



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Licenciatura en Biología

**Identificación bentónica en sitios arrecifales de los arrecifes del
Caribe (Puerto Morelos, Quintana Roo) y del Golfo de México (los
Cayos del Golfo de Campeche)**

Gutiérrez García Joseline 2203061609

Asesores:

M. en C. Alfonso Esquivel Herrera (17064)

Dra. Angela María Randazzo Eisemann

25 de septiembre del 2025, México

Tabla de Contenido

Resumen	3
1. Introducción	4
2. Marco Teórico	5
2.1. Importancia de los arrecifes de coral.....	5
2.2. Corales duros	6
2.3. Otros organismos bentónicos	8
3. Antecedentes	9
4. Planteamiento del problema y justificación	11
5. Objetivos	12
6. Métodos	13
6.1. Área de Estudio.....	13
6.3. Procesamiento de datos	16
6.4. Análisis de datos	17
7. Resultados	17
8. Discusión	23
9. Conclusiones	25
10. Agradecimientos	26
11. Cronograma de actividades	27
12. Referencias Bibliográficas	28
13. Anexos	35
14. VoBo	45

Resumen

Este estudio compara la estructura bentónica y el Índice de Salud Arrecifal Bentónica (ISA-B) entre dos sistemas contrastantes: un arrecife costero altamente presionado (Puerto Morelos, Caribe mexicano) y un sistema oceánico remoto (Cayos del Banco de Campeche, Golfo de México). Se muestrearon ocho sitios (cuatro por sistema) en profundidades de 5–10 m mediante video-transectos (3 por sitio, 50 cuadros por video y 12 puntos por cuadro), procesados en ReefCloud y CoralNet. La identificación se realizó a nivel de especie en corales duros y a nivel de género en los demás grupos bentónicos, acumulando 14,400 puntos. Los Cayos del Banco de Campeche presentaron mayor cobertura de corales duros y algas coralinas incrustantes, mientras que en Puerto Morelos dominaron macroalgas y otros invertebrados sésiles, con mayor proporción de sustrato expuesto. Las algas césped fueron abundantes en ambos sistemas. De acuerdo con el ISA-B (relación cobertura de coral/coertura de macroalga carnosa), cinco de los ocho sitios se clasificaron en estado crítico; dos en condición pobre y uno en condición buena. Estos resultados refuerzan el contraste funcional entre un arrecife costero impactado y un sistema oceánico relativamente conservado, y subrayan la necesidad de manejo diferencial: reducción de presiones locales y mejora de la calidad del agua en Puerto Morelos, y fortalecimiento de vigilancia y conservación en los arrecifes oceánicos del Golfo de México.

Palabras clave: organismos bentónicos, índice de salud arrecifal, Cayos del Golfo de Campeche, Puerto Morelos.

1. Introducción

Los ecosistemas arrecifales son pilares de la biodiversidad marina y proporcionan bienes y servicios de gran valor ecológico, económico y cultural. Entre sus funciones destacan la protección de la costa frente a tormentas, el sustento de actividades pesqueras y turísticas, y la provisión de hábitats de crianza para numerosas especies marinas (Carmona-Islas et al., 2019). No obstante, se encuentran bajo una presión creciente derivada de factores humanos como el cambio climático, la eutrofización y la sobreexplotación de recursos (Hughes et al., 2019).

Los corales duros constituyen los principales constructores de arrecifes, al formar estructuras tridimensionales que sostienen una elevada diversidad biológica. Alrededor de ellos, otros organismos bentónicos como algas coralinas costrosas, algas césped, macroalgas, esponjas y octocorales desempeñan un papel fundamental en la productividad primaria, el reciclaje de nutrientes y la dinámica del hábitat (Rodríguez-Jerez et al., 2019; Jayachandran et al., 2022).

Actualmente, los arrecifes atraviesan transformaciones aceleradas. El cambio climático es considerado la principal amenaza: incrementos de apenas 1–2 °C en la temperatura superficial del mar pueden desencadenar eventos de blanqueamiento coralino cada vez más frecuentes e intensos, con consecuencias negativas en la supervivencia, el crecimiento y el reclutamiento de los corales (Hughes et al., 2019; Bellwood et al., 2019).

La pérdida de cobertura coralina conlleva cambios profundos en las comunidades asociadas. En muchos sitios, las macroalgas han desplazado a los corales como grupo dominante, lo que reduce la resiliencia del ecosistema. Este cambio de fase está relacionado con la disminución de herbívoros por sobrepesca o enfermedades y con el enriquecimiento de nutrientes en la columna de agua (López-Jiménez et al., 2020). La recuperación natural de corales de crecimiento lento puede requerir varias décadas si no ocurren perturbaciones adicionales (Hughes et al., 2019).

En el Caribe mexicano, la degradación arrecifal se ha intensificado desde inicios del siglo XXI, manifestada en la reducción de cobertura coralina, la pérdida de

complejidad estructural y el aumento sostenido de macroalgas (Rioja-Nieto & Álvarez-Filip, 2019; Pérez, 2021). Estos cambios son resultado de la interacción entre estresores locales —como la sobrepesca y el desarrollo costero— y estresores globales, como el calentamiento oceánico (Randazzo et al., 2019).

Ante este panorama, resulta indispensable generar información actualizada sobre la composición y dominancia de los organismos bentónicos en sistemas arrecifales sometidos a distintos niveles de presión humana. En este sentido, el presente proyecto compara dos escenarios contrastantes: Puerto Morelos, un arrecife costero con elevada presión antrópica, y los Cayos del Banco de Campeche, un sistema oceánico remoto con menor intervención humana.

2. Marco Teórico

2.1. Importancia de los arrecifes de coral

Los arrecifes coralinos son ecosistemas contruidos por organismos marinos que depositan carbonato de calcio. Aunque ocupan apenas el 1 % de la superficie oceánica, se encuentran entre los ambientes más biodiversos del planeta, albergando cerca de un tercio de las especies marinas descritas (López-Jiménez et al., 2020; Robles-Payán et al., 2021). En estos ecosistemas conviven algas verdes, rojas y pardas, así como numerosos invertebrados y peces, y se mantienen estrechamente conectados con otros hábitats costeros como pastos marinos, manglares y marismas (CONANP, 2016).

En conjunto con estos ambientes, los arrecifes proveen servicios ecosistémicos esenciales: suministro de alimento a poblaciones humanas, hábitats de reproducción y crianza de especies de interés comercial, generación de empleos vinculados a la pesca y al turismo, y funciones clave en los ciclos biogeoquímicos. Además, actúan como barreras naturales que reducen la erosión costera y mitigan el impacto de oleajes y tormentas (Perera-Valderrama et al., 2020; Lujambio, 2024; Juárez, 2020). No obstante, estos ecosistemas enfrentan amenazas significativas a distintas escalas. A nivel local, la sobrepesca, la contaminación y el desarrollo costero generan presión

directa. A nivel regional, la variabilidad en patrones de precipitación y el aumento en la frecuencia de tormentas tropicales intensifican el deterioro. A nivel global, la acidificación oceánica, el incremento del nivel del mar y el calentamiento de la superficie marina provocan blanqueamientos masivos y reducen la resiliencia de los corales (Garza & Randazzo, 2022; Reyna-Fabián et al., 2018).

El desarrollo costero, en particular, exacerba estos procesos al incrementar la sedimentación y las descargas de aguas residuales, lo que disminuye la penetración de luz y puede inducir condiciones de anoxia. El exceso de nutrientes favorece la proliferación de macroalgas que compiten con los corales por espacio y luz, mientras que la sobrepesca reduce las poblaciones de herbívoros, limitando el control natural de algas. La invasión del pez león (*Pterois volitans* y *P. miles*) constituye otra amenaza importante, ya que depreda especies nativas y altera las redes tróficas (Juárez, 2020).

La temperatura del mar es un factor crítico. Los corales sobreviven en un rango de 18–30 °C, y aumentos de apenas 1–2 °C pueden inducir blanqueamientos masivos. En paralelo, las enfermedades coralinas se han vuelto más frecuentes y severas, favorecidas por la interacción entre patógenos, hospederos susceptibles y condiciones ambientales propicias (Colorado, 2019; Forero-Mejía, 2012; Rodríguez et al., 2013). Durante 2023, el Golfo de México y el Caribe registraron anomalías de temperatura de hasta 3 °C por encima de lo normal, desencadenando un evento de blanqueamiento sin precedentes (Ordoñez, 2023).

2.2. Corales duros

Los corales pertenecen al filo Cnidaria, subfilo Anthozoa, y se dividen en dos grandes grupos: los corales duros o hermatípicos (clase Hexacorallia) y los corales blandos o ahermatípicos (clase Octocorallia). Los corales duros son los principales constructores de arrecifes, ya que secretan esqueletos de carbonato de calcio que generan estructuras tridimensionales complejas (**Figura 1**). Estas formaciones sostienen una alta diversidad de organismos y constituyen la base física de los ecosistemas arrecifales.

El crecimiento de los corales hermatípicos depende de la simbiosis con zooxantelas, algas unicelulares que viven en sus tejidos y proporcionan productos fotosintéticos a cambio de un ambiente estable y acceso a la luz (Rivera, 2024; Chávez, 2019). Gracias a esta asociación, los corales hermatípicos se distribuyen en la zona fótica de mares cálidos, claros y oligotróficos, dentro de un rango óptimo de temperatura de 22–28 °C. Se encuentran desde aguas someras de un metro de profundidad hasta alrededor de 100 m, siempre que exista suficiente luz y oxígeno (Rivera, 2024).

Lo que parece un solo organismo es en realidad una colonia de pólipos interconectados, cada uno con capacidad de secretar carbonato de calcio. Las zooxantelas que habitan en sus tejidos producen oxígeno y nutrientes que aceleran el crecimiento coralino y la consolidación de los arrecifes (Robles-Zavala, 2020).

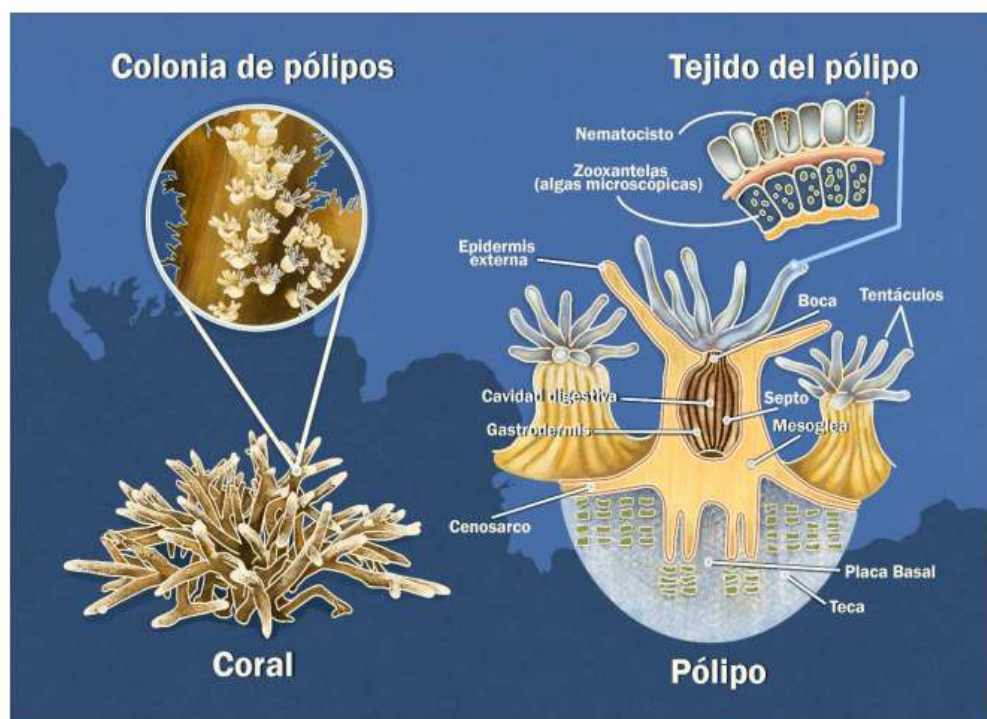


Figura 1. Anatomía de corales hermatípicos (Rivera, 2024).

