

Protocolo de Monitoreo No. 38: Monitoreo del Coral Cuerno de Alce (*Acropora palmata*) en la Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an, en el Estado de Quintana Roo.

ANTECEDENTES

La Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an, bordea la costa central del Estado de Quintana Roo, está constituida por una plataforma angosta de origen reciente que se eleva desde el fondo marino, la cual sirve de base a diversas formaciones coralinas arrecifales, en cuyos macizos destaca la presencia de montañas coralinas, de hasta 12 metros de altura en su parte más desarrollada, en las que habita una gran riqueza y diversidad de especies asociadas a los corales escleractinios, gorgonáceos, alcionarios, macroalgas y peces arrecifales¹. Dichos arrecifes presentan una longitud de 110 km que contiene una gran variedad de ecosistemas íntegros altamente biodiversos, cuentan con especies de flora y fauna catalogadas en la NOM-059, forma parte del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), considerado como el segundo sistema arrecifal coralino más grande del mundo el cual se extiende desde Isla Contoy al norte de la península de Yucatán, México, hasta las Islas de la Bahía, Honduras, atravesando Belice y Guatemala.

El sistema arrecifal de la reserva fue descrito en 1993 por Gutiérrez Carbonell *et. al.*,² registrando datos geomorfológicos, evaluando abundancia y cobertura de corales escleractinios, gorgonáceos, macroalgas y peces arrecifales. Se propuso un patrón de zonación, concluyendo que los arrecifes de esta reserva son de tipo bordeante típicamente caribeños y se realizó una descripción de 12 regiones con distinto grado de desarrollo arrecifal. A partir de 1992, el Programa de Monitoreo de la Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an se ha enfocado a evaluar la condición de los arrecifes coralinos de la zona norte. Para tal efecto, se realizan muestreos anuales en las varias estaciones de monitoreo, dos de ellas están ubicadas en Pedro Paila, las cuales forman parte de la cresta arrecifal y la tercera se encuentra en Punta Yuyum y es parte del arrecife frontal. Para evaluar el estado de conservación de los arrecifes, el personal responsable de la reserva en coordinación con Amigos de Sian Ka'an A. C. y Global Vision International monitorean a partir de 1992 la cobertura del tejido vivo de los corales y cinco grupos de algas íntimamente ligadas a ellos. La diversidad y abundancia de peces que habita en el arrecife es otro parámetro que se incorporó al programa de monitoreo desde 1996 (Loreto Viruel *com pers.*).

Se han registrado 42 especies de corales escleractinios pertenecientes a 21 Géneros y 10 Familias, sin considerar 2 especies de hidrocorales pétreos: *Millepora complanata* y *M. alcicornis*. Gutiérrez Carbonell *et. al.*³ estimaron el porcentaje de tejido vivo coralino vivo en toda el área arrecifal de Sian Ka'an en 18.54 % + - 6.96 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cobertura relativa de corales escleractinios en las áreas de estudio.

Área	Cobertura Relativa
Norte	20.62 +- 13.05
Centro	16.68 +-7.62
Sur	16.33 +- 11.61

Las especies de coral *Acropora palmata* y *A. cervicornis* se han visto afectadas a nivel regional por una declinación de sus poblaciones, lo cual inició con una mortalidad masiva ocurrida entre los años 70's y 80's que afectó severamente a lo largo de su área de distribución, presentando pocos signos de recuperación hasta la fecha.

Esta situación coincide con la persistencia de enfermedades y con una mayor incidencia de enfermedades emergentes, registrándose daño en diversas localidades por alteraciones como la

banda blanca, neoplasia, parches de necrosis y puntos blancos (Bak, 1983⁴; Harvell *et al.*, 1999⁵; Rodríguez-Martínez *et al.*, 2001⁷; Porter *et al.*, 2001⁷; Patterson *et al.*, 2002⁸; Vollmer y Kline, 2008⁹). Estas especies están consideradas como especies en peligro crítico de extinción en el libro rojo de Especies Amenazadas elaborado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN por sus siglas en inglés). De acuerdo a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES por sus siglas en inglés) todas las especies de corales escleractinios se encuentran dentro del Apéndice II para su comercio controlado a fin de evitar una utilización incompatible con su sobrevivencia.

Las poblaciones de *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis* se encuentran actualmente amenazadas por una compleja red de factores que alteran y modifican gravemente su hábitat y perturban de este modo a los organismos de estas especies, cuyas poblaciones han sufrido un evidente decaimiento en nuestro país.

Arias González *et.al.* 2009¹⁰ reporta para el arrecife Boca Paila, una riqueza de 23 especies de corales escleractínios. La especie más abundante fue *S. Siderea*, con el 23.9% del total de la cobertura registrada de corales. Las especies que le siguieron en importancia fueron: *M. annularis*, *P. Porites*, *P. astroides*, *D. strigosa* y *A. agaricites*, con coberturas de 13.7, 11.6, 11.4, 9.3 y 9% respectivamente. Las especies con menor cobertura fueron *Mycetophylla spp.* y *Madrasis mirabilis*. Una menor cantidad de especies de corales escleractínios fue registrada en el año 2008, la riqueza en esta ocasión fue de 20 especies. La especie con mayor cobertura registrada fue *M. faveolata* con 20.5% de la cobertura total, seguida de las especies *S. Siderea* y *M. annularis* con 17.7 % y 13.2 % respectivamente.

En 2011 se ejecutó el protocolo de monitoreo de las colonias arrecifales, con recursos del Programa de Monitoreo Biológico en Áreas Naturales Protegidas (PROMOBI), con énfasis en el coral cuerno de alce *Acropora palmata*. Los resultados del monitoreo del coral cuerno de alce en la Reserva denotan un cambio con tendencia negativa en los porcentajes de cobertura de tejido vivo de los corales que se ubican en varios sitios de monitoreo, en la zona de uso público aledaña a la colonia Javier Rojo Gomez. Se compararon los porcentajes de cobertura de tejido vivo de las *Acroporas* en un estudio realizado en el año 1991 y 2011 obteniendo para dos sitios los siguientes resultados:

Estación	Quebrado del Barco		La Colonia
Zona	Posterior	Frontal	Posterior
Cobertura %			
1991	14.25	11.38	19.88
2011	6.98	8.74	12.97

Se observa en la tabla anterior un claro declive en el porcentaje de coberturas de tejido vivo, las causas han sido un conjunto de factores antrópicos y naturales, que van desde un turismo masivo, encallamientos, como tormentas y enfermedades causadas por efectos del calentamiento global como el blanqueamiento. Debido a la tendencia negativa en cuanto al porcentaje de cobertura de tejido vivo, se plantea la necesidad de establecer acciones de restauración y de mitigación del impacto de las actividades humanas en el sitio.

OBJETIVOS

- Continuar con el programa de monitoreo de largo plazo que permitan detectar cambios significativos en el ecosistema arrecifal, de manera eficiente y oportuna, para poder adaptar las acciones de conservación implementadas en función de sus resultados.
- Dar seguimiento a las poblaciones del género *Acropora* y a sus hábitats relacionados para determinar las tendencias de cambio, con base en ello determinar la efectividad de las acciones de conservación.
- Elaborar estándares para el monitoreo de poblaciones de *Acropora*, con énfasis en la detección de blanqueamiento y enfermedades.
- Determinar cambios o variaciones ecológicas en poblaciones de *Acropora* en los sitios actuales donde se conoce su distribución.
- Generar un sistema de detección o alerta temprana, para identificar variaciones climatológicas o amenazas que puedan ser mitigadas con decisiones de manejo.
- Realizar acciones de restauración en sitios deteriorados por factores antrópicos, enfermedades o derivados del cambio climático.

METODOLOGÍA

El programa de monitoreo sinóptico del Sistema Arrecifal Mesoamericano estableció una metodología estandarizada para los países miembros (México, Honduras, Belice, Guatemala). Los indicadores de este grupo son: cobertura de coral duro vivo (relación entre coral vivo y coral muerto); cobertura mortalidad de corales (mortalidad vieja vs. mortalidad nueva); número de colonias de coral duro con menos de 5 cm. de diámetro; abundancia y cobertura de macroalgas (promedio de las diferentes zonas arrecifales); presencia de enfermedades; abundancia de peces por clases de tamaño (individuos por m²); patrones de corrientes marinas y presencia de crecimientos algales (en la superficie del bentos y en la columna de agua). La toma de datos se deberá realizar mediante buceo libre o SCUBA, con equipo de toma de datos que consiste en:

- Plantillas sumergibles para datos
- Tarjetas sumergibles de identificación de especies (ver Lámina 3.1)
- Una línea de 30 m de largo para transectos
- Un objeto (ej.: pedazo de soga, tubo delgado) de 1 m de longitud para medir
- Pizarra de plástico o cilindro de escritura
- Una regla de plástico pequeña atada a la pizarra de plástico o cilindro de escritura

Método de Punto de Intercepción para Porcentaje de Cobertura

Se deberá emplear la técnica de transecto en línea de 30 m de longitud. Tomando el porcentaje de cobertura de organismos sésiles a lo largo del transecto, registrando la naturaleza del organismo cada 25 cm. directamente debajo de ese punto a lo largo del transecto, dichos transectos serán desplegados fortuitamente – esto es, deberán desplegarse de una manera casi al azar, con el fin de evitar elegir directamente los sitios que se van a incluir o evitar. Para lograr esto, se debe trazar la línea del transecto de 30m cuidadosamente arriba de la superficie del arrecife en una dirección perpendicular al declive arrecifal (paralelo a la cresta del arrecife). Asegúrese de que la línea esté tensa. El objetivo es hacer un muestreo de cinco transectos replica por sitio (este nivel de replicación será revisado una vez que los primeros datos del período de muestreo estén disponibles para análisis).

Se calcula el porcentaje de cobertura de organismos sésiles nadando a lo largo del transecto, registrando los organismos a cada 25 cm directamente debajo de ese punto a lo largo del transecto. Se clasifica a los organismos como: **1.** Algas coralinas, **2.** Algas filamentosas, **3.** Macroalgas, **4.** Esponjas, **5.** Gorgonáceos y **6.** Géneros específicos de corales rocosos.

Si el punto está sobre la roca o arena, o coral muerto, se deberá registrar también este hecho. No deben registrarse organismos móviles tales como erizos o caracoles. Para cada coral que sea examinado, se realizará el registro de:

- a) Nombre del género y especie.
- b) Profundidad del agua en la parte superior de los corales al principio y al final de cada transecto. En aquellos casos en que la topografía del fondo sea muy irregular, o el tamaño de los corales en sí sea muy variable, registre la profundidad del agua de la parte superior de cada coral bajo el transecto en cada lugar donde haya un cambio significativo en profundidad (>1m).
- c) Límites de la colonia, basado en el esqueleto conjuntivo o común, tejido conectivo vivo, tamaño de los pólipos y color de los pólipos. Se mide su diámetro máximo proyectado (áreas vivas + muertas) a vista de plano y su altura máxima (áreas vivas + muertas) de la base del sustrato de la colonia (no de la base del arrecife). El diámetro debe ser medido perpendicularmente al eje de crecimiento. La vista de plano deberá evaluarse desde un ángulo que sea paralelo al eje de crecimiento.
- d) Porcentaje (%) del coral que ha "muerto recientemente " y el % de coral que "murió hace mucho tiempo" visto desde arriba en vista en plano. La vista en plano deberá evaluarse desde un ángulo que sea paralelo al eje de crecimiento (prepárese para inclinar la cabeza para encontrar el eje de crecimiento y establecer una vista en plano apropiada) (Almada-Villela, *et al*, 2003¹¹).

Cada sitio de monitoreo incluye solo un hábitat. Una vez que los arrecifes hayan sido estratificados, se seleccionaran los sitios al azar (imparcialmente). Se otorga un número a cada arrecife dentro de cada subdivisión y se usa un método al azar para seleccionar aquellos que se van a evaluar. Si no existe ninguna guía clara para hacer las subdivisiones (ej.: en una barrera continua de arrecife de varios kilómetros de largo), entonces los sitios deberán ser localizados usando una red numerada (cada cuadro representa 200 x 200 m) y sobrepuesta sobre zonas de arrecife delineadas y los cuadros seleccionados al azar (sitios).

Esfuerzo de muestreo

Se monitorearan 16 sitios seleccionados a lo largo del arrecife coralino de la Reserva, cada sitio incluye tres puntos que incluyen el arrecife posterior, la rompiente, la transición a barlovento y el arrecife frontal. Se plantea realizar tres campañas de monitoreo en cada sitio, tomando como referencia los meses de lluvias y nortes (Figura 1).

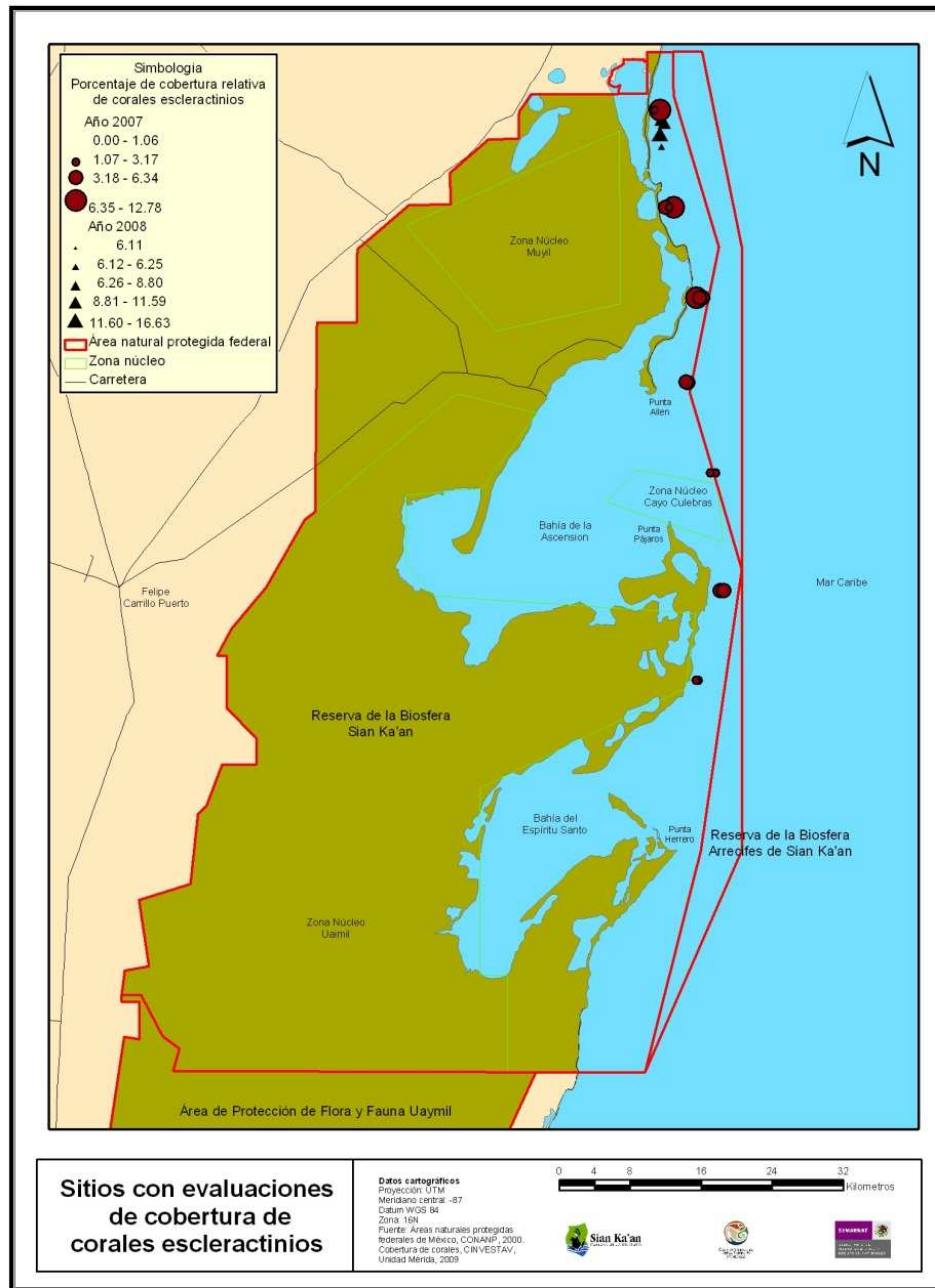


Figura 1. Mapa de sitios a monitorear, incrementando algunos puntos al sur del polígono.

RESULTADOS ESPERADOS

1. Actualización del análisis comparativo histórico de los porcentajes de cobertura de tejido vivo en los sitios de monitoreo, tomando como línea base los trabajos de Gutiérrez Carbonell *et. al.* 1993, Amigos de Sian Ka'an 1993-2005, Álvarez O. 2008; Arias González *et. al.* 2009.
2. Actualización de la base de datos que incluya la información sobre los porcentajes de cobertura de tejido de vivo, índices de diversidad de corales duros, gorgonaceos, algas y peces para cada uno de los 16 sitios de muestreo.
3. Memoria fotográfica (fotografías con alta calidad -se recomienda que como MÍNIMO tengan 5Mb 800ppp por 800ppp) y videos (formato DVD -Digital Versatile Disc-, AVI -Audio Video Interleaved-, MPEG -Moving Picture Experts Group- y Quicktime player -*.mp4-) de las actividades propias del trabajo de campo y de los ejemplares muestreados, tomando en cuenta las referencias establecidas en la sistematización de la información.
4. Actualización del análisis comparativo de los resultados obtenidos en porcentajes de cobertura de tejido vivo, diversidad y abundancia de peces, corales escleractinios y gorgonaceos, algas en las zonas de uso público en donde se realizan actividades turístico recreativas.
5. Informe acerca de las acciones de restauración realizadas en al menos dos sitios de los 16 monitoreados.
6. En el informe final del monitoreo biológico deberá incluir recomendaciones sobre las mejoras que proponen al protocolo actual de monitoreo, así como el uso de la información para mejorar la conservación de las especies y su hábitat.

¹ CONANP. 2007. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Sian ka'an y Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil. Borrador para consulta pública. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.

² Gutiérrez Carbonell d, García Beltrán G, Lara Pérez Soto M, Padilla Souza C, Pizaña Alonso J y Macias OR. 1993. Caracterización de los arrecifes coralinos de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Q. Roo. Sian ka'an Serie de Documentos (1):1 – 47

³ *Idem*

⁴ Bak, R. P. M. 1983. Neoplasia, regeneration and growth in the reef-building coral *Acropora palmata*. Mar. Biol., 77:221-227.

⁵ Harvell, C. D., Kim, K., Burkholder, J. M., Colwell, R.R., Epstein, P. R., Grimes, D. J., Hofmann, E. E., Lipp, E. K., Osterhaus, A. D., Overstreet, R. M., Porter, J. W., Smith, G. W., Vasta, G. R. 1999. Emerging marine diseases--climate links and anthropogenic factors. Science. Sep 3; 285(5433):1505-10.

⁶ Rodríguez-Martínez, R. E., Banaszak, A. T., y Jordán-Dahlgreen, E. 2001. Necrotic patches affect *Acropora palmata* (Scleractinia: Acroporidae) in the Mexican Caribbean. Dis. Aquat. Org. 47:229-234.

⁷ Porter, J. W., Dustan, P., Jaap, W. C., Patterson, K. L., Kosmynin, V., Meier, O. W., Patterson, M. E. y Parson, M. 2001. Patterns of spread of coral disease in Florida Keys. Hydrobiologia 460:1-24.

⁸ Patterson, K. L., Porter, J. W., Ritchie, K. B., Pison, S. W., Mueller, E., Peters, E. C., Santavy, D. L., y Smith, G. W. 2002. The etiology of white pox, a lethal disease of the Caribbean elkhorn coral, *Acropora palmata*. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.092260099.

⁹ Vollmer, S. V. y Kline, D. I. 2008. Natural Disease Resistance in Threatened Staghorn Corals. PLoS ONE 3(11): e3718. doi:10.1371/journal.pone.0003718. Editor: John F. Bruno, University of North Carolina at Chapel Hill, United States of America.

¹⁰ Arias-González EJ, Acosta-González G, Hernández Landa RC y Franklin GL. 2009 Biodiversidad y estado de conservación del arrecife coralino frontal del Caribe Mexicano. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-Unidad Mérida). Informe final CONACyT (clave 2001). Mérida, Yucatán.

¹¹ Almada-Villela, P.C., P.F. Sale, G. Gold-Bouchot y B. Kjerfve. 2003. Manual de Métodos para el Programa de Monitoreo Sinóptico del SAM. Proyecto Para el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM). Unidad Coordinadora del Proyecto, Coastal Resources Multi-Complex Building. Belice.

CALENDARIO DE ENTREGA DE PAGOS Y PRODUCTOS DEL PROTOCOLO

PRODUCTOS	% DE PAGOS	FECHA DE PAGO
Primer pago Inicio del proyecto	50%	15 días hábiles posteriores a la firma del convenio de concertación
Segundo pago <ul style="list-style-type: none"> Avance de la actualización del análisis comparativo histórico de los porcentajes de cobertura de tejido vivo en los sitios de monitoreo, tomando como línea base los trabajos de Gutiérrez Carbonell <i>et. al.</i> 1993, Amigos de Sian Ka'an 1993-2005, Álvarez O. 2008; Arias González <i>et. al.</i> 2009. Avance de la actualización de la base de datos que incluya la información sobre los porcentajes de cobertura de tejido de vivo, índices de diversidad de corales duros, gorgonaceos, algas y peces. 	25%	Agosto
Tercer y último pago <ul style="list-style-type: none"> Informe final con el análisis comparativo histórico de los porcentajes de cobertura de tejido vivo en los sitios de monitoreo, tomando como línea base los trabajos de Gutiérrez Carbonell <i>et. al.</i> 1993, Amigos de Sian Ka'an 1993-2005, Álvarez O. 2008; Arias González <i>et. al.</i> 2009. Incluir el análisis comparativo de los resultados obtenidos en porcentajes de cobertura de tejido vivo, diversidad y abundancia de peces, corales escleractinios y gorgonaceos, algas en las zonas de uso público en donde se realizan actividades turístico recreativas. Base de datos que incluya la información sobre los porcentajes de cobertura de tejido de vivo, índices de diversidad de corales duros, gorgonaceos, algas y peces para los 16 sitios de muestreo. Informe acerca de las acciones de restauración realizadas en al menos dos sitios de los 16 monitoreados. Memoria fotográfica (fotografías con alta calidad -se recomienda que como MÍNIMO tengan 5Mb 800ppp por 800ppp) y videos (formato DVD -Digital Versatile Disc-, AVI -Audio Video Interleaved-, MPEG -Moving Picture Experts Group- y Quicktime player -*.mp4-) de las actividades propias del trabajo de campo y de los ejemplares muestreados, tomando en cuenta las referencias establecidas en la sistematización de la información. En el informe final del monitoreo biológico deberá incluir recomendaciones sobre las mejoras que proponen al protocolo actual de monitoreo, así como el uso de la información para mejorar la conservación de las especies y su hábitat. 	25%	Octubre

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