

INVESTIGACIÓN

SOBRE EL ESTADO ACTUAL Y LAS AMENAZAS DE LOS ECOSISTEMAS ARRECIFALES MESOFÓTICOS DE LA COSTA NORTE Y CENTRAL DEL ESTADO DE VERACRUZ A BORDO DEL BARCO DE GREENPEACE, ARCTIC SUNRISE

GREENPEACE



AUTORES

Javier Bello Pineda, especialista en análisis espacial para la toma de decisiones en la zona costera

Adán Guillermo Jordán Garza, investigador en ecología de poblaciones y comunidades de corales escleractinios

Jacobo Santander Monsalvo, Investigador del Colectivo Interdisciplinario de Ciencia Aplicada y Derecho Ambiental, A.C.

Mtro. Francisco Javier Martos Fernández, experto en restauración y manejo de arrecifes corallinos, doctorante con especialidad en arrecifes mesofóticos

Viridiana Lázaro Lembrino, coordinadora de la investigación, especialista en agricultura y cambio climático

AGRADECIMIENTOS

M.E.P Jonathan Aguilera Arias, por su apoyo en la colecta y análisis de datos

M.E.P. Citlalli Galicia García, por la identificación de las especies de algas de la zona centro

M.E.P. Miguel Ángel Lozano Aburto, por su apoyo en las identificaciones del bentos de la zona centro

Iván Castaneira, fotógrafo

Esta investigación se realizó gracias a la generosidad de nuestros socios y socias de Greenpeace. Gracias por ayudarnos a construir un futuro más verde, pacífico y justo.



CONTENIDO

Presentación	6
Introducción	8
Justificación	11
Área de estudio	11
Zona centro (parque nacional Sistema Arrecifal Veracruzano)	12
Zona norte (área de protección de flora y fauna Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan)	13
Metodología	14
Sonar de barrido lateral	14
Vehículo operado de manera remota (ROV, por sus siglas en inglés)	15
Uso de sumergible tripulado por dos personas (Nemo 2)	17
Análisis de video y fotografía	18
ROV	18
U-Boat Worx NEMO (Nemo 2)	18
Análisis de datos	18
Principales hallazgos	18
Zona centro	19
Análisis de imágenes obtenidas con las cámaras en el ROV y en el sumergible tripulado por dos personas Nemo 2	24
Ecosistema arrecifal artificial Carcachas	24
Zona de exclusión a la navegación	25
Zona norte	25

Ecosistema arrecifal mesofótico Tecolutla	27
Ecosistema arrecifal mesofótico Huasteco	30
Ecosistema arrecifal mesofótico Lobos norte	31
Ecosistema arrecifal mesofótico Tamiahua	31
Ecosistema arrecifal mesofótico Marsellesa (Corazones)	34
Ecosistema arrecifal mesofótico Blake	36
Suficiencia del muestreo y similitudes entre zona centro y norte	39
Conclusiones y recomendaciones	42
Referencias	45
Anexo I	48
Anexo II. Zona de exclusión a la navegación	49
Anexo III Análisis de la biodiversidad	63
Cálculo del total de familias, género y especies	63
Cálculo del total de familias género y especies de la zona norte	67
Cálculo del total de familias género y especies de la zona centro	70
Cálculo total de especies identificadas y especies potenciales	72

PRESENTACIÓN

En este reporte “Investigación sobre el estado actual y las amenazas de los ecosistemas arrecifales mesofóticos de la costa norte y central del estado de Veracruz a bordo del barco de Greenpeace, *Arctic Sunrise*” se sintetizan los resultados del trabajo de exploración e investigación llevada a cabo de manera conjunta por investigadores expertos en sistemas arrecifales coralinos adscritos a la Universidad Veracruzana, del Colectivo Interdisciplinario de Ciencia Aplicada y Derecho Ambiental (CICADA) y Greenpeace México, a bordo del barco *Arctic Sunrise*, durante el mes de mayo (del jueves 18 al domingo 28) de 2023.

Se exploraron ocho zonas que no habían sido previamente investigadas: tres en la zona adyacente al parque nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, en el centro del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, y cinco en la zona adyacente a los polígonos del área de protección de flora y fauna Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan, en el norte del estado.

Se utilizó un sonar de barrido lateral, un vehículo operado de manera remota (ROV, por sus siglas en inglés) y un sumergible tripulado por dos personas (Nemo 2), con los que se obtuvieron fotografías y videos del fondo marino en la zona de estudio.

