hábitat. Será apropiado para los administradores y participantes en el PMS, cuyas responsabilidades incluyen Localidades con manglares y praderas marinas, considerar formas de aumentar en forma apropiada el muestreo aquí detallado.

RECOMENDACION 21

Como parte de la comunicación continuada entre los equipos de monitoreo que será esencial en el éxito del PMS, será deseable el identificar las Localidades en las cuales tanto manglares como praderas marinas son particularmente abundantes, y formar un sub-comité encargado de encontrar maneras de aumentar la efectividad del monitoreo de estos sistemas.

5.5.3 Desarrollo de nuevas metodologías

Un PMS a largo término en toda la región desarrollará nuevas tecnologías con el tiempo para ser exitoso. Si el PMS permanece estático, fallando en la adopción de nuevos, y mejores procedimientos, o fallando en el monitoreo de nuevos factores y seguimiento de nuevas amenazas, morirá. El PMS debería ser estructurado en una forma que promueva el desarrollo y pruebe nuevos procedimientos, y su posterior consideración para su desarrollo dentro del programa formal, anual, de monitoreo.

El desarrollo y la prueba de métodos es investigación científica. *Esta puede ser hecha por grupos de monitoreo, pero probablemente se beneficiará con la inclusión de miembros de la comunidad académica, quienes tienen la experiencia de llevar a cabo tal desarrollo y prueba usando procedimientos analíticos y experimentales apropiados.* La mayoría de esta investigación puede ser realizada enteramente dentro de la región, lo cual jugará un papel importante en el entrenamiento de estudiantes de post-grado, mientras ayudan a mejorar el PMS.

En este reporte, hemos mencionado diferentes ocasiones donde habrá la necesidad formal de probar y comparar métodos, o determinar niveles apropiados de repetición para métodos particulares. El desarrollo de fuertes vínculos entre el PMS y la comunidad académica de la región facilitará fuertemente éstas tareas, y concluirá en una apropiada colaboración en el desarrollo de nuevos métodos.

Un área importante donde esta colaboración es necesaria inmediatamente es en el desarrollo de técnicas apropiadas de bio-indicadores como aproximación para medir la calidad del agua. No será posible coleccionar muestras de agua en todos los sitios, en una frecuencia que haga los datos útiles para determinar impactos de herbicidas, metales pesados, descargas de aguas, o contaminación terrestre en la biota de éstos ecosistemas costeros. Los procedimientos apropiados con bioindicadores harán posible el monitoreo indirecto de tales impactos negativos. *Dada la gran falta de atención a problemas de calidad de agua a través de la región, este componente del PMS debería ser visto como de alta prioridad.* Sugerimos que el MBRS/SAM destine fondos a las instituciones académicas y de investigación en la región asignados específicamente para la investigación en el desarrollo de nuevos procedimientos de biomonitoreo, usando especies que ocurren naturalmente en aguas costeras de la región. Estos fondos no deberían ser en forma de contratos para producir un biomonitoreo específico - nadie conoce que clase de especies probarán ser más efectivas en proveer una aproximación a aspectos particulares de la calidad del agua. En cambio, ellos deberían ser pequeñas becas para investigaciones clave. El programa con mejillones, discutido en la Sección 3.2, es un uso efectivo de biomonitoreo. Igualmente es el uso de crecimiento de algas en baldosas con un índice del incremento de nutrientes. Tal método puede ser simple, barato, fácil de montar, y demostrar donde hay problemas con respecto a la calidad del agua.

RECOMENDACION 22

Coincidiendo con el inicio del PMS, deberían ser provistos fondos del SAM/MBRS para un pequeño programa competitivo de becas, , enfocado a apoyar a miembros de la comunidad académica local en la investigación de métodos potenciales de bio-monitoreo, que provean indicadores para aspectos de calidad del agua tales como

residuos de pesticidas, metales pesados, nutrientes, etc., en los que se utilicen especies nativas de la región y de fácil disponibilidad, y que puedan ser usadas como parte del PMS.

RECOMENDACION 23

El PMS debe ser estructurado de manera que promueva la colaboración entre los equipos de monitoreo y la comunidad académica. Esta colaboración facilitará el desarrollo, evaluación y calibración de las metodologías que serán esenciales para la persistencia del PMS.

Esta recomendación final nos trae de vuelta al principio. Para ser efectivo y sostenible, el PMS debe ser una entidad que viva y evolucione. Debe tener suficiente estabilidad de métodos para que la base de datos resultante sea útil para comparaciones espaciales y temporales. Debe tener suficiente flexibilidad para ser capaz de resolver los problemas que surjan, y ser capaz de reconocer cuando los métodos necesitan ser mejorados. Esta flexibilidad no puede ser escrita en un manual de métodos. *Esto se desarrollará como una consecuencia de la forma en que el PMS sea establecido, y de la forma en que el opere.* Para ser efectivo, el PMS debe ser implementado por gente que crea en su valor y pueda justificar su costo a otros. El procedimiento participativo e inclusivo que ha sido usado hasta ahora, y el establecimiento de una estructura de manejo que asegure que esos procedimientos continúen será crítico para el éxito de esta excitante aventura.