En contraste, los corales blandos carecen de un esqueleto calcáreo rígido y presentan un eje interno fibroso recubierto por tejido carnososo. Suelen habitar aguas más profundas y menos iluminadas. Aunque aportan complejidad estructural y sirven de refugio a numerosos organismos, no contribuyen de manera significativa a la construcción arrecifal. En México se han registrado alrededor de 60 especies de

corales formadores de arrecifes y 50 especies de corales blandos, principalmente en el Caribe y el Golfo de México (Rivera, 2024; Ortiz, 2005).

2.3. Otros organismos bentónicos

Los organismos bentónicos que habitan en los arrecifes permanecen adheridos al sustrato y, por ello, son altamente sensibles a los cambios en el ambiente. Cumplen funciones ecológicas esenciales, ya que participan en la estructuración del hábitat, la productividad primaria, el reciclaje de nutrientes y la transferencia de energía dentro de las redes tróficas. Su carácter sésil los convierte en indicadores útiles para evaluar la condición de los ecosistemas arrecifales (Abdul et al., 2022; Lopeztegui-Castillo & Martínez-Coello, 2020).

Entre los componentes más frecuentes se encuentran las algas césped, que dominan en numerosos arrecifes del Caribe y otras regiones tropicales. Estas algas contribuyen a la producción primaria y sirven de alimento y refugio para invertebrados y peces; sin embargo, también compiten directamente con los corales duros por espacio y luz. Su rápida colonización de sustratos dificulta el asentamiento de larvas de coral y acelera la degradación del tejido coralino, comprometiendo la recuperación natural de los arrecifes (Gómez-Cubillos et al., 2020; Swierts & Vermeij, 2016).

Otro grupo en expansión son las cianobacterias, que forman tapetes o películas filamentosas sobre las superficies arrecifales, a menudo asociadas con algas césped. Además de competir por espacio, pueden liberar compuestos tóxicos que inhiben el crecimiento coralino y afectan a organismos cercanos. Su proliferación suele estar vinculada al exceso de nutrientes y a la disminución de herbívoros, condiciones que favorecen su establecimiento en arrecifes degradados.

Las macroalgas carnosas constituyen otro componente relevante. Su proliferación, documentada desde la década de 1980, se asocia principalmente con procesos de eutrofización, desarrollo costero y disminución de herbívoros. Estas algas desplazan a los corales escleractíneos, reducen la resiliencia ecológica y favorecen cambios de

fase, en los que los arrecifes pasan de estar dominados por corales a estar dominados por algas (Márquez & Díaz, 2005).

En arrecifes con cobertura coralina reducida también se ha observado un incremento en la abundancia de esponjas. Algunas especies compiten directamente con los corales por espacio y luz, mientras que otras facilitan procesos de bioerosión que debilitan la estructura arrecifal (Chaves-Fonnegra et al., 2005). De manera similar, los octocorales —como gorgonias y abanicos de mar— han incrementado su presencia en numerosos arrecifes del Caribe. Aunque contribuyen a la complejidad estructural y ofrecen refugio a peces e invertebrados, su expansión suele reflejar cambios funcionales en la comunidad, sustituyendo a los corales duros como principales organismos dominantes (Rey-Villiers & Sánchez, 2018).

En conjunto, estos cambios reflejan un patrón de reemplazo de los corales constructores por algas, cianobacterias, esponjas u octocorales. Este proceso compromete la resiliencia del ecosistema y reduce su capacidad para mantener los servicios ambientales que sustentan a las comunidades humanas y costeras (Swierts & Vermeij, 2016).

3. Antecedentes

Los arrecifes coralinos son reconocidos como uno de los ecosistemas más biodiversos del planeta. Aunque ocupan menos del 1 % de la superficie oceánica, concentran una gran proporción de especies marinas y generan servicios ecosistémicos fundamentales, como la protección de la costa, la provisión de hábitats complejos y el sustento de actividades económicas vinculadas a la pesca y el turismo (Perera-Valderrama et al., 2020; Robles-Payán et al., 2021).

En estas comunidades, los organismos bentónicos —incluyendo corales, esponjas, octocorales, algas calcáreas, césped, macroalgas y otros invertebrados sésiles— desempeñan un papel central en la estructura del hábitat y en el flujo de energía. Debido a su carácter sésil, responden rápidamente a cambios ambientales y se

emplean como indicadores de salud arrecifal (Abdul et al., 2022; Lopeztegui-Castillo & Martínez-Coello, 2020).

El monitoreo del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), que abarca México, Belice, Guatemala y Honduras, muestra una tendencia sostenida hacia el cambio de fase ecológica. La cobertura promedio de corales duros se sitúa alrededor del 17 %, mientras que la de macroalgas carnosas alcanza el 20 %, con patrones incluso más marcados en el Caribe mexicano (McField et al., 2024). En contraste, los arrecifes oceánicos del Banco de Campeche —como Cayo Arenas y Cayo Triángulos— mantienen una cobertura coralina relativamente alta, en ocasiones superior a la de macroalgas, y conservan especies clave como *Acropora palmata* y *Orbicella faveolata* (CONANP, 2024).

El blanqueamiento masivo de 2023 impactó gravemente al SAM, provocando mortalidad de hasta el 40 % de los corales vivos, un aumento del 30 % en la cobertura de algas césped y la proliferación de cianobacterias en un 5 % (McField et al., 2024). Aun así, los arrecifes oceánicos del Parque Nacional Arrecifes del Golfo de México-Sur conservaron una buena cobertura coralina y elevada complejidad tridimensional, lo que se atribuye a su ubicación remota, baja presión humana y relativo aislamiento (CONANP, 2024).

Este parque marino, decretado en 2024, abarca más de cuatro millones de hectáreas e incluye sistemas como Cayo Arenas, Cayo Triángulo, Banco Nuevo y Bajo Obispos. En ellos se ha documentado una alta diversidad coralina, con especies en riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como fauna marina prioritaria para la conservación, como *Tursiops truncatus* y *Chelonia mydas* (CONANP, 2024). Estudios recientes de conectividad larval confirman que arrecifes como Cayo Arenas y Banco Nuevo actúan como fuentes y receptores de larvas coralinas, favoreciendo la resiliencia ecológica de la región (CONANP, 2024).

Este contraste entre arrecifes costeros degradados y arrecifes oceánicos relativamente conservados subraya la importancia de proteger áreas estratégicas como el Parque Nacional Arrecifes del Golfo de México-Sur. La conservación de estos

ecosistemas no solo garantiza poblaciones coralinas saludables, sino que también representa una oportunidad para impulsar la recuperación regional en un escenario de cambio climático.

4. Planteamiento del problema y justificación

Las actividades humanas como la contaminación, el turismo no regulado y la sobreexplotación de recursos marinos han generado impactos negativos significativos en los arrecifes coralinos, especialmente en las comunidades de corales escleractíneos. Estos impactos se ven amplificados por enfermedades emergentes y eventos de blanqueamiento cada vez más frecuentes e intensos (Robles-Payán et al., 2021). Las consecuencias incluyen una disminución marcada de la cobertura coralina, alteraciones en la composición de especies y una pérdida generalizada de resiliencia ecológica (Pérez, 2021).

En este contexto, la cobertura bentónica se ha convertido en un indicador clave para evaluar el estado de salud de los arrecifes, ya que refleja la respuesta de las comunidades biológicas frente a perturbaciones naturales y antrópicas (González-González et al., 2016). Este atributo es especialmente relevante en sistemas arrecifales costeros, altamente vulnerables a presiones derivadas del desarrollo humano, como la destrucción de hábitats, la eutrofización, la sobrepesca y el impacto de actividades turísticas.

La identificación y el análisis de las comunidades bentónicas permiten comprender la dinámica del arrecife y su funcionalidad ecológica, en particular cuando se produce un cambio de dominancia entre corales y otros grupos bentónicos como macroalgas, algas coralinas, césped o cianobacterias. Estos cambios tienen implicaciones profundas en la productividad, la estructura trófica y la capacidad de recuperación del ecosistema.

Desde el Laboratorio de Ecología Funcional de Sistemas Arrecifales (UASA/UNAM) se desarrolla investigación sobre la dominancia bentónica en diferentes contextos ecológicos. A través del presente proyecto de servicio social, se contribuye al análisis

de estas dinámicas en dos sistemas arrecifales contrastantes: Puerto Morelos, un sistema costero sujeto a intensos estresores antrópicos, y los Cayos del Banco de Campeche, un sistema arrecifal remoto con menor intervención humana. Esta comparación permite evaluar cómo varía la composición bentónica en función del nivel de estrés, aportando evidencia útil para diseñar estrategias de conservación, programas de monitoreo y esquemas de manejo adaptativo de arrecifes en el Caribe y el Golfo de México.

5. Objetivos

El objetivo general de este proyecto es evaluar la composición y dominancia de organismos bentónicos en sitios arrecifales de Puerto Morelos y de los Cayos del Golfo de Campeche, considerando la influencia de estresores antrópicos contrastantes.

Los objetivos específicos son:

1. Adquirir habilidades prácticas para realizar buceo y esnórquel en ambientes arrecifales con fines científicos.
2. Aplicar el método de video-transectos para la colecta sistemática de datos sobre organismos bentónicos.
3. Identificar corales escleractíneos del Caribe y el Golfo de México a nivel de especie.
4. Reconocer e identificar otros grupos bentónicos (algas coralinas costrosas, algas filamentosas, macroalgas, cianobacterias, octocorales, zoántidos, esponjas y tunicados) a nivel de género.
5. Procesar e interpretar datos bentónicos mediante las plataformas ReefCloud y CoralNet.
6. Comparar la dominancia bentónica entre dos sistemas arrecifales con distintos niveles de presión antrópica.

6. Métodos

6.1. Área de Estudio

Este estudio compara dos sistemas arrecifales contrastantes: los arrecifes de Puerto Morelos, ubicados en el Caribe mexicano, y los Cayos del Banco de Campeche, en el Golfo de México.

Puerto Morelos es una localidad costera situada en el noreste de la península de Yucatán, sobre el litoral del mar Caribe (**Figura 2**). Frente a su costa, a una distancia de entre 350 y 1600 metros, se extiende una barrera arrecifal que forma parte del Gran Cinturón de Arrecifes del Atlántico Occidental y del Sistema Arrecifal Mesoamericano (Secretaría de Marina, 2021). Esta zona está protegida bajo la categoría de Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, decretado en 1998 y registrado en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas desde 2002 (CONANP, 2024). El área del parque abarca 9066.63 hectáreas, de las cuales 9028.89 son marinas y 37.74 terrestres, con coordenadas extremas entre 21°00'00" y 20°48'33" de latitud norte, y 86°53'14.94" y 86°46'38.94" de longitud oeste (Molina, 2020).