Con ayuda de guías de campo, se revisaron 4125 fotografías, 341 videos con una duración de 1866 minutos y 27 segundos, con los que se identificó una riqueza de 96 especies (43 en la zona centro y 80 en la zona norte) cuyas especies representativas, con base en su presencia, son el coral negro *Stichopathes luetkeni* y los peces arrecifales *Chaetodon sedentarius* y *Haemulon plumierii*, que se registraron en las tres zonas de muestreo de la zona centro; para la zona norte, las especies representativas, con base en su presencia, son las esponjas *Aiolochoxia crassa* y *Aplysina fulva*, que se registraron en los cinco sitios, así como la esponja *Ircinia felix*; el coral negro *Stichopathes luetkeni*; el crinoideo *Davidaster discoideus*; y los peces arrecifales *Anisotremus surinamensis*, *Anisotremus virginicus*, *Chaetodon ocellatus*, *Haemulon aurolineatum*, *Haemulon plumierii* y *Pomacanthus paru* que se registraron en cuatro de los cinco sitios de muestreo de la zona norte.

Es importante ampliar el conocimiento, promover el interés científico y generar estrategias de manejo (aprovechamiento y conservación) sobre estos ecosistemas arrecifales mesofóticos, cuyo acceso humano es poco viable. Las herramientas utilizadas (sonar de barrido lateral, un ROV y un sumergible tripulado por dos personas [Nemo 2]), ayudaron a obtener muestras gráficas (fotografía, imágenes y video) de parte de su estructura y de su biodiversidad, pese a ser ecosistemas de difícil acceso.

En un contexto de crecimiento poblacional, la demanda por recursos energéticos es entendible, pero su descubrimiento, exploración y aprovechamiento requieren de actividades cuyas consecuencias, en su mayoría, son negativas y generan impactos a los ecosistemas.

Realizar este tipo de exploraciones, generar colaboraciones y aportar información, se vuelve imprescindible y necesario en un contexto de cambio climático. Los datos aportados por esta investigación pretenden contribuir a la toma de decisiones informadas.

Se exponen datos inéditos de la presencia de ecosistemas arrecifales mesofóticos, y su biodiversidad, de la zona centro y norte de la zona costera al estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, México.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas arrecifales mesofóticos (EAM) son comunidades arrecifales caracterizadas por la presencia, tanto de corales fotodependientes (los que contienen algas unicelulares conocidas como dinoflagelados endosimbióticos, del género *Symbiodinium*), así como no fotodependiente (octocorales y corales negros), y comunidades asociadas que **se distribuyen en regiones tropicales y subtropicales, entre las profundidades intermedias y más bajas de la zona fótica de -30 a ~-150 m, donde la luz es suficiente para la producción primaria fotosintética** (Hinderstein et al., 2010).

En el límite superior (-30 m) se han documentado cambios en la composición de especies, que pueden estar relacionados a variables como temperatura, intensidad de luz, profundidad, régimen hidrodinámico, topografía, sustratos y sedimentación (Kahng et al., 2010).

Los EAM han sido poco estudiados a escala global (Kahng et al., 2010) e incluso su distribución y extensión espacial está pobremente documentada (Menza et al., 2008). Esto conlleva a que, salvo contadas excepciones, las estrategias y programas de manejo ignoren a los EAM, descuidando sistemáticamente un componente principal, dada la magnitud de las amenazas que enfrentan los ecosistemas arrecifales coralinos.

Algunos EAM pertenecientes al Santuario Marino Nacional *Flower Garden Banks* al norte del Golfo de México, se encuentran clasificados como Hábitats de Interés Particular por el Consejo de Pesquerías del Golfo de México, que, de acuerdo con la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) de los Estados Unidos de América, son áreas de alta prioridad para la conservación, gestión e investigación debido a que son raras, sensibles, sujetas a estrés o son importantes para el funcionamiento del ecosistema. Por tal motivo es imperativo incrementar el conocimiento sobre los EAM e incluirlos explícitamente en estudios, programas de monitoreo y estrategias de manejo.