6 Referencias

- Ackerman JL, Bellwood DR (2000) Reef fish assemblages: a re-evaluation using enclosed rotenone stations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 206: 227-237.
- Andrefouet S, Mumby PJ, McField M, Hu C, Muller-Karger FE (2002) Revisiting coral reef connectivity. *Coral Reefs* 21: 43-48.
- Beck MW, Heck, KL Jr, Able KW, Childers DL, Eggleston DB, Gillanders BM, Halpern B, Hays CG, Hoshino K, Minello TJ, Orth RJ, Sheridan PF, Weinstein MP (2001) The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *Bioscience*. 51: 633-641.
- Bellwood DR, Alcala AC (1988) The effect of a minimum length specification on visual estimates of density and biomass of coral reef fishes. *Coral Reefs* 7: 23-27.
- Bohnsack JA, Bannerot SP (1986) A stationary visual census technique for quantitatively assessing community structure of coral reef fishes. NOAA-NMFS Technical Report. 18pp.
- Fowler AJ (1987) The development of sampling strategies for population studies of coral reef fishes. a case study. *Coral Reefs* 6: 49-58.
- Green RH, Smith SR (1997) Sample program design and environmental impact assessment on coral reefs. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym.* 2: 1459-1464.

- Lauenstein GG, Cantillo AY (1993) Sampling and analytical methods of the NS&T Program National Benthic Surveillance and Mussel Watch Projects, vol. I: Overview and summary of methods. NOAA technical memorandum NOS ORCA 71. Silver Spring, MD. 117pp.
- Lauenstein GG, Daskalakis KD (1999) U.S. long-term coastal contaminant temporal trends determined from mollusk monitoring programs, 1965-1993. *Mar. Pollut. Bull.* 37: 6-13.
- Mapstone BD, Ayling AM (1998) An investigation of optimum methods and unit sizes for the visual estimation of abundances of some coral reef organisms. Great Barrier Reef Marine Park Authority Research Publication no. 47. 70pp.
- McCormick MI, Choat JH (1987) Estimating total abundance of a large temperate-reef fish using visual strip-transects. *Mar. Biol.* 96: 469-478.
- Mumby PJ, Green EP, Edwards AJ, Clark CD (1999) *J. Environ. Manage.* 55: 157-166.
- Newman SJ, Williams DM, Russ GR (1997) Patterns of zonation of assemblages of the Lutjanidae, Lethrinidae and Serranidae (Epinephelinae) within and among mid-shelf and outer-shelf reefs in the central Great Barrier Reef. *Mar. Freshwater Res.* 48: 119-128.
- Pennisi E (2002) Survey confirms coral reefs are in peril. *Science* 297: 1622-1623.
- Rogers CS, Miller J (2001) Coral bleaching, hurricane damage, and benthic cover on coral reefs in St. John, U.S. Virgin Islands: a comparison of surveys with the chain transect method and videography. CPACC report. available at <http://www.cpacc.org/download/vidchain.pdf>, 16pp.
- Rogers CS, Garrison G, Grober R, Hillis Z, Franke MA (1994) Coral reef monitoring manual for the Caribbean and western Atlantic. U.S. National Park Service - Virgin Islands National Park. 114pp.
- Sale PF, Chavez EA, Hatcher BG, Mayfield C, Ciborowski JJH (1999) Guidelines for developing a regional monitoring and environmental information system. Final Report to the World Bank. 75pp.
- Schmitt EF, Sullivan KM (1996) Analysis of a volunteer method for collecting fish presence and abundance data in the Florida Keys. *Bull. Mar. Sci.* 59: 404-416.
- Segal B, Castro CB (2001) A proposed method for coral cover assessment: a case study in Abrolhos, Brazil. *Bull. Mar. Sci.* 69: 487-496.
- Woodley JD (1999) Site selection protocol – draft. CPACC report. available at <http://www.cpacc.org/download/siteselec.pdf>, 8pp.

Yund PO, Gaines SD, Bertness DD (1991) Cylindrical tube traps for larval sampling. *Limnol. Oceanogr.* 36: 1167-1177.

7 Apéndices

7.1 Apéndice uno: Equipo y suplementos necesarios para el Programa de Monitoreo Sinóptico

La mayoría de los componentes del PMS como es recomendado en este reporte requieren de equipos de campo simples como decímetros, cuadrantes, y formas de papel resistente al agua. Equipo de buceo, y botas y motores fuera de borda pueden también ser necesarios, GPS portátiles de alta calidad serán los instrumentos de campo mas elaborado. Contenedores para muestras de agua, discos Secchi, y, potencialmente un Hydrolab o instrumentos similares serán requeridos en los Sitios donde la calidad del agua sea monitoreada directamente. Otras cosas como baldosas de asentamiento y trampas tubo, no son disponibles comercialmente, y deben ser manufacturadas con otros suministros. Nuestras recomendaciones son basadas en métodos simples que usan equipos económicos porque nuestra experiencia ha sido que estos métodos trabajan, y horarios de monitoreo no son interrumpidos por mal funcionamiento o perdida del equipo. El PMS debe generar datos de todos los Sitios regularmente y en horario tan precisamente como sea posible. Equipo simple ayuda a que esto ocurra.

Este modesto grupo de equipos debería ser adicionado a cosas como cámaras digitales y cámaras de video digitales. Nosotros considerémosnos estos últimos componentes extras en lugar de esenciales. Computadores portátiles sencillos y suficientemente fuertes para ir al campo podrían ayudar en la rápida transferencia de datos de papel a forma digital, pero maquinas con los últimos accesorios y capacidades no son requeridas. Nosotros consideraríamos estos en lugar de las cámaras. Computadores usados en el campo tendrán corta vida.

Acceso a datos de sensores remotos requerirán de instrumentación y pago de datos. Si esto parece como un costo para el PMS o para el REIS, computadores capaces de almacenar y manipular datos de campo, y para la conexión con el REIS deben ser obtenidos.

Presupuestos para suministros necesitaran ser más substanciales que presupuesto para equipos. Van ha haber costo de viajes, por combustible y por buceo, y si no hay dinero para cubrir estos, el equipo de monitoreo no será usado. Adicionalmente el equipo requerido necesita ser reemplazado regularmente debido a perdidas, daños, y uso normal.

7.2 Apéndice dos: Programas de monitoreo que se están llevando a cabo en la región mesoamericana.

7.2.1 CARICOMP

Existen cinco sitios CARICOMP en al región: Puerto Morelos, México (monitoreado por la UNAM), Hol Chan, Calabash Caye, y Carrie Bow caye, Belice (monitoreados por el Departamento de Pesca, la Universidad de Belice y el Smithsonian respectivamente), y

Cayos Cochinos, Honduras (monitoreado por la Fundación para Arrecifes Coralinos de Honduras). No ha habido monitoreo constante en estos sitios, pero hay disponibles datos valiosos a través de varios años.

7.2.2 CPACC

Dentro de la región, solamente Belice es participe de SPACC. Sin embargo, en Belice, el Departamento de Pesca y el CZMI han comenzado el monitoreo de tres sitios: Coral Gardens, Caye Chapel (monitoreado por CAMI), y Hol Chan, South Water Caye y Glovers (monitoreados por el Departamento de Pesca).

7.2.3 Monitoreo de calidad de aguas

En Belice, el CZMI ha estado monitoreando calidad de aguas en un numero de sitios ubicados en la laguna de Belice desde finales de 1990. Las muestras son colectadas mensualmente de cerca de 70 sitios, y son sometidas a una variedad de análisis químicos. Este es el único monitoreo de calidad de aguas diferente al monitoreo de aguas costeras de la región debido a preocupaciones por salud humana.

7.2.4 Datos ambientales de línea

A través de la región, las agencias de manejo han colectado datos de línea base en sitios bajo su manejo. A veces la intención ha sido la de implementar labores de monitoreo, pero en muchos casos el monitoreo no es mantenido mas allá de la segunda o tercer visita. En caso de ser accesibles estos datos esparcidos serian de valor para el PMS. Actualmente, en México, CONANP esta comenzando un programa de monitoreo dentro de las áreas marinas bajo su jurisdicción. En Belice, la mayoría de las AMP han sido objeto de colección de algun tipo de información de línea base por parte de las agencias que las manejan. EN Guatemala, FUNDARY y FUNDAECO podrían tener información de línea base de las áreas que ellos manejan. En Honduras, SECTUR, por medio de su programa PMAIB, tiene información de línea base en los recursos marinos de Roatan. Ellos han realizado reconocimientos en sitios de arrecifes, evaluado la calidad de aguas y utilizado el método de CARICOMP, o similares, para evaluar la productividad de manglares. Están comenzando un programa de monitoreo para construir sobre estos datos de línea base. Adicionalmente, BICA tiene información de línea base para Sandy Bay, Roatan, y Turtle Harbor, Utila, mientras RIMS ha iniciado el monitoreo de sedimentación en Sandy Bay.

7.2.5 Muestreos AGRRA

El programa AGRRA ha llevado a cabo varios seminarios de capacitación en la región que por lo general son seguidos por una colección de datos de línea base en un numero de localidades. Los datos deberían de ser obtenibles en el sitio web de AGRRA al igual que por las agencias que llevan a cabo estos programas. En algunos casos estos esfuerzos han conducido a monitoreo AGRRA en estos sitios. Adicionalmente, el Dr. Phil Kramer llevo a cabo un extenso monitoreo de salud de corales después del huracán Mitch utilizando una modificación de la metodología AGRRA.

7.3 Apéndice Tres: Protocolos usados en el monitoreo de arrecifes coralinos

7.3.1 AGRRA

7.3.2 CARICOMP

7.3.3 CONANP

7.3.4 CPACC

7.3.5 GCRMN

7.3.6 REEF

7.3.7 Reef Check

7.3.8 AIMS (no usado en el Caribe)