

Proyecto “Efecto de factores de forzamiento externo en comunidades coralinas en arrecifes de la costa Este de la Península de Yucatán”.

Responsable: Dr. Eric Jordán Dahlgren

ICML, UNAM

Colaboradora:

M. en C. Rosa Elisa Rodríguez Martínez

ICML, UNAM

Duración: Enero 2000-Diciembre 2022

INTRODUCCIÓN

Los arrecifes de coral han tenido un valor incalculable para el hombre desde la época pre-hispánica, cuando productos pescados en él, como el caracol rosado y la tortuga, constituían parte importante de la proteína que se consumían y los esqueletos de corales y las conchas de moluscos se usaban como ofrendas en los entierros. Hoy se reconoce que los arrecifes de coral tienen un alto valor ecológico, cultural, económico y científico y que son fuente de alimentos y medicamentos. Para México, los arrecifes representan el sustento de gran parte de la industria turística, que visita las playas de arena blanca y fina formada por restos pulverizados de corales, conchas, erizos, algas y otros organismos arrecifales. Los arrecifes, además, brindan protección a la inversión urbana y hotelera en zonas costeras durante tormentas y huracanes.

Desafortunadamente, los beneficios que proporcionan los arrecifes de coral están amenazados por el rápido deterioro que están presentando en todo el mundo, como resultado de la afectación de factores múltiples. En México, los sistemas arrecifales se han deteriorado significativamente en las últimas décadas por diversos factores que incluyen huracanes, sobrepesca, cambio climático y deterioro en la calidad del agua por el aumento en los desarrollos turísticos y urbanos (Harvell et al. 2007; Jackson et al., 2014). El calentamiento del planeta se ha asociado con el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos de blanqueamiento de coral, el cual a su vez es un precursor de enfermedades (Chollet et al., 2017). A su vez, el incremento en la cantidad de contaminantes y nutrientes ha contribuido también al aumento de las enfermedades de coral y de otros organismos arrecifales.

Estudios científicos indican que en el Caribe Mexicano, la cobertura coralina disminuyó entre 30% y 50% en la últimas cuatro décadas y que muchas áreas antes cubiertas por corales ahora los están por macroalgas (Jackson et al., 2014; Estrada-Saldívar et al., 2019). Recientemente, en el año 2018, los corales en el Caribe mexicano comenzaron a morir de forma masiva como resultado de una epidemia denominada “Síndrome Blanco”, que es capaz de matar a las colonias en cuestión de semanas. La causa de la enfermedad se desconoce, pero

ha provocado la pérdida de hasta el 80% de las colonias en algunas especies (Álvarez-Filip et al., 2019).

La pérdida de cobertura coralina ha provocado una homogenización ecológica entre las zonas posterior y frontal del arrecife resultando en una disminución significativa en la rugosidad del arrecife y en las tasas de calcificación (Estrada-Saldivar et al., 2019). En el presente ambas zonas arrecifales presentan presupuestos de carbonatos negativos, lo que limita su capacidad para sostener la acreción y compromete su estructura tridimensional y su capacidad futura para proveer hábitat y servicios ambientales (Estrada-Saldivar et al., 2019).

Aunado a los factores antes mencionados, el Caribe mexicano se enfrenta desde finales del año 2014 a una nueva amenaza para sus ecosistemas costeros que consiste en el arribo de cantidades masivas atípicas de sargazo pelágico (Rodríguez-Martínez et al., 2016). La acumulación y descomposición del sargazo en las playas ha provocado un deterioro importante en la calidad del agua marina costera, que ha resultado en mortalidad de pastos marinos y fauna (van Tussenbroek et al., 2017; Rodríguez-Martínez et al., 2019). El número de eventos de sargazo registrados en la última década en el Atlántico sugiere que serán un fenómeno recurrente, aunque su frecuencia y magnitud variarán entre años dependiendo de la población “semilla” durante el invierno y de varios factores ambientales.

Para entender mejor el impacto de los factores naturales y antropogénicos antes mencionados en la biodiversidad y en los servicios ecosistémicos que proveen los sistemas arrecifales, es necesario estudiarlos por largos períodos de tiempo e incluir diferentes escalas espaciales.

Objetivo

Analizar cambios espaciales y temporales en la estructura de la comunidad coralina en arrecifes del Caribe Mexicano y del Golfo de México.

Metas

- a) Estimar cambios espaciales y temporales en la cobertura de los principales componentes béticos (corales e hidrocorales pétreos, algas, esponjas, zoántidos coloniales y gorgonáceos)
- b) Estimar cambios espaciales y temporales en la densidad de corales escleractinios.
- c) Estimar cambios espaciales y temporales en la prevalencia de enfermedades en corales escleractinios.
- d) Estimar cambios espaciales y temporales en la abundancia de interacciones de competencia entre corales y otros organismos béticos.
- e) Estimar cambios espaciales y temporales en el reclutamiento de corales escleractinios.
- f) Estimar cambios en la calidad del agua de la zona costera.
- g) Determinar el impacto del arribo masivo de sargazo pelágico en el sistema arrecifal.

Área de estudio

El estudio se realiza en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe. En el Golfo de México los arrecifes a estudiar son los comprendidos en el Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, en el Sistema Arrecifal Veracruzano y en el Banco de Campeche (Fig. 1a), mientras que en la Costa Este de la Península de Yucatán los arrecifes son Puerto Morelos, Akumal, Sian Kaan, y Mahahual (Fig. 1b).

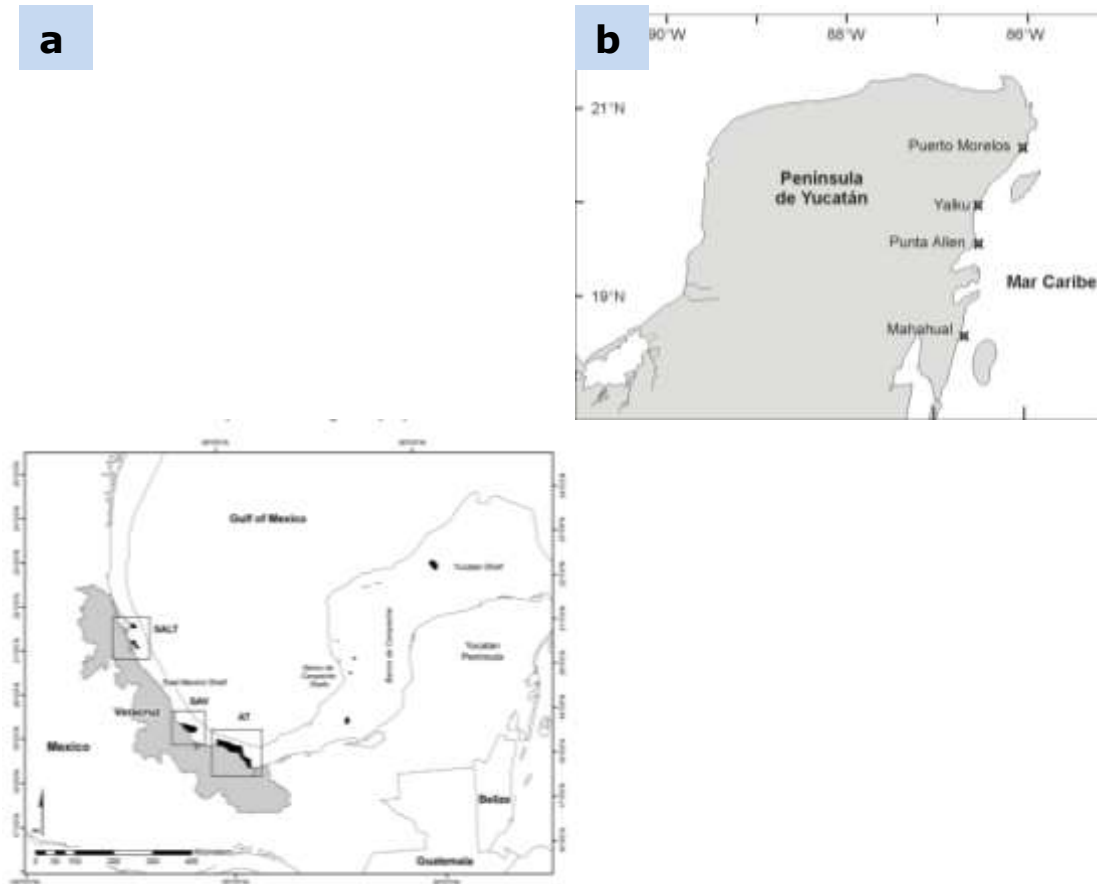


Figura 1. Localización de las zonas de estudio.

Métodos

El proyecto utiliza diferentes métodos de muestreo dependiendo de las preguntas que se pretenden responder.

Transectos lineales (Loya, 1972, 1978). Se utilizan para determinar la cobertura de los diferentes grupos bénticos. En los arrecifes del Golfo de México los transectos se realizarán al azar. En los sitios de Caribe Mexicano los transectos son permanentes desde el año 2006 (Tabla 1); están delimitados por armellas de acero inoxidable (10cm largo) y orientados perpendicularmente al eje norte-sur del arrecife. Para delimitar cada transecto se colocaron tres armellas, una en cada extremo y una en el centro. Entre las armellas se extiende una cinta métrica de 25m de longitud, bajo la cual se registra el número de centímetros que

quedan encima de cada grupo béntico (corales, gorgonáceos, algas, esponjas, tapetes, corales). Utilizando el transecto lineal como guía se registran todas las colonias de coral que quedan un metro a cada lado del mismo. De cada colonia se registra su especie, diámetro máximo, diámetro mínimo y condición. Con estos datos se calcula la densidad de colonias, la distribución de tamaños de las poblaciones y la prevalencia de enfermedades y blanqueamiento.

La identificación de organismos se realiza *in situ* siguiendo las claves de Wells (1956), Smith (1972), y Zooxanthellate Corals Identification Tools of the Neogene Marine Biota of Tropical America (1997) para escleractinios, de Bayer (1961) para gorgonáceos y de Littler et al. (1989) para algas.

Tabla 1. Número de transectos permanentes en cuatro arrecifes del Caribe mexicano.

Arrecife	Unidad Arrecifal	No. De Sitios	Niveles de Profundidad	No. De Transectos
Puerto Morelos	Jardines	2	1	6
	Bocana	1	1	6
	Picudas	1	1	6
Akumal	Yalku	2	3	18
Sian Kaan	Punta Allen	2	3	18
Mahahual	Kilómetro 4	2	3	18
Total		10		72

Video-transectos. La composición y cobertura de la comunidad béntica y la prevalencia de enfermedades de coral, también se estudia mediante el uso de video-transectos (Uychiaoco et al. 1992) utilizando cámaras de video digital marca GoPro montadas en una estructura de PVC que porta una escala al final. Posteriormente cada video-transecto MP4 se convierte a un archivo tipo .AVI, utilizando el programa GoPro Studio, para poder extraer cuadros de imagen del mismo.

Monitoreo de colonias. En Puerto Morelos se realiza el seguimiento temporal de colonias de coral para identificar cambios en su condición. Para esto se realizan mapas de la ubicación de las colonias en distintos puntos del arrecife. Las colonias son identificadas mediante posición GPS y con el uso de fotografías, por lo que no son manipuladas.

Monitoreo de la calidad del agua. Para analizar la calidad del agua en la zona costera, se mide la concentración de elementos y de isótopos estables de nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y carbono ($\delta^{13}\text{C}$) en fragmentos de 5 x 5 cm del gorgonáceo *Gorgonia ventalina* y en ejemplares (frondas) de *Sargassum natans* y *S. fluitans*. Las muestras de *G. ventalina* se colectan en las localidades de Puerto Morelos, Akumal, Sian Káan y Mahahual en cuatro zonas arrecifales: laguna, zona posterior, cresta y zona frontal (Tabla 2). Las muestras de *Sargassum* spp. se colectan desde la orilla del mar. Las muestras se secan al sol inmediatamente después de

ser colectadas y se almacenarán para su envío a los laboratorios en los que se realizan los análisis químicos, de isótopos y microplásticos.

Monitoreo del arribo masivo de Sargazo pelágico. Desde 2015, el laboratorio de Ecología de Arrecifes del ICMYL, UNAM, con el apoyo del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, comenzó a integrar una base de datos sobre el volumen removido mensualmente por hoteles y Servicios Públicos Municipales (SPM). Adicionalmente se registran las especies de fauna móvil que recalcan en la playa muertas durante estos eventos.

Análisis de Sedimentos. En algunos de los sitios en los que se realiza el monitoreo permanente de corales, se toman muestras de sedimentos superficiales con el propósito de inferir: el papel relativo de los diferentes productores de sedimento, el grado de clasificación del sedimento y la concentración de elementos.

Tabla 2. Sitios muestreo y de colecta de fragmentos de 5 x 5 cm² de *Gorgonia ventalina* (Gven) y de frondas de *Sargassum fluitans* y *S. natans* (Sarg) en cuatro arrecifes coralinos de Quintana Roo. Se indica el número de muestras a colectar por especie y la profundidad y distancia a la costa a la que serán colectadas las muestras.

Arrecife	Unidad Arrecifal	No Muestras por especie		Profundidad (metros)	Distancia a la costa (km)	Zona
		Gven	Sarg			
Puerto Morelos	Limonos	6	6	2-4	0.2-2.8	Laguna y Posterior
	Bonanza	6	6	2-4	0.2-2.8	Laguna y Posterior
	Picudas	6	6	2-4	0.2-1.4	Laguna y Posterior
	Bocana	6	6	2-5	0.2-1.4	Laguna, Posterior, Cresta, Frontal
	Ojos de Agua	12	12	3-5	~0.2	Laguna
	UNAM	24	24		0.2-1.2	Laguna, Posterior, Cresta, Frontal
	Ceiba	24	24	2-5	0.2-1.5	Laguna, Posterior, Cresta, Frontal
	Faro	24	24	2-3	0.2-1.0	Laguna, Posterior, Cresta, Frontal
	Ferri	24	24	2-5	0.2-1.0	Laguna, Posterior, Cresta, Frontal
	Jardines	6	6	5	1.2	Frontal
Akumal	Yalku	12	12	10, 15	0.6	Frontal
	Bahía de Akumal	6	6	2	0.3	Posterior
Sian Kaan	Punta Allen	12	12	2, 10, 15	0.2-6.0	Posterior y Frontal
Mahahual	Kilómetro 4	12	12	2, 10, 15	0.2-1.0	Posterior y Frontal
Total		180	180			

Aplicación práctica de los resultados

- Aportar información sobre la calidad del agua y la salud de los arrecifes coralinos en México que permitan tomar decisiones de manejo y realizar acciones de conservación
- Desarrollar practicas adecuadas de manejo de aguas residuales en zonas urbanas y turísticas
- Desarrollar un manejo sustentable del sargazo pelágico

Materiales: Equipo de buceo libre y autónomo y bolsas de plástico

Embarcaciones: En cada sitio de muestreo se renta el servicio de embarcación, en caso de ser necesario.

Equipos a utilizar para la colecta de muestras: Las colectas se realizan mediante buceo libre y autónomo (*G. ventalina*) o desde la orilla del mar (*Sargassum* spp.). En caso de ser necesario, el servicio de buceo se contratá con empresas autorizadas en cada sitio.

Zonas y profundidades de operación: Zonas lagunar, posterior y frontal de los arrecifes (Ver tabla 2)

Determinación de especies materia del estudio de investigación: *Gorgonia ventalina*, *Sargassum natans*, *Sargassum fluitans*

Cantidad de muestras a recolectar: Ver tabla 2

Apoyo económico: Universidad Nacional Autónoma de México

Referencias

- Alvarez-Filip, L., Estrada-Saldívar, N., Pérez-Cervantes, E., Molina-Hernández, A., & González-Barrios, F. J. 2019. A rapid spread of the stony coral tissue loss disease outbreak in the Mexican Caribbean. PeerJ, 7, e8069.
- Chollett, I., Collin, R., Bastidas, C., Cróquer, A., Gayle, P. M., Jordán-Dahlgren, E., ... & Alemu, J. 2017. Widespread local chronic stressors in Caribbean coastal habitats. PloS one, 12(12).
- Estrada-Saldívar N, Jordán-Dahlgren E, Rodríguez-Martínez RE, Perry C, Alvarez-Filip, L. 2019. Functional consequences of the long-term decline of reef-building corals in the Caribbean: evidence of across-reef functional convergence. Royal Society Open Science 6(10): 190298
- Harvell, D., Jordán-Dahlgren, E., Merkel, S., Rosenberg, E., Raymundo, L., Smith, G., ... & Willis, B. 2007. Coral disease, environmental drivers, and the balance between coral and microbial associates. Oceanography, 20, 172-195.
- Jackson J.B.C., M.K. Donovan, K.L. Cramer, ...et al. 2014. Part 1: Overview and Synthesis for the wider Caribbean Region. In: Status and Trends of Caribbean Coral Reefs 1970-2012. Jackson, M. Donovan, K. Cramer, V. Lam (Eds.). Global Coral Reef Monitoring Network c/o International Union for the Conservation of Nature. Global Marine and Polar

Program. 1630 Connecticut Avenue N. W. Washington, D. C. United States of America.
243 p.

Reyes-Bonilla, H., & Jordán-Dahlgren, E. 2017. Caribbean Coral Reefs: Past, Present, and Insights into the Future. *Marine Animal Forests: The Ecology of Benthic Biodiversity Hotspots*, 31-72.

Rodríguez-Martínez RE, Medina-Valmaseda AE, Blanchon P, Monroy-Velázquez LV, Almazán-Becerril A, Delgado-Pech B, Vásquez-Yeomans L, Francisco V, García-Rivas MC. 2019. Faunal mortality associated with massive beaching and decomposition of pelagic *Sargassum*. *Marine Pollution Bulletin* 146: 201/205.

van Tussenbroek, B. I., Arana, H. A. H., Rodríguez-Martínez, R. E., Espinoza-Avalos, J., Canizales-Flores, H. M., González-Godoy, C. E., ... & Collado-Vides, L. 2017. Severe impacts of brown tides caused by *Sargassum* spp. on near-shore Caribbean seagrass communities. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1-2), 272-281.