El clima en Puerto Morelos es cálido subhúmedo, con temperatura promedio anual de 26.3 °C, máximas de 35.5 °C en verano y mínimas de 13 °C en invierno. En promedio, el 41 % de los días son soleados, otro 41 % medianamente nublados y el 18 % nublados (Secretaría de Marina, 2021). Debido a su poca profundidad, proximidad a la costa y presencia de corales ramificados de estructura frágil, este arrecife es altamente vulnerable al impacto antropogénico.

El desarrollo costero sin una adecuada planificación, ordenamiento territorial ni estudios de impacto ambiental y capacidad de carga constituye una de las principales amenazas para los arrecifes de Puerto Morelos. Estas actividades provocan la destrucción directa de ecosistemas interconectados —manglares, pastos marinos y arrecifes— y contribuyen al incremento de contaminantes y nutrientes en la laguna

arrecifal, lo que favorece procesos de eutrofización y pérdida de resiliencia (Rioja-Nieto & Álvarez-Filip, 2019).

Otra amenaza local son las frecuentes colisiones de embarcaciones y el daño directo ocasionado por esnorquelistas y buzos, quienes fragmentan organismos bentónicos durante sus actividades recreativas (Carabias et al., 2000). A estas presiones locales se suman amenazas regionales, como las masivas arribazones de sargazo que afectan la calidad del agua y el balance ecológico de la laguna arrecifal (van Tussenbroek et al., 2017), y amenazas globales como el incremento de la temperatura superficial del mar asociado al cambio climático, que intensifica el blanqueamiento y la mortalidad coralina (Hughes et al., 2019).

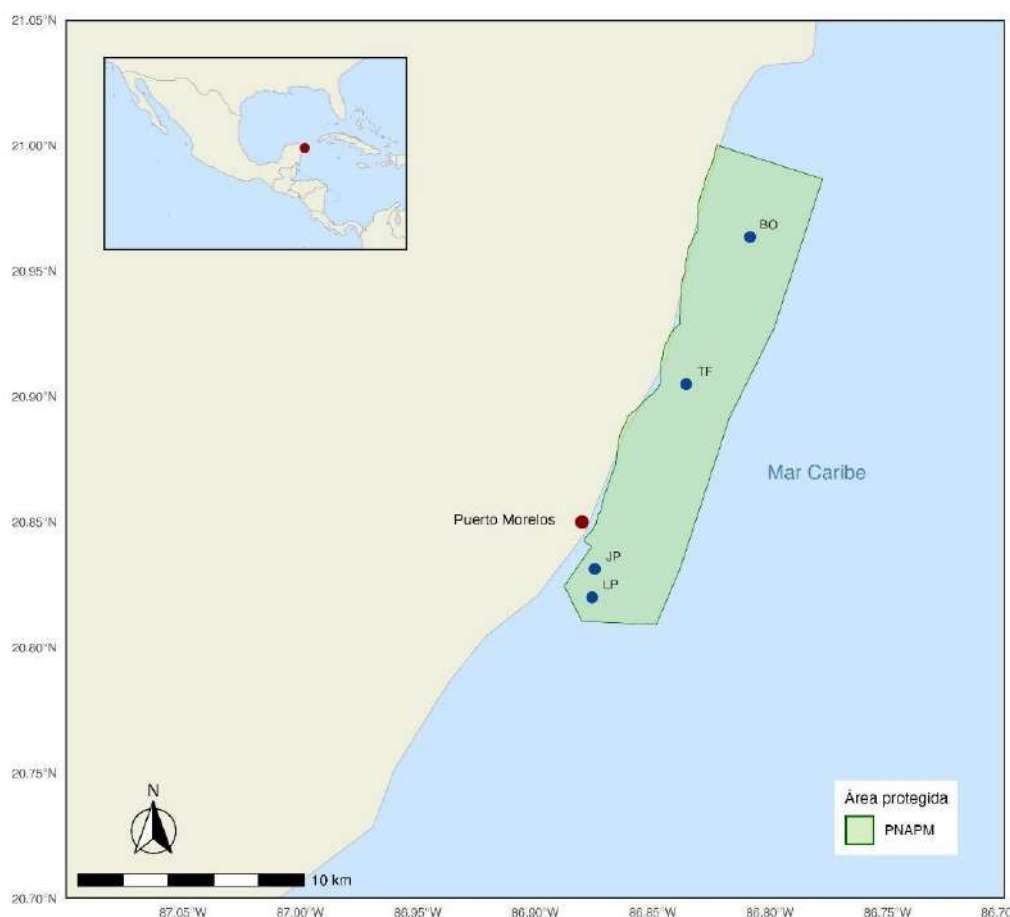


Figura 2. Ubicación del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos y sus sitios de monitoreo.

En contraste, los Cayos del Banco de Campeche conforman un sistema arrecifal oceánico recientemente protegido bajo la categoría de Parque Nacional Arrecifes del Golfo de México-Sur, decretado en 2024. Esta área se localiza a aproximadamente

140 km al oeste de la costa del estado de Campeche (**Figura 3**), sobre una plataforma somera del Banco de Campeche. Sus coordenadas geográficas se encuentran entre 20°12'16" y 20°12'35.25" de latitud norte, y 91°57'46" y 91°57'46.19" de longitud oeste (CONANP, 2024).

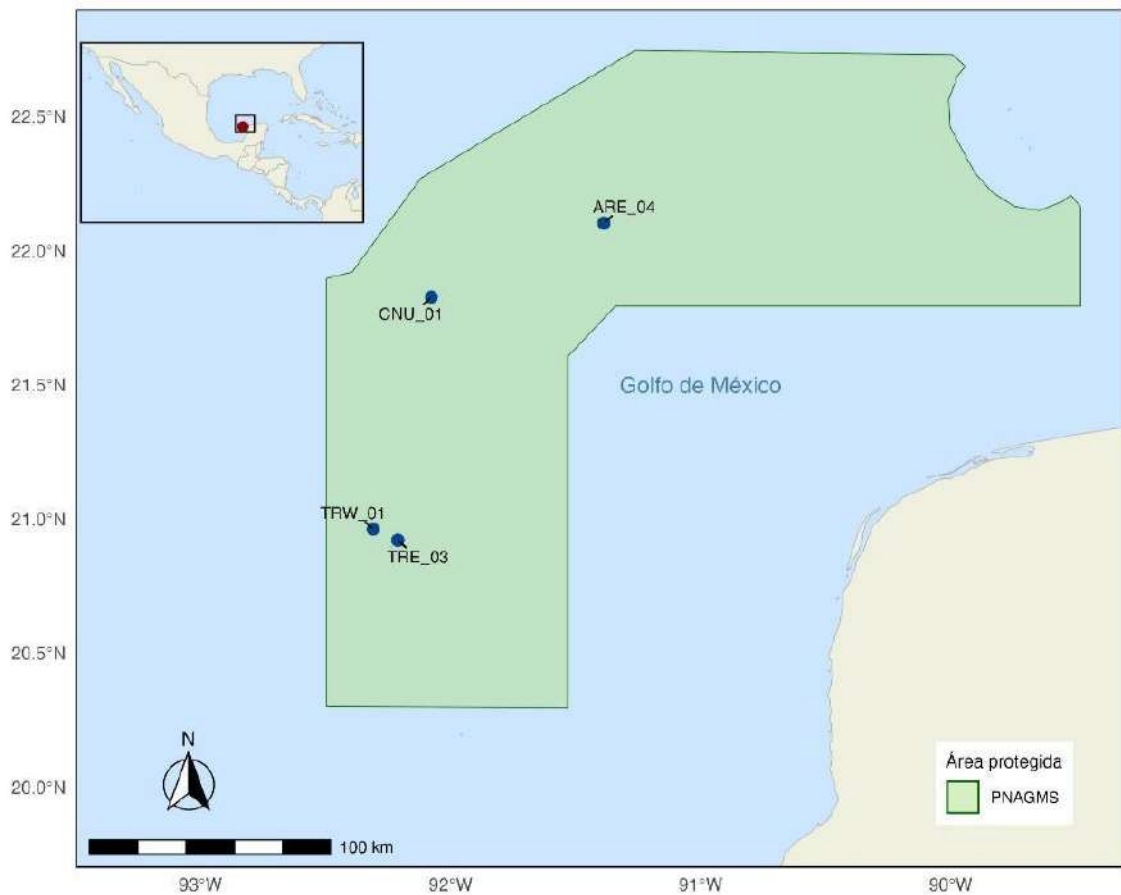


Figura 3. Ubicación de los Cayos del Banco de Campeche y sus sitios de monitoreo.

El clima de la región es seco y muy cálido, con lluvias estivales escasas y una precipitación invernal que no supera los 10.2 mm (Secretaría de Marina, 2021). La temperatura superficial del mar muestra variabilidad estacional y espacial: en enero oscila entre 16–17 °C en el norte y 24–25 °C en el centro-sur, mientras que en julio alcanza valores de hasta 31–32 °C en zonas costeras del norte, descendiendo a ~25 °C frente a Yucatán (Romero & Zavala, 2020). Aunque por su ubicación remota los arrecifes del Banco de Campeche evitan la mayoría de los impactos humanos directos, enfrentan presiones asociadas a la sobrepesca y a estresores globales como huracanes más intensos, aportes de nutrientes desde la cuenca del Caribe y estrés térmico (CONANP, 2024).

6.2. Colecta de datos

Los datos bentónicos se obtuvieron mediante video-transectos realizados en cuatro sitios arrecifales del Banco de Campeche (Arenas 4, Cayo Nuevo 1, Triángulos W 1 y Triángulos E 3) durante junio de 2024, y en cuatro sitios del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (Bonanza, Jardines Profundo, La Pared y Tanchacté F) durante agosto de 2024. Las profundidades de muestreo oscilaron entre 5 y 10 m (**Tabla 1**). En cada sitio se levantaron tres video-transectos de 50 m de longitud y 0.4 m de ancho.

Tabla 1. Información de los sitios donde se colectaron los datos.

Sitio	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Sistema Arrecifal
Bonanza	20.9635	-86.808416	6.0	Puerto Morelos
Tanchacté Profundo	20.904896	-86.835703	6.0	Puerto Morelos
Jardines Profundo	20.8313	-86.8746	8.0	Puerto Morelos
La Pared	20.820018	-86.87569	10.0	Puerto Morelos
Arenas 4	22.10336	-91.38689	7.7	Banco de Campeche
Cayo Nuevo 1	21.82771	-92.07689	8.0	Banco de Campeche
Triángulos E 3	20.92111	-92.21136	9.0	Banco de Campeche
Triángulos W 1	20.96287	-92.30950	10.3	Banco de Campeche

6.3. Procesamiento de datos

La identificación de organismos bentónicos se realizó tras el estudio del protocolo Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA, 2025) y un curso intensivo de identificación en la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales.

La identificación se reforzó con guías de campo y bases de datos de comunidades bentónicas (Álvarez, 2024; Garza-Pérez, 2024; Huerta, 2024; Weil & Ruiz, 2003). El procesamiento de imágenes se llevó a cabo mediante ReefCloud y CoralNet, analizando 50 cuadros por video-transecto y 12 puntos por cuadro. En total se identificaron 14,400 puntos, alcanzando nivel de especie en corales duros y nivel de género en otros grupos bentónicos.

6.4. Análisis de datos

Para cada sitio se calculó la cobertura promedio de los organismos bentónicos identificados. Posteriormente, las coberturas se agruparon en los principales grupos morfofuncionales con el fin de comparar dominancias entre sistemas arrecifales sometidos a estresores antrópicos contrastantes. Además, se estimó el índice de salud arrecifal bentónico de cada sitio y se compararon las coberturas promedio e índices entre los sistemas de Puerto Morelos y Banco de Campeche (**Figura 4**). Este índice tiene una escala de 1 a 5 según los valores umbrales de cada componente bentónica (coberturas de coral y macroalgas carnosas), esta notación se promedia para obtener el índice bentónico por sitio.

Valores de los Indicadores		
Rango	Cobertura de Coral	Cobertura de Macroalgas Carnosas
Muy bien	40%	1%
Bien	20%	5%
Regular	10%	12%
Mal	5%	25%
Crítico	<5%	>25%

● Muy bien	4.3 – 5.0
● Bien	3.5 – 4.2
● Regular	2.7 – 3.4
▲ Mal	1.9 – 2.6
■ Crítico	1.0 – 1.8

Figura 4. Valores umbrales de las componentes bentónicas indicando y calificación.

7. Resultados

Se registraron un total de 13 especies de corales duros en el Banco de Campeche. siendo Cayo Nuevo 1 el lugar con el mayor porcentaje de corales duros, con alto porcentaje de *Orbicella faveolata* 18.44%, seguida por *Orbicella annularis* 6.28% y *Montastraea cavernosa* 2.89% (**Tabla 2**). Triángulos W 1 presenta altos porcentajes en *Orbicella faveolata* 11.28%, *Orbicella annularis* 3.78% y *Montastraea cavernosa* 1.78% (**Tabla 2**). Triángulos E 3 presenta altos porcentajes de *Siderastrea siderea* 2.28%, *Orbicella faveolata* 1.39% y *Orbicella annularis* 1.056% (**Tabla 2**). Arenas 4 es el sitio con menor abundancia de organismos, las especies con mayor porcentaje son *Orbicella faveolata* 1.50%, *Porites astreoides* 1.11% y *Pseudodiploria strigosa* 1.05% (**Tabla 2**). Arenas 4 presenta una riqueza de 11 especies, Cayo Nuevo 12 especies, Triángulos W 1 y Triángulos E 3 presentan la misma riqueza de especies (10 especies). Las especies con mayor porcentaje en general fueron *Orbicella faveolata* y *Orbicella annularis*, las especies con menor porcentaje fueron *Eusmilia fastigiata* y *Solenastrea bournoni*.

Tabla 2. Porcentajes de especies de corales duros en 4 sitios arrecifales del Banco de Campeche.

	Nombre científico	ARE (%)	CNU (%)	TRIE (%)	TRIW (%)
1	<i>Colpophyllia natans</i>	0.33	0.27	0.88	0.77
2	<i>Diploria labyrinthiformis</i>	0.11	0.33	0.72	0.5
3	<i>Eusmilia fastigiata</i>	0.05	0.00	0.00	0.00
4	<i>Montastraea cavernosa</i>	0.27	2.89	0.94	1.78
5	<i>Orbicella annularis</i>	0.33	6.28	1.056	3.78
6	<i>Orbicella faveolata</i>	1.50	18.44	1.39	11.28
7	<i>Orbicella franksi</i>	0	0.33	0	0.11
8	<i>Porites astreoides</i>	1.11	0.22	0.33	1.11
9	<i>Porites porites</i>	0.11	0.11	0.00	0.00
10	<i>Pseudodiploria clivosa</i>	0.33	0.22	0.61	0.38
11	<i>Pseudodiploria strigosa</i>	1.05	0.77	0.22	0.33
12	<i>Siderastrea siderea</i>	0.02	1.06	2.28	0.83
13	<i>Solenastrea bournoni</i>	0.00	0.11	0.05	0.00
	TOTAL	5.21	31.03	8.48	20.87

Por otra parte, se registraron 16 especies de corales duros en los arrecifes de Puerto Morelos. Tanchacté P es el lugar con mayor porcentaje de corales duros, las especies

con mayor porcentaje fueron *Orbicella faveolata* 2.66%, *Agaricia agaricites* 0.77% y , *Agaricia tenuifolia* 0.77%. Seguido de La Pared con mayor porcentaje de *Orbicella annularis* 1.05%, *Agaricia agaricites* 0.72% y *Orbicella faveolata* 0.61%, Jardines Profundo presenta mayor porcentaje de *Orbicella faveolata* 0.88%, *Orbicella annularis* 0.22% y *Siderastrea siderea* 0.16%, Bonanza es el sitio con menor riqueza tanto de especies como de organismos, las especies con mayor porcentaje son *Porites astreoides* 0.33%, *Pseudodiploria strigosa* 0.16% y *Acropora palmata* 0.11% (**Tabla 3**). Respecto a su riqueza de especies, La pared predomina con 13, Jardines Profundo 8, Tanchacté P y Bonanza tienen la misma riqueza 7. Las especies con mayor porcentaje son *Orbicella faveolata*, *Orbicella annularis* las especies con menor porcentaje fueron *Siderastrea radians* y *Acropora cervicornis*.

Tabla 3. Abundancia de especies de corales duros en 4 sitios arrecifales de Puerto Morelos.

	Nombre científico	BO (%)	TP (%)	JP (%)	LP (%)
1	<i>Acropora cervicornis</i>	0.00	0.00	0.00	0.055
2	<i>Acropora palmata</i>	0.11	0.00	0.00	0.16
3	<i>Agaricia agaricites</i>	0.00	0.78	0.00	0.72
4	<i>Agaricia tenuifolia</i>	0.00	0.77	0.00	0.16
5	<i>Diploria labyrinthiformis</i>	0.05	0.00	0.00	0.00
6	<i>Montastraea cavernosa</i>	0.00	0.16	0.11	0.61
7	<i>Orbicella annularis</i>	0.05	0.5	0.22	1.05
8	<i>Orbicella faveolata</i>	0.00	2.66	0.88	0.61
9	<i>Porites astreoides</i>	0.33	0.72	0.10	0.11
10	<i>Porites furcata</i>	0.00	0.00	0.00	0.05
11	<i>Porites porites</i>	0.11	0.00	0.00	0
12	<i>Pseudodiploria clivosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.05
13	<i>Pseudodiploria strigosa</i>	0.16	0.00	0.05	0.33
14	<i>Siderastrea radians</i>	0.00	0.00	0.16	0.05
15	<i>Siderastrea siderea</i>	1.1.	0.05	0.16	0.05
	TOTAL	1.91	5.64	1.68	4.01

Cuando consideramos todos los organismos bentónicos (**Figura 5**), podemos observar que, en los sitios de los Cayos del Banco de Campeche, en ARE (Arenas) dominan las algas césped (TA) y otros invertebrados (OINV), en CN (Cayo Nuevo) dominan las algas césped (TA) y corales duros (HC), en TRIE (Triángulos Este),

dominan las macroalgas carnosas (FMA) y las algas césped (TA), y en TRIW (Triángulos Oeste) dominan los corales duros (HC) y las macroalgas carnosas (FMA). Mientras que en los sitios de Puerto Morelos (**Figura 5**), en BO (Bonanza) dominan las macroalgas, tanto carnosas (FMA) como calcáreas (CMA), en TP (Tanchacté Profundo) y en JP (Jardines Profundo) dominan las macroalgas carnosas (FMA) y otros invertebrados (OINV), y en LP (La Pared) dominan las macroalgas carnosas (FMA) y el sustrato (SUB).

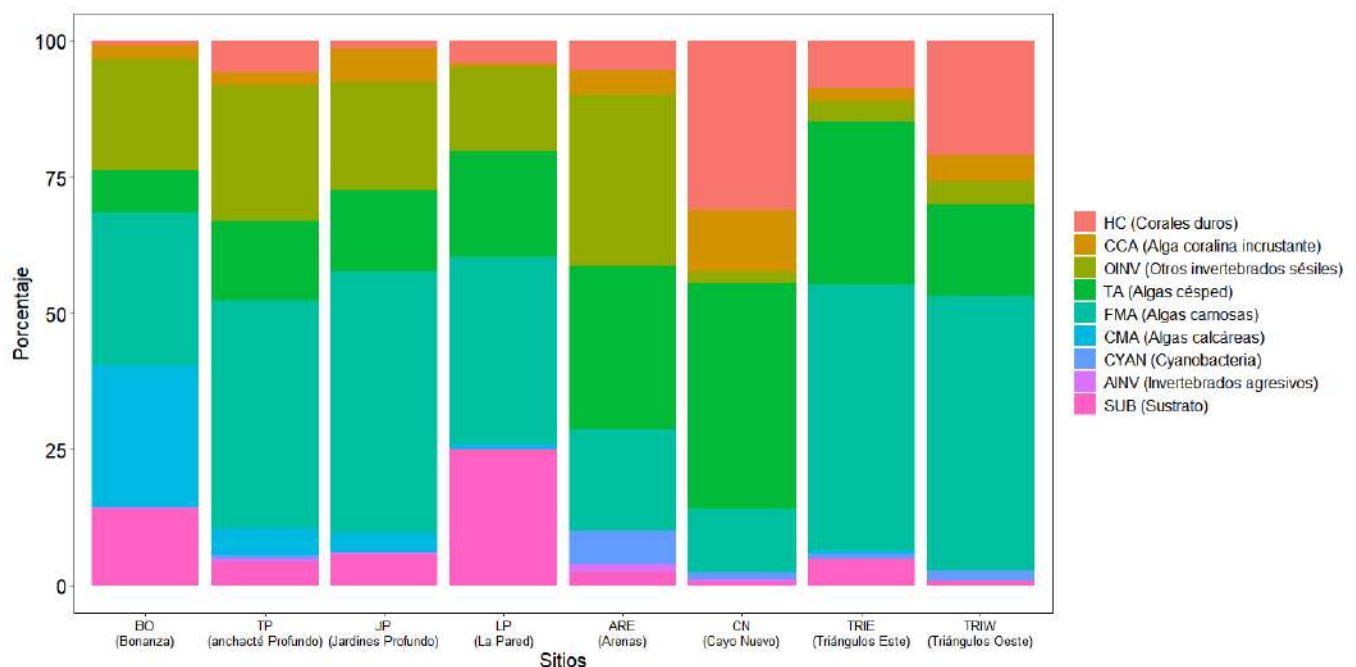


Figura 5. Abundancia de organismos bentónicos en 8 sitios arrecifales.

Al comparar los grupos morfofuncionales bentónicos entre los dos sistemas arrecifales (Banco de Campeche y Puerto Morelos), se observan diferencias marcadas en su composición (**Figura 6**). Con respecto a los organismos calcificadores, en el Banco de Campeche (BC) la cobertura de corales duros (HC) es superior (8–10%) respecto a Puerto Morelos (PM) (3–5%), lo que indica que BC conserva una mejor representación coralina. Las algas coralinas incrustantes (CCA) también muestran valores ligeramente mayores en BC (~5%).

En contraste (**Figura 6**), los otros invertebrados sésiles (OINV) dominan en PM con valores cercanos al 20%, mientras que en BC apenas alcanzan el 5%. Las algas césped (TA) son predominantes en ambos sistemas, con mayor cobertura en BC (25%) que en PM (18%). La presencia de cianobacterias (CYAN) es reducida en

ambos sitios, aunque se detecta un ligero predominio en BC (<5%), mientras que en PM su representación es prácticamente nula (**Figura 6**). Las macroalgas carnosas (FMA) constituyen uno de los grupos más abundantes, alcanzando alrededor del 40% en PM y alrededor del 30% en BC (**Figura 6**). Las macroalgas calcáreas (CMA), por el contrario, están prácticamente ausentes en BC, pero en PM llegan a representar ~10% de la cobertura (**Figura 6**). Los invertebrados agresivos (AINV) mantienen proporciones muy bajas (<2%) en ambos sistemas. Finalmente, el sustrato (SUB) presenta diferencias, en PM alcanza hasta un 30%, mientras que en BC no supera el 5%. (**Figura 6**).

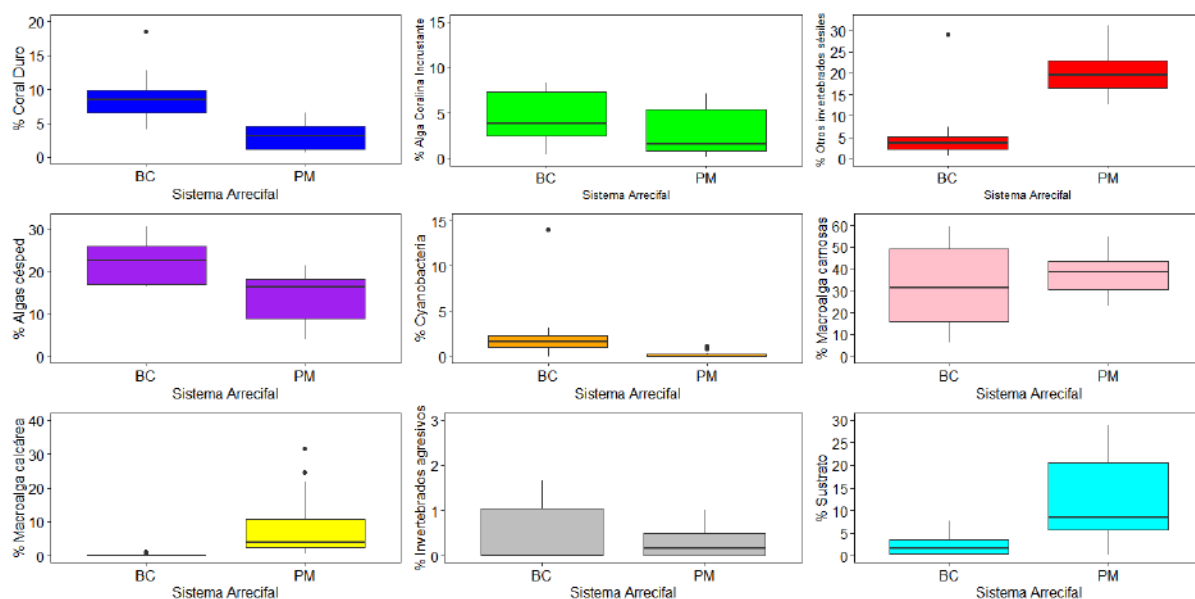


Figura 6. Análisis de diagrama de caja de los principales grupos morfofuncionales bentónicos en dos Sistemas Arrecifales (Banco de Campeche y Puerto Morelos).

La prueba de Kruskal-Wallis evidenció diferencias significativas entre los sitios evaluados en varias de las coberturas bentónicas analizadas. En particular, el coral duro (HC, KW = 14.32, $p < 0.001$), otros invertebrados sésiles (OINV, KW = 4.57, $p < 0.05$), las algas césped (TA, KW = 10.83, $p < 0.001$), las cianobacterias (CYAN, KW = 11.87, $p < 0.001$), las macroalgas costrosas (CVA, KW = 17.62, $p < 0.001$) y el sustrato (SUB, KW = 8.35, $p < 0.01$), los cuales mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos comparados ($p < 0.05$). Por el contrario, las algas coralinas incrustantes (CCA, KW = 3.21, $p = 0.073$), las

macroalgas carnosas (FMA, KW = 4.04, p = 0.525) y las algas coralinas incrustantes (AINV, KW = 9.58, p = 0.975) no presentaron diferencias significativas (**Tabla 5**).

Tabla 5. Prueba de Kruskal-Wallis

Variable	KW_stat	Df	p_value
HC	1.431951e+01	1	1.542578e-04
CCA	3.206121e+00	1	7.336321e-02
OINV	4.567305e+00	1	3.258779e-02
TA	1.083471e+01	1	9.961488e-04
CYAN	1.186669e+01	1	5.714691e-04
FMA	4.035088e-01	1	5.252827e-01
CMA	1.762039e+01	1	2.696817e-05
AINV	9.578544e-04	1	9.753100e-01
SUB	8.355129e+00	1	3.846001e-03

Se observa que los 4 sitios de Puerto Morelos presentan mayor cobertura de macroalgas carnosas que de corales (**Figura 7**), teniendo un promedio que varía entre 1 y 1.5 en su índice de salud bentónica (**Tabla 5**), lo que nos indica que de acuerdo con el Índice de Salud Arrecifal Bentónica (ISA-B) se encuentran en estado crítico. Comparando con los sitios del Banco de Campeche, Triángulos E es el único sitio que se encuentra en estado crítico, ya que de igual manera presenta mayor cobertura de macroalgas carnosas que de corales, Cayo Nuevo y Triángulos W tiene un promedio de 2.5 con coberturas de corales y se encuentran en un rango pobre, pero Cayo Nuevo presenta mayor cobertura de corales, y por lo tanto su rango de salud es bueno al tener un promedio de 4.

Tabla 5. Índice de salud arrecifal bentónica (ISA-B).

Sitio	Cobertura de coral	Cobertura de Macroalgas Carnosas	Promedio de acuerdo con el ISA-B
Bonanza	1	1	1
Tanchacté Profundo	2	1	1.5
Jardines Profundo	1	1	1
La Pared	1	1	1
Arenas 4	2	3	2.5
Cayo Nuevo 1	4	4	4
Triángulos E 3	2	1	1.5
Triángulos W 1	4	1	2.5

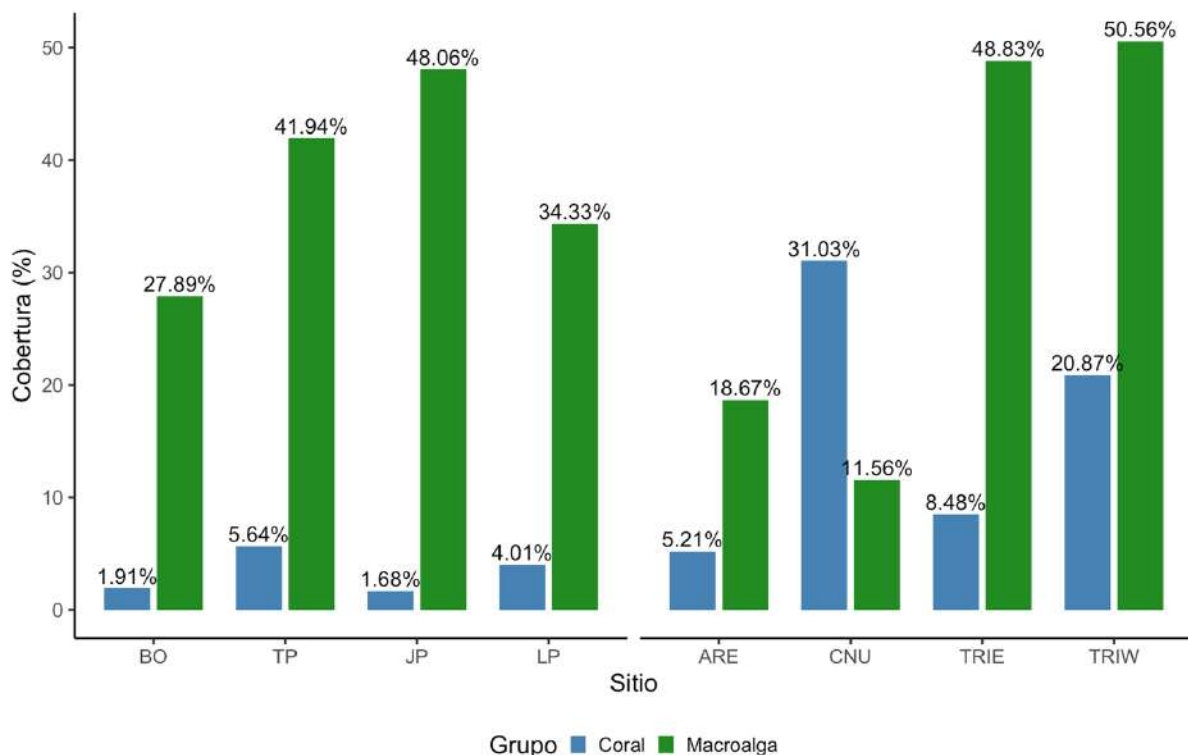


Figura 7. Porcentajes de Cobertura Coralina y Macroalgas Carnosas en los 8 sitios de muestreo.

8. Discusión

Los arrecifes de Puerto Morelos (PM) presentan una menor abundancia de corales duros en comparación con los del Banco de Campeche (BC), lo que representa un retroceso superior al 50 % en la cobertura de corales constructores desde mediados de la década de 2000 (Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, 2021; Aguayo et al., 2021). Esta disminución afecta particularmente a especies clave como *Acropora palmata* y *Orbicella faveolata*, cuya pérdida debilita la funcionalidad ecológica y la capacidad estructural del ecosistema. Las presiones antropogénicas locales y globales —incluyendo el desarrollo costero, la contaminación y el incremento de la temperatura marina— generan condiciones que promueven la mortalidad coralina, la propagación de enfermedades y la proliferación de macroalgas.

En PM, la cobertura de macroalgas supera el 25 %, dominada por géneros como *Lobophora*, *Dictyota* y *Stypopodium*, que aprovechan los espacios liberados por los corales debilitados (Ramírez, 2022). Al mismo tiempo, el aumento del sustrato

y la arena, que alcanzan hasta un 27 %, se asocia con la descomposición de algas calcáreas del género *Halimeda*, cuya fragmentación contribuye a la formación de partículas de carbonato de calcio (Vogel et al., 2015). Estos patrones sugieren procesos de erosión biológica y pérdida de complejidad estructural en el arrecife costero.

En contraste, los arrecifes del BC mantienen un estado relativamente saludable, aunque bajo riesgo moderado. Su lejanía de la costa reduce la presión directa, pero siguen expuestos a amenazas como derrames petroleros, pesca ilegal, contaminación y cambio climático. En las últimas dos décadas se ha documentado una reducción del 40–50 % en la cobertura de coral vivo (Pérez-Cervantes et al., 2019; Arellano, 2024). La abundancia de algas césped y cianobacterias se relaciona con la pérdida de herbívoros, la eutrofización y el estrés ambiental (González-Solis et al., 2018), mientras que la presencia de algas coralinas incrustantes (CCA) favorece el asentamiento de larvas de coral y constituye un factor positivo para la recuperación arrecifal (Cornwall et al., 2023).

Los análisis confirmaron diferencias significativas entre ambos sistemas en la cobertura de corales duros, algas césped, cianobacterias, macroalgas costrosas, otros invertebrados sésiles y sustrato. La disminución de corales duros facilita la colonización por algas oportunistas y cianobacterias, grupos reconocidos como indicadores de degradación arrecifal (McCook, 1999; Littler & Littler, 2007). De igual manera, la alta cobertura de macroalgas costrosas y sustrato descubierto en PM sugiere disturbios frecuentes o una baja capacidad de recuperación ecológica (Graham et al., 2015; Mumby et al., 2006).

En conjunto, los resultados muestran que los arrecifes de BC mantienen mayor representación coralina y la presencia de CCA que favorecen procesos de resiliencia, mientras que PM refleja un cambio hacia comunidades dominadas por algas y organismos oportunistas. Este patrón corresponde a un cambio de fase coral–alga, ampliamente documentado en el Caribe y otras regiones del mundo, resultado de la interacción entre disturbios antropogénicos y el cambio climático (Hughes et al., 2019; Mumby et al., 2006; Jackson et al., 2014).

En este sentido, los resultados de este estudio tienen implicaciones relevantes para la gestión de los ecosistemas arrecifales en México. La comparación entre arrecifes costeros y oceánicos evidencia que las estrategias de manejo deben adaptarse a las condiciones y presiones específicas de cada sistema. En Puerto Morelos, es urgente fortalecer el ordenamiento costero, mejorar el tratamiento de aguas residuales y regular las actividades turísticas, mientras que en el Banco de Campeche se requiere mantener y reforzar las acciones de vigilancia, así como establecer esquemas de protección que aseguren su resiliencia frente al cambio climático. Estos hallazgos pueden contribuir a políticas públicas orientadas a la conservación y a la implementación de programas de monitoreo a largo plazo en la región.

9. Conclusiones

El contraste entre los arrecifes de Puerto Morelos y los del Banco de Campeche muestra que, aunque ambos forman parte del mismo sistema regional, siguen trayectorias ecológicas diferentes. Puerto Morelos refleja un estado avanzado de degradación, con pérdida significativa de corales constructores y aumento de macroalgas carnosas y calcáreas asociado a presiones locales y globales. En cambio, los arrecifes oceánicos del Banco de Campeche mantienen mayor cobertura coralina y presencia de algas coralinas incrustantes, factores que favorecen la resiliencia, aunque enfrentan amenazas relacionadas con contaminación, pesca ilegal y cambio climático.

Estos resultados confirman que los arrecifes costeros y oceánicos responden de manera distinta a los estresores globales, lo que resalta la necesidad de aplicar estrategias de conservación y manejo diferenciadas. La recuperación de la funcionalidad arrecifal y de los servicios ecosistémicos dependerá de reducir las presiones locales, en particular las vinculadas al desarrollo costero en el Caribe mexicano, y de fortalecer la resiliencia frente al cambio climático mediante la protección de poblaciones clave de corales constructores.

La recuperación de la funcionalidad arrecifal y de los servicios ecosistémicos que proveen dependerá de reducir las presiones locales, en particular las vinculadas al

desarrollo costero en el Caribe mexicano, y de fortalecer la resiliencia frente al cambio climático mediante la protección de poblaciones clave de corales constructores.

En conjunto, este estudio subraya la necesidad de diferenciar estrategias de manejo entre sistemas arrecifales costeros y oceánicos, y aporta evidencia que puede orientar decisiones de conservación. Los resultados refuerzan la importancia de sostener programas de monitoreo continuo, esenciales para anticipar cambios ecológicos y garantizar la permanencia de los arrecifes como soporte de biodiversidad y bienestar humano en el futuro.

10. Agradecimientos

Agradezco al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de Puerto Morelos, por permitirme realizar mi servicio social en sus instalaciones, a mi asesora externa, la Dra. Angela Randazzo por su guía, conocimiento y apoyo constante durante el desarrollo de este proyecto. Así mismo expresé mi gratitud a mi asesor interno M. Alfonso Esquivel por sus orientaciones y acompañamiento académico.

Finalmente agradezco a mi familia por su comprensión, amor y apoyo incondicional, que me permitieron vivir esta experiencia con entusiasmo y determinación.

11. Cronograma de actividades

Las actividades del servicio social (**Tabla 6**) se desarrollaron entre febrero (mes 1) y septiembre (mes 8).

Tabla 6. Cronograma de actividades del servicio social.

Objetivo	Actividades a realizar	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
Estudio sobre identificación bentónica	Estudio de una guía de los organismos encontrados anteriormente en los lugares de muestreo								
Curso de identificación	Curso en las instalaciones de la UASA sobre cómo identificar a los organismos								
Entrega de bitácora 1	Bitácora 1								
Curso de buceo	Curso de buceo								
Procesamiento de datos	Identificación de los organismos bentónicos con la ayuda de guías de campo y bases de datos de comunidades bentónicas y procesamiento de imágenes por medio de la plataforma Reef Cloud y Coral Net								
Presentación de avances	Presentación de avances de los resultados a la asesora								
Entrega de bitácora 2	Bitácora 2								
Análisis de datos	Se calculará la cobertura promedio de los organismos bentónicos identificados y se agrupará en los principales grupos morfofuncionales para comparar las dominancias entre SA								
Reporte final	Elaboración de reporte final								
	Entrega de reporte final								
	Correcciones y firmas								

12. Referencias Bibliográficas

1. Abdul, Ku., Parameswaran, U., Gopal, A., Manokaran, S & Joydas, T (2022). Capítulo 8 - Variaciones espacio-temporales de las comunidades bentónicas a lo largo de la costa. *ELSEVIER. Ecología y Biodiversidad del Bentos*, pp. 287-313. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128211618000039>
2. Aguayo, J.E., Paz-García, D.A & Álvarez-Filip, L (2021). Arrecifes en peligro: La situación del Caribe Mexicano. *Avance y Perspectiva*, 7. Disponible en: <https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/arrecifes-en-peligro-la-situacion-del-caribe-mexicano/>
3. AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment) (2025). Disponible en: <https://www.agrra.org/coral-reef-monitoring/>
4. Álvarez, F (2024). Invertebrados del Parque Nacional Arrecife Puerto Morelos. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Disponible en: <https://www.gbif.org/dataset/62ab4c96-a5a9-4090-b99f-c2308600edca>
5. Arellano, A (2024). Científicos descubren monumentales arrecifes de coral en el Golfo de México. MONGABAY. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2024/07/cientificos-descubren-monumentales-arrecifes-de-coral-golfo-de-mexico/>
6. Bellwood, D., Pratchett, M., Morrison, T., Gurney, G., Hughes, T., Álvarez, J.G., Daya, J., Grantham, R., Grech, A., Hoey, A., Jones, G., Pandolfi, J.M., Tebbett, S., Techera, E., Semanas, R & Cumming, G.S (2019). Conservación de arrecifes de coral en el Antropoceno: cómo afrontar los desajustes espaciales y priorizar funciones. *Conservación biológica*, 236 , pp. 604-615. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320719304720>
7. Carabias, J., Provencio, E., de la Maza, J., Gutiérrez, D & Gómez, M (2000). Programa de Manejo del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos. pp. 3-224. Disponible en: https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/83_libro_pm.pdf
8. Carballo, J.L., Gómez, P & Cruz, J.A (2024). Biodiversidad de Poríferas en México. *REVISTA MEXICANA DE BIODIVERSIDAD*, 85. pp. 143-153. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/237076474 Biodiversidad de Porifera en Mexico](https://www.researchgate.net/publication/237076474_Biodiversidad_de_Porifera_en_Mexico)
9. Carmona-Islas, C., Morales-García, A., Hernández-Mendiola, J.A., Gama-Villasana, H., Colmenares-Campos, C & Cruz-Gutiérrez, R (2019). Invertebrados bentónicos en diez arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90, pp.1-10. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/332141566_Invertebrados_bentonicos_en_diez_arrecifes_del_Parque_Nacional_Sistema_Arecifal_Veracruzano

10. Colorado, M (2019). Síndrome blanco: la enfermedad que está matando el arrecife de coral mesoamericano. France 24. Disponible en: <https://www.france24.com/es/20190726-medio-ambiente-sindromeblanco-corales>.
11. CONANP (2016). Estudio Previo Justificativo para la declaratoria de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, Quintana Roo. pp. 1-305. Disponible en: https://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/EPJ%20RB%20CM%2022abril2016_Aviso.pdf
12. CONANP (2024). Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Parque Nacional Arrecifes del Golfo de México-Sur, México. pp. 1-383. Disponible en: <https://www.conanp.gob.mx/pdf/separata/EPJ-PN-ArrecifesDelGolfoDeMexico-Sur.pdf>
13. Cornwall, C.E., Carlot, J., Branson, O., Courtney, T., Harvey, B., Perry, C., Andersson, A., Diaz-Pulido, G., Johnson, M., Kennedy, E., Krieger, E., Mallela, J., McCoy, S., Nugues, M., Quinter, E., Ross, C., Ryan, E., Saderne, V & Comeau, S (2023). Las algas coralinas incrustantes pueden contribuir más que los corales a la producción de carbonato en los arrecifes de coral. *Commun Earth Environ*, 4. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s43247-023-00766-w>
14. Cosain, J.A (2021). Endo-bioerosión en corales masivos del Pacífico mexicano y su relación con factores extrínsecos e intrínsecos (Tesis de maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. pp. 1-61. Disponible en: https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3621/1/tesis_Jazm%C3%ADn%20Arleth%20Cosain%20D%C3%ADaz_25%20oct%202021.pdf
15. Chávez, M.A (2019). Filogeografía de los corales hermatípicos *Pavona Gigantea* y *Porites Panamensis* del Pacífico Mexicano (Tesis de licenciatura). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. pp. 9-59. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/b73c47cd-7328-4244-a2c4-64e19a01ffaf>
16. Chaves-Fonnegra, A., López-Victoria, M., Parra-Velandia, F & Zea, S (2005). ECOLOGÍA QUÍMICA DE LAS ESPONJAS EXCAVADORAS *CLIONA APRICA*, *C. CARIBBAEA*, *C. DELITRIX* Y *C. TENUIS*. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 34, pp. 43-67. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v34n1/v34n1a02.pdf>
17. Delgado, B (2016). Comunidades de macroalgas en arrecifes coralinos de Quintana Roo: composición taxonómica y patrones de colonización (Tesis de maestría). Centro de Investigación Científica de Yucatán. Cancún, Quintana Roo. pp. 7-113. Disponible en: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/368/1/PCA_M_Tesis_2016_Delgado_Benjamin.pdf
18. Forero-Mejía A (2012). Estado actual de salud coralina en las comunidades arrecifales en chengue y gayraca, dos bahías del parque nacional natural tayrona, caribe colombiano.

19. Garza-Pérez, J.R (2024). Evaluación de Comunidades Bentónicas Arrecifales, Guía de Campo y Laboratorio. pp. 1-25 Disponible en: <https://es.scribd.com/document/280922129/Guia-de-Campo-Evaluacion-de-Comunidades-Benticas-Arrecifales>
20. Garza, J & Randazzo, A (2022). 25 Años de múltiples estresores y su efecto en la condición del arrecife Akumal, Q. Roo, México. pp. 14-16. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/360343392_25_Anos_de_multiples_estresores_y_su_efecto_en_la_condicion_del_arrecife_Akumal_Q_Roo_Mexico
21. Gómez-Cubillos, C., Gavio, B & Zea, S (2020). Estructura de la comunidad de céspedes algales en interacciones con corales masivos en arrecifes del Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 49, pp. 45-72. Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v49s1/es_0122-9761-mar-49-s1-45.pdf
22. González-González, M., Cruz-Francisco, V., Morales-Quijano, I & Orduña-Medrano, R.E (2016). Diversidad y cobertura de la comunidad bentónica del arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, México. *Rev. Mar*, 8 (2), pp. 47-65. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/309882032_Diversidad_y_cobertura_de_la_comunidad_bentonica_del_arrecife_Enmedio_Sistema_Arrecifal_Lobos-Tuxpan_Mexico
23. GONZÁLEZ-SOLIS, A., TORRUCO, D & TORRUCO-GONZÁLEZ, A.D (2018). Biodiversidad de macroalgas en arrecifes coralinos de la Sonda de Campeche, el Caribe Mexicano y Belice. *Gayana Bot*, 75, pp. 501-511. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/gbot/v75n1/0717-6643-gbot-75-01-00501.pdf>
24. Graham, N., Nash, K. & Kool, J. T (2015). Coral reef recovery dynamics in a changing world. *Coral Reefs*, 34, 273–287. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/226301245_Coral_reef_dynamics_in_a_changing_world_Coral_Reefs
25. Huerta, L (2024). Algas marinas bentónicas de la Península de Yucatán y uso potencial de especies selectas. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Disponible en: <https://www.gbif.org/es/dataset/41c4b3e1-0a28-45f4-9f6c-09a7f77c184a#:~:text=La%20pen%C3%ADnsula%20de%20Yucat%C3%A1n%20es%20una%20planicie,un%20factor%20determinante%20para%20el%20establecimiento%20de>
26. Hughes, T., Barnes, M., Bellwood, D., Cinner, J., Cumming, G., Jackson, J.B., Kleypas, J., van de Leemput, I., Lough, J., Morrison, T., Palumbi, S., van Nes, E & Scheffer, M (2019). Coral reefs in the Anthropocene. *Nature*, 546, pp. 82-90. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317268327_Coral_reefs_in_the_Anthropocene
27. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (2021). Estudios sobre los arrecifes del Caribe mexicano revelan cambios drásticos en su ecología y función. Noticias ICML, pp. 1-4.

Disponible

en:

<https://www.icmyl.unam.mx/Pdf/Home/2021/Noticias%20ICML.%20Corales.%20BarcoLab.pdf#:~:text=%5BPuerto%20Morelos%5D%20El%20Caribe%20mexicano%20ha%20visto,de%20estudios%20liderados%20por%20el%20laboratorio%20de.>

28. Jackson, J., Donovan, M., Cramer, K & Lam, V (2014). Status and trends of Caribbean coral reefs: 1970–2012. Global Coral Reef Monitoring Network. pp. 11-304. Disponible en: https://iucn.org/sites/default/files/import/downloads/caribbean_coral_reefs_status_report_1970_2012.pdf

29. Jayachandran, P. R., Bijoy, S.N., Jima, M., Philomina. J & Vishnudattan N.K (2022). Benthic organisms as an ecological tool for monitoring coastal and marine ecosystem health. *Elsevier, Ecology and Biodiversity of Benthos*, pp.337-363. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/359585902_Benthic_organisms_as_an_ecological_tool_for_monitoring_coastal_and_marine_ecosystem_health#pf18

30. Juárez, D (2020). PRINCIPALES AMENAZAS DE LOS ARRECIFES DE CORAL. *Lum*, 2, pp. 30-38. Disponible en: https://lum.chiapas.gob.mx/lum/publicaciones/04_Juarez-Hernandez_Arecifes_coral.pdf

31. Littler, M. M., & Littler, D. S. (2007). Assessment of coral reefs using herbivory/nutrient assays and indicator groups of benthic primary producers. *Pacific Science*, 61, 467–479. Disponible

en:

https://www.researchgate.net/publication/227658689_Assessment_of_coral_reefs_using_herbivorynutrient_assays_and_indicator_groups_of_benthic_primary_producers_A_critical_synthesis_proposed_protocols_and_critique_of_management_strategies

32. López-Jiménez, I.T., Flórez-Leiva, L., & Quan-Young, L.I (2020). Influencia de la herbivoría sobre la interacción alga-coral en un arrecife coralino de bahía Capurganá, Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 68(3), 729-742. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v68n3/0034-7744-rbt-68-03-729.pdf>

33. Lopeztegui-Castillo, A., & Martínez-Coello, D (2020). 35 años de cambio en densidad y biomasa del megazoobentos del golfo de Batabanó, Cuba, e implicaciones para la langosta, *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae). *Revista de Biología Tropical*, 68(4), pp. 1346-1356. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/449/44966323028/44966323028.pdf>

34. Lujambio, A (2024). Los ecosistemas costeros: Arrecifes de coral. ICML-UNAM. Disponible

en:

<https://www.icmyl.unam.mx/CulturaOceanica/assets/imgs/pupitre/CoralesArrecifesCoral.pdf>

35. Márquez, J.C & Díaz, J.M (2005). INTERACCIONES ENTRE CORALES Y MACROALGAS: DEPENDENCIA DE LAS ESPECIES INVOLUCRADAS. *Bol. Invest. Mar. Cost*, 34. pp. 227-242. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v34n1/v34n1a11.pdf>

36. Molina, S. I (2020). Estado de conservación y cambios en el arrecife del Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos ante las amenazas antropogénicas. Repositorio Institucional, Universidad Iberoamericana Puebla, pp. 1-54. Disponible en: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/aid2009/CD0053667.pdf>
37. Mumby, P. J., Hastings, A., & Edwards, H. J (2006). Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs. *Nature*, 450, 98–101. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/5873243_Thresholds_and_the_resilience_of_Caribbean_coral_reefs
38. McField, M., Soto, M., Martinez, R., Giró, A., Guerrero, C., Rueda, M., Kramer, P., Roth, L & Muñiz, I (2024). Mesoamerican Reef Report Card. Healthy Reefs for Healthy People. pp. 1-29. Disponible en: https://cdn.prod.website-files.com/66b16833c7877e9078babf9d/6720d8654f97ad3a264ee729_2024%20Report%20Card%20MAR%20-%20website.pdf
39. McCook, L. J (1999). Macroalgae, nutrients and phase shifts on coral reefs: scientific issues and management consequences for the Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, 18, pp. 357–367. Disponible en: https://search.lib.uiowa.edu/primo-explore/fulldisplay?docid=TN_cdi_proquest_miscellaneous_17659776&context=PC&vid=01IOWA&lang=en_US&search_scope=default_scope&adaptor=primo_central_multiple_fe&query=sub,exact,buro&facet=citing,exact,cdi_FETCH-LOGICAL-c476t-60970ea4d1a177fc67db7d5eb5e17e3b492f5fc1e2e5b4f752537ce81d31cb963&offset=20
40. Oceana (2023). Proyecto Alacranes. Informe Ejecutivo de la Expedición Científica. Oceana. pp. 5-114. Disponible en: <https://mx.oceana.org/reports/proyecto-alacranes-informe-expedicion-oceana-2023/>
41. Ordoñez, G.D (2023). Actividad de la fenoloxidasa en moco y tejido de coral en la especie: *Montastraea cavernosa*. pp. 1-12. Disponible en: <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/retrieve/b01ca65e-d975-454a-a66a-78a6c6ac91e7/251395.pdf>
42. Ortiz, A (2005). Los Arrecifes de Coral. pp. 1-64. Disponible en: <https://seagrantpr.org/arrecifes/assets/docs/PRSG-Libro-Arrecifes-de-Coral.pdf>
43. PÉREZ-CERVANTES, E., NAVARRO-ESPINOZA, E., ESTRADA-SALDÍVAR, N.A., ESPINOSA-ANDRADE, N., Melo-Merino, S.M., Rivas-Soto, M & ÁLVAREZ-FILIP, L (2019). Estado de conservación de los arrecifes de coral de la Península de Yucatán. pp. 2-24. Disponible en: <https://www.google.com.mx/url?q=https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless/2018/11/73265866-73265866-arrecifes-reporte.pdf&sa=U&ved=2ahUKEwjBsrj5qqiLAXUBke4BHUW1DOQ4ChAWegQIBxAC&usg=AOvVaw0eOD1-uSLSFoa7ITCdY54y>

44. Perera-Valderrama, S., Cerdeira-Estrada, S., Martell-Dubois, R., Rosique-de la Cruz, L.O., Caballero-Aragón, H., Ressler, R (2020). Protocolos de monitoreo de la biodiversidad marina en áreas naturales protegidas del Caribe mexicano. Conabio. México. pp. 31-81. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Sergio-Cerdeira-Estrada/publication/343726478_Protocolos_de_monitoreo_de_la_biodiversidad_marina_en_areas_naturales_protegidas_del_Caribe_mexicano/links/5f498df6458515a88b81d60c/Protocolos-de-monitoreo-de-la-biodiversidad-marina-en-areas-naturales-protegidas-del-Caribe-mexicano.pdf
45. Pérez, J.A (2021). Fauna (peces y moluscos) asociada a arrecifes de coral de la zona centro y norte del Caribe mexicano (Tesis de maestría). Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. pp. 1-131. Disponible en: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1911/1/PCA_M_Tesis_2021_Jaime_Alejo_Perez_Torres.pdf
46. Ramírez, A.M (2022). Abundancia y riqueza de especies de la familia Dictyotaceae (Phaeophyta) en dos arrecifes de la costa norte de Quintana Roo (Tesis de maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. pp. 1-58. Disponible en: https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3789/3/tesis_Andrea%20Michele%20Ram%C3%ADrez%20Castillo_07%20nov%202022.pdf#:~:text=Los%20arrecifes%20coralinos%20debido%20a%20su%20complejidad,por%20la%20depredaci%C3%B3n%20por%20parte%20de%20los
47. Randazzo, Á., Muñoz, M., McField, M., Myton, J & Arias-González, J.E (2019) The Effect of Algal-Gardening Damselfish on the Resilience of the Mesoamerican Reef. *Front. Mar. Sci.*, 6, pp. 1-10. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/334715165_The_Effect_of_Algal-Gardening_Damselfish_on_the_Resilience_of_the_Mesoamerican_Reef
48. REY-VILLIERS, N & SÁNCHEZ, A (2018). ¿Puede la contaminación orgánica afectar la tasa de crecimiento de los octocorales en el Caribe?. *Gayana (Concept.)*, 82. pp. 166-170. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/gayana/v82n2/0717-6538-gayana-82-02-00166.pdf>
49. Reyna-Fabián, M., Espinoza, A., Seingier, G., Ortiz-Lozano, L & Espejel, I (2018). De la evaluación ecológica a la socio-ecológica: la vulnerabilidad de los arrecifes de coral ante los factores de estrés asociados al cambio climático. *Sociedad y Ambiente*, 17, pp. 59-92. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/sya/n17/2007-6576-sya-17-59.pdf>
50. Rioja-Nieto, R & Álvarez-Filip, L (2019). Sistemas arrecifales de coral del Caribe mexicano: estado, tendencias recientes y conservación. *Boletín sobre contaminación marina*, 140, pp. 616-625. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X18304764>

51. Rivera, M.F (2024). Los corales. ICML-UNAM. Disponible en: <https://www.icmyl.unam.mx/CulturaOceanica/assets/imgs/pupitre/CoralesLosCorales.pdf>
52. Robles-Payán, A., Reyes-Bonilla, H & Cáceres-Martínez, C (2021). Coral growth and survival during the first gardening phase in La Paz, Baja California Sur, Mexico. *Rev. Mex. Biodiv*, 92, pp. 1-11. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v92/2007-8706-rmbiodiv-92-e923594.pdf>
53. Robles-Zavala, E (2020). Estudio del Análisis Social y Económico de los Servicios Ambientales del Sistema Arrecifal Coralino del Parque Nacional Huatulco. pp. 1-57. Disponible en: https://www.conanp.gob.mx/rendicion_cuentas/pdf/ESTUDIOS%202010/UNIVERSIDAD%20DEL%20MAR.pdf
54. Rodríguez-Jerez, Y., Pugibet, E., Almánzar, L., Vargas-Pérez, E., Mejía, N., Sanó, B & Baldayac, K (2019). Estudio preliminar de las comunidades bentónicas en tres arrecifes del tramo costero-marino Bávaro, Higuey, R.D. Centro de Investigación de Biología Marina (CIBIMA), Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Yira_Rodriguez_Jerez/publication/335474718_Estudio_preliminar_de_las_comunidades_bentonicas_en_tres_arrecifes_del_tramo_costero-marino_Bavaro_Higuey_RD/links/5d6819de92851c154cc5903a/Estudio-preliminar-de-las-comunidades-bentonicas-en-tres-arrecifes-del-tramo-costero-marino-Bavaro-Higueey-RD.pdf?_cf_chl_tk=SocTKu.3WDSkpnvMMV4gs7j2vqsCqR7BYcLINc_oOEE-1736557691-1.0.1.1-C8dAYN6gtai9mhfiz21LLUix742oF7VIPACrhwnS_Rw
55. Rodríguez, Calderón & Rocha (2013). ¿De qué se enferman los corales?. *Rev. Cienc. Des*, pp. 6-13. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/236671412_DE_QUE_SE_ENFERMAN_LOS_CORALES
56. Romero, R & Zavala, J (2020). Atlas de Línea Base Ambiental del Golfo de México Tomo 1. *Meteorología*. Disponible en: <https://cigom.org/project/atlas-de-linea-base-ambiental-del-golfo-de-mexico/>
57. Secretaría de Marina (2021). DERROTERO GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE. pp. 1-587. Disponible en: <https://digaohm.semar.gob.mx/derrotero/DERROTERO%20GOLFO%20Y%20CARIBE%20Completo.pdf>
58. Swierts, T & Vermeij, M (2016). Competitive interactions between corals and turf algae depend on coral colony form. *PeerJ*. Disponible en: <https://peerj.com/articles/1984/>
59. Vogel, N., Fabricius, K.E., Strahl, J., Croft, S.H., Wild, C & Uthicke, S (2015). Calcareous green alga *Halimeda* tolerates ocean acidification conditions at tropical carbon

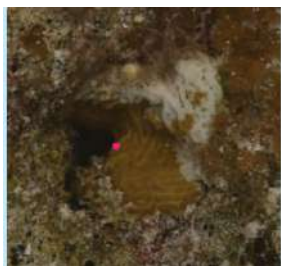
dioxide seeps. *Limnology and Oceanography*, 60, pp. 1-345. Disponible en: <https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/lno.10021>

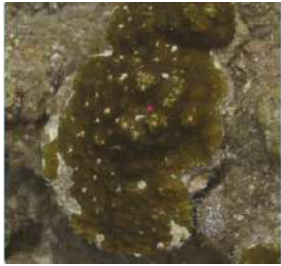
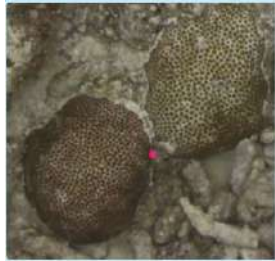
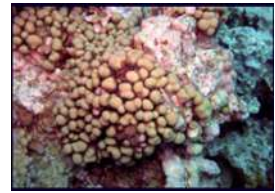
60. van Tussenbroek, B., Hernández, H., Rodríguez-Martínez, R., Espinoza-Avalos, J., Canizales-Flores, H., González-Godoy, C., Barba-Santos, M., Vega-Zepeda, A & Collado-Vides, L (2017). Severe impacts of brown tides caused by *Sargassum* spp. on near-shore Caribbean seagrass communities. *Marine Pollution Bulletin*, 122, pp. 272-281. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X17305374>

61. Weil, E & Ruiz, H (2003). Guía Para Identificar los Corales Someros del Gran Caribe. Departamento de Ciencias Marinas de la Universidad de Puerto Rico, pp. 1-12. Disponible en: <https://npshistory.com/publications/viis/coral-id-cards-sp.pdf>

13. Anexos

Grupos morfosintáctico-funcionales de organismos bentónicos del Caribe Mexicano y del Golfo de México-Sur (CONANP, 2016; Delgado, 2016; Perera-Valderrama et al., 2020; Cosain, 2021; Oceana, 2023; CONANP, 2024; Carballo et al., 2024).

Corales duros			
<i>Acropora palmata</i>		<i>Agaricia agaricites</i>	
<i>Acropora humilis</i>		<i>Agaricia lamarcki</i>	
<i>Orbicella annularis</i>		<i>Orbicella faveolata</i>	

<i>Orbicella franksi</i>		<i>Porites astreoides</i>	
<i>Siderastrea siderea</i>		<i>Solenastrea bournoni</i>	
<i>Stephanocoenia intersepta</i>		<i>Agaricia tenuifolia</i>	
<i>Acropora cervicornis</i>		<i>Siderastrea radians</i>	
<i>Madracis decactis</i>		<i>Pseudodiploria clivosa</i>	
<i>Montastraea cavernosa</i>		<i>Pseudodiploria strigosa</i>	

<i>Diploria labyrinthiformis</i>		<i>Siderastrea stellata</i>	
<i>Porites porites</i>		<i>Acropora prolifera</i>	
<i>Dichocoenia stokesi</i>		<i>Eusmilia fastigiata</i>	
<i>Agaricia fragilis</i>		<i>Isophyllastrea rigida</i>	
<i>Isophyllia sinuosa</i>		<i>Meandrina meandrites</i>	
Octocorales			
<i>Erythropodium caribaeorum</i>		<i>Iciligorgia schrammi</i>	

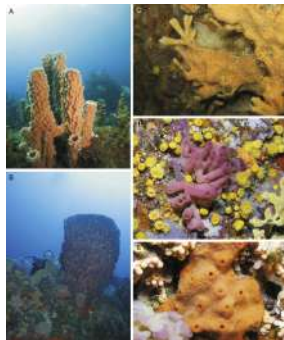
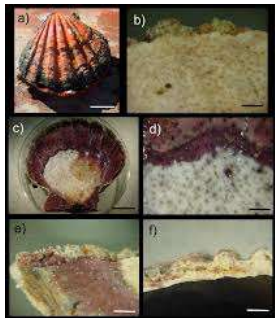
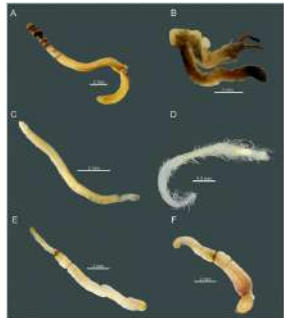
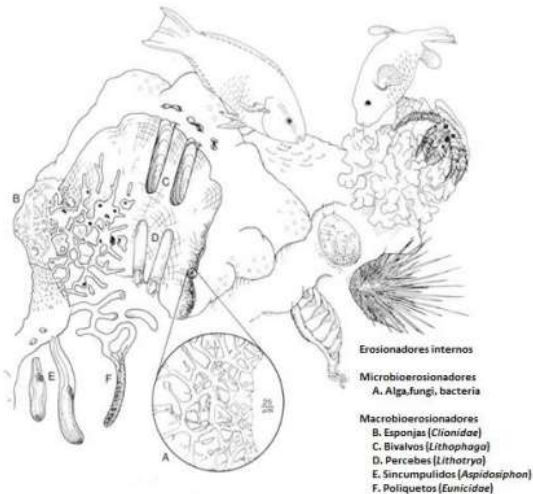
<i>Eunicea succinea</i>		<i>Briareum asbestinum</i>	
<i>Eunicea mammosa</i>		<i>Muricea elongata</i>	
<i>Plexaura flexuosa</i>		<i>Plexaurella grisea</i>	
<i>Gorgonia ventalina</i>		<i>Plexaura homomalla</i>	
<i>Pseudopterogorgia acerosa</i>		<i>Pterogorgia citrina</i>	
Macroalgas			
Rhodophyta (Algas rojas)			

<i>Amphiroa rigida</i>	 A black and white photograph of a dense, branching, and somewhat bushy alga. A small scale bar in the bottom left corner indicates 5mm.	<i>Amphiroa brasiliana</i>	 A photograph of a reddish-purple, branching alga growing on a rocky surface.
<i>Amphiroa tribulus</i>	 A photograph of a reddish, branching alga growing on a green, leafy substrate.	<i>Jania pumila</i>	 A photograph of a reddish, branching alga growing on a green, leafy substrate.
<i>Jania rubens</i>	 A photograph of a dense, reddish-brown, branching alga.	<i>Liagora norrisiae</i>	 A photograph of a reddish, branching alga growing on a rocky surface.
<i>Liagora ceranoides</i>	 A photograph of a reddish, branching alga growing on a rocky surface.	<i>Galaxaura rugosa</i>	 A photograph of a reddish, branching alga growing on a white surface. The image includes a watermark "algaeBASE" in the top left corner.
<i>Dichotomaria marginata</i>	 A photograph of a reddish, branching alga growing on a green, leafy substrate.	<i>Dichotomaria obtusata</i>	 A photograph of a reddish, branching alga growing on a green, leafy substrate. The image includes a watermark "© Keoki Stanley" in the bottom right corner.
<i>Hypnea spinella</i>	 A photograph of a reddish, branching alga being held by a person's hand.	<i>Hypnea valentiae</i>	 A photograph of a dense, yellowish-brown, bushy alga growing on a rocky surface.

<i>Gelidiella acerosa</i>		<i>Ceramium nitens</i>	
<i>Laurencia filiformis</i>		<i>Laurencia obtusa</i>	
Phaeophyta (Algas pardas)			
<i>Dictyota caribaea</i>		<i>Dictyota crispate</i>	
<i>Dictyota dichotoma</i>		<i>Dictyota crenulata</i>	
<i>Padina</i>		<i>Styopodium zonale</i>	
<i>Turbinaria turbinata</i>		<i>Sargassum hystrix</i>	

<i>Sargassum polyceratum</i>		<i>Lobophora variegata</i>	
Chlorophyta (Algas verdes)			
<i>Udotea fibrosa</i>		<i>Udotea conglutinata</i>	
<i>Penicillus capitatus</i>		<i>Penicillus dumetosus</i>	
<i>Rhypocephalus phoenix</i>		<i>Caulerpa racemosa</i>	
<i>Caulerpa prolifera</i>		<i>Acetabularia crenulata</i>	
<i>Avrainvillea asarifolia</i>		<i>Avrainvillea elliotii</i>	

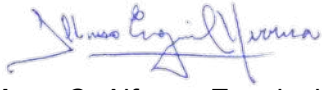
<i>Bryopsis pennata</i>		<i>Bryopsis ramulosa</i>	
<i>Codium repens</i>		<i>Codium taylorii</i>	
<i>Halimeda gracilis</i>		<i>Halimeda tuna</i>	
Invertebrados agresivos			
Macroperforadores			
Cliona		Thoosa	
Siphonodictyon		Cliothosa	

Haplosclerida		Bivalvos	
Espiñónidos perforadores			
Microperforadores			
Hongos Algas Cianobacterias	 Erosionadores internos Microbioerosionadores A. Alga, fungi, bacteria Macrobioerosionadores B. Esponjas (Clonidae) C. Bivalvos (Lithophaga) D. Percebes (Lithotrypa) E. Sincumpulidos (Apidosiphon) F. Poliquetos (Eunicidae)		
Esponjas			
Poecilosclerida		Haplosclerida	

Hadromerida		Halichondrida	
Astrophorida		Dictyoceratida	
Verongida		Dendrochirotida	
Agelasida		Halisarcida	
Componentes sin vida			
Pavimento (PAV)		Escombros de coral (ESC)	
Arena (ARE)		Roca	

14. VoBo

Asesores:



M. en C. Alfonso Esquivel Herrera (17064)



Dra. Angela María Randazzo Eisemann