Estudios sobre EAM han empleado sumergibles con capacidad para una persona y vehículos autónomos sumergibles, los cuales han sido valiosos para el conocimiento y descripción de estos EAM para zonas particulares, como *Flower Garden Banks* (<https://bit.ly/45oYvk9> y <https://bit.ly/44V7Z6K>) en Estados Unidos de América y algunos sitios puntuales en el mar Rojo y en el mar Caribe. Para el mapeo de estos ecosistemas arrecifales se han utilizado ecosondas multihaz para generar batimetrías de alta resolución espacial, que representan el relieve marino, demostrando que estas son herramientas eficientes que permiten generar mapas detallados de la extensión espacial real y potencial de EAM al utilizarse en combinación con video de alta resolución obtenido mediante ROV (Mayorga-Martínez et al., 2021). Estos equipos de video de alta resolución, a su vez, permiten las observaciones biológicas y topográficas directas de estos ecosistemas arrecifales.

Ante la degradación que han sufrido los ecosistemas arrecifales someros (EAS), en diversas partes del mundo, es necesario conocer el estado ecológico de los EAM, ya que han sido considerados hasta ahora como ecosistemas arrecifales con un menor impac-

to antrópico directo, pero no se sabe hasta qué punto están sujetos a diversos impactos, tales como la sedimentación y limitación de la luz debido a los sólidos suspendidos de origen terrígeno, es decir, los que se generan en ambientes terrestres o no marinos.

Cánovas-Molina *et al.*, (2016) propusieron el índice MAES (*Mesophotic Assemblages Ecological Status*, por su nombre en inglés) para evaluar el estado en el que se encuentran los EAM en el Mar Mediterráneo. Un segundo estudio, llevado a cabo en Puerto Rico, por Appeldoorn *et al.*, (2015), se enfocó a modelar el impacto antrópico potencial en los EAM, concluyendo que este puede ser significativo, especialmente, cuando los EAM se encuentran cerca de la costa. Estos estudios, a pesar de ser puntuales, demuestran que los EAM alojan y soportan poblaciones de especies económicamente importantes, pero además son áreas de crianza y protección para especies amenazadas, como tiburones (Bejarano *et al.*, 2014) y tortugas marinas (Appeldoorn *et al.*, 2015).

Es necesario también el estudio de la conectividad entre los componentes de los EAS y los EAM, pues algunos autores proponen que los EAM son una extensión de los EAS debido a que comparten la distribución de algunas especies (Kahng *et al.*, 2010). Además, pueden considerarse refugios potenciales de especies de vertebrados e invertebrados vulnerables a disturbios que habitan las aguas someras (Glynn *et al.*, 1996), y se propone que los EAM son fuente de reclutas para las comunidades de las aguas someras y sus EAS, que constituyen un componente importante en la capacidad de recuperación de las comunidades arrecifales (Van Oppen *et al.*, 2011).

La falta de estudios de los EAM y su reconocimiento como ecosistemas de alto valor ecosistémico es inminente, a nivel global y a escala local. Para este estudio, es muy relevante el caso del parque nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), declarado en 1992 como área natural protegida (ANP) con el carácter de parque marino nacional, con una superficie de 52238 ha, que en 2012 sufrió una modificación en su poligonal donde incrementó su extensión a 65516 ha, pero los ecosistemas arrecifales del noroeste del ANP fueron excluidos. El decreto modificatorio hace referencia a sus lagunas arrecifales, pero no a sus pendientes ni a los EAM asociados. Y para esa fecha no existía ningún estudio sobre EAM para esta región.

En la zona norte de Veracruz, el Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan se declaró un ANP, con la categoría de área de protección de flora y fauna, en el 2009 (APFF-SALT). Esta ANP consta de dos polígonos de protección, uno frente a Tamiahua, formada por tres arrecifes de plataforma, Blanquilla, Medio y Lobos, este último consta de un ecosistema insular y otro polígono, frente a Tuxpan, que consta de otros tres arrecifes de plataforma, Tanhujio, Enmedio y Tuxpan, pero además incluye dentro de su poligonal parte de un arrecife no emergente conocido como Pantepec (CONANP, 2014). De hecho, antes del 2005 no se sabía mucho sobre este tipo de arrecifes en la zona (Maruri-Cruz, 2012), pero poco a poco se han documentado arrecifes no emergentes como Cabo Verde, Oro Verde, Blake, Tamiahua y Corazones (Ortiz-Lozano *et al.*, 2014).

Estos arrecifes no emergentes, a diferencia de los EAM, pueden no ser muy profundos (de 15 a 25 m) pero no alcanzan la superficie y su comunidad de corales escleractinios,

o corales duros, está limitada por la profundidad (Jordán-Dahlgren, 2004). A pesar de tener conocimiento de este tipo de arrecifes no emergentes en la zona norte, la mayoría de estos están poco caracterizados, no cuentan con planes de manejo y carecen de información sobre EAM en la zona, siendo este uno de los primeros trabajos que busca localizarlos y caracterizarlos.

El PNSAV es uno de los sistemas arrecifales que enfrenta mayor cantidad de presiones en nuestro país (Santander-Monsalvo *et al.*, 2018), tales como la creciente urbanización de sus zonas circundantes, la ampliación del puerto de Veracruz, presencia de especies invasoras (como el pez león *Pterois spp.* y el coral *Tubastraea coccinea*, por mencionar dos de las más representativas), sobrepesca y otras obras de infraestructura.

Históricamente, este sistema ha contribuido significativamente a la economía local, sustentando pesquerías artesanales multiespecíficas, las cuales, en las últimas décadas, han registrado importantes bajas en su producción (Quiroga y Romero, 2014). Este parque nacional y sus zonas adyacentes también ofrecen fuentes de trabajo con base en diversas actividades turísticas (buceo, recreación y pesca deportiva), constituyéndose en uno de los diez destinos nacionales más visitados (Propin-Frejomil y Sánchez-Crispín, 2007). Los EAM en el país y particularmente en el PNSAV han sido pobremente caracterizados en su estructura topográfica, distribución espacial y ecología, lo que presume una subvaluación de su extensión y, por lo tanto, un desconocimiento de la relevancia de los servicios ecosistémicos que proveen, lo que conlleva a una deficiente evaluación de su contribución a la economía regional y a que las estrategias para su manejo (aprovechamiento y conservación) sean deficientes o inexistentes.

El grupo de investigación participante en este proyecto ha trabajado con EAM de la zona central y norte de Veracruz de Ignacio de la Llave, principalmente en la zona sur del PNSAV. En el estudio de Mayorga-Martínez *et al.* (2021), se identificaron zonas de alta complejidad estructural que sugieren la presencia de EAM a profundidades de hasta -50 m, lo cual fue corroborado con el uso de un ROV. **Este y otros estudios sugieren que los EAM en el PNSAV han sido subestimados y, por lo tanto, no fueron considerados al momento de tomar decisiones sobre la delimitación de su poligonal ni en la zonificación de su programa de manejo.**

Al analizar la batimetría al exterior del parque nacional (zona de influencia), se observó la existencia de estructuras con geomorfología compleja que podrían representar formaciones arrecifales a profundidades superiores a los -50 m, tanto en la costa central, como al norte, que representan un gran interés para identificar la extensión y la condición ecológica de EAM que no han sido previamente estudiados, e identificar también sus amenazas potenciales, por lo que el objetivo principal de esta investigación es hacer un registro a la mejor resolución espacial posible de estructuras sumergidas de alta complejidad presentes entre las isóbatas de 50 y 80 m, y determinar al mejor detalle taxonómico posible, los componentes biológicos presentes en esta zona. En este reporte, y para facilitar su interpretación, los resultados se presentan de manera independiente para las zonas centro y norte, debido a que existieron ajustes y cambios logísticos para el muestreo y análisis de datos.

JUSTIFICACIÓN

Ante la degradación ambiental y las amenazas potenciales (locales y globales) sobre los EAS en todo el mundo, **se ha planteado la hipótesis de que los ecosistemas arrecifales a mayor profundidad pudieran actuar como un reservorio genético que permitirían la posible recuperación de dichos EAS.** Pese a esto, existe un alto grado de desconocimiento de la condición ecológica actual de los ecosistemas arrecifales a profundidades mayores a los -30 m, los que en este trabajo denominamos como ecosistemas arrecifales mesofóticos (EAM).

Frente a las costas de Veracruz de Ignacio de la Llave, se cuenta con EAS bien estudiados y que han sido considerados en estrategias de manejo, incluyendo decretos y programas de manejo de ANP (PNSAV y APFF-SALT), sin embargo, evidencia reciente de formaciones arrecifales a mayor profundidad, dentro y fuera de estas ANP, hacen que sea necesario estudiar la condición ecológica de estos EAM, en la costa central y al norte de la plataforma sumergida, e identificar sus amenazas potenciales.

Debido a los límites de seguridad del buceo científico y buceo técnico, los estudios en estas zonas son puntuales e indirectos, por lo que se requiere el uso de equipos tecnológicos que permitan obtener imágenes de alta calidad de los componentes bentónicos presentes, tales como los ROV y sumergibles tripulados, provistos con equipo de fotografía y video de alta resolución.

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se divide en dos zonas marinas de Veracruz de Ignacio de la Llave: la zona centro y la zona norte, en las inmediaciones del parque nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) y del área de protección de flora y fauna Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan (APFF-SALT), respectivamente.

ZONA CENTRO

(PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO)

La zona centro comprende los EAM, distribuidos en la plataforma sumergida frente al PNSAV entre las isóbatas de 50 a 80 m, como se muestra en la figura 1, donde se presentan las estaciones de trabajo planeadas originalmente para este estudio.

Se utilizó un mapa de batimetría como

base para planear los recorridos y estaciones potenciales. Dicho mapa se obtuvo interpolando métodos geoestadísticos a partir de información de profundidad puntual obtenida de la Secretaría de Marina. Se delimitaron las isóbatas de 50 a 80 m como referencia para seleccionar las estaciones potenciales.

La figura 1 muestra la ruta planeada originalmente y las estaciones potenciales para visitar. Debido a restricciones de navegación y consideraciones logísticas, se adecuó el número de estaciones a un máximo de tres estaciones por día.

PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO

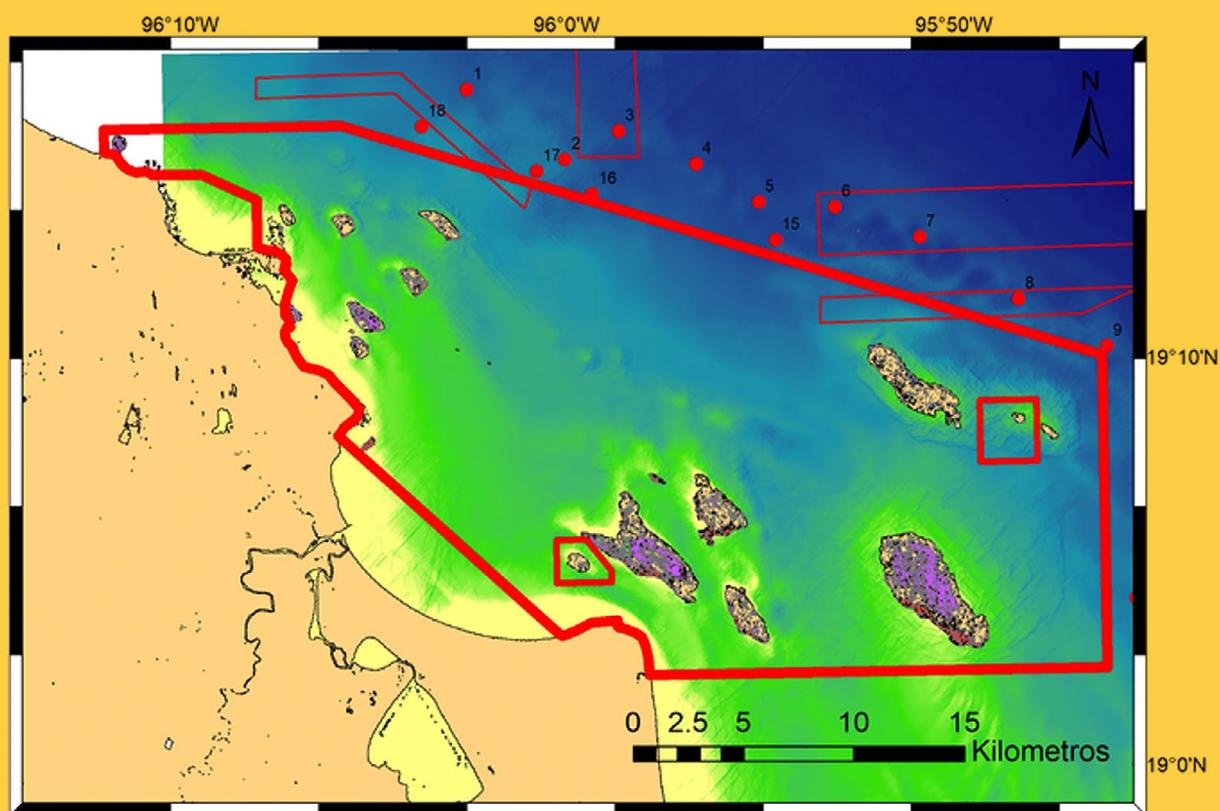


Figura 1. Estaciones planeadas originalmente (puntos rojos), se muestran áreas de exclusión y poligonal del parque en rojo.

ZONA NORTE (ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA SISTEMA ARRECIFAL LOBOS TUXPAN)

Dadas las grandes distancias de navegación se decidió visitar los puntos de mayor interés dada su batimetría o su potencial interacción con el gasoducto. En total se escanearon cinco sitios: 1) Tecolutla; 2) Blake; 3) Huasteco; 4) Norte de Isla Lobos y 5) Tamiahua-Corazones (figura 2).

SITIOS VISITADOS AL NORTE DE VERACRUZ

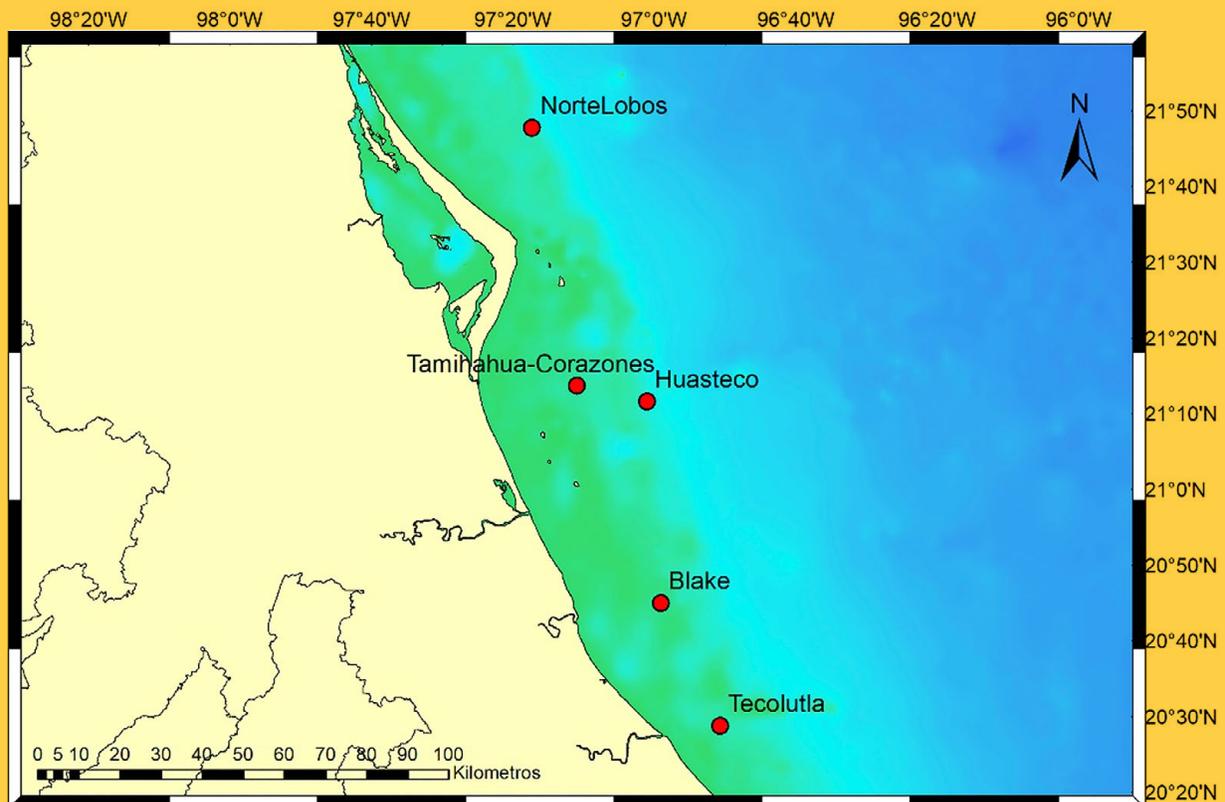


Figura 2. Mapa que muestra la localización de los sitios en donde se llevaron a cabo escaneos del fondo y observaciones vía submarino o RUV excepto en el sitio Norte Lobos.

METODOLOGÍA

Sonar de barrido lateral

Previamente a iniciar la exploración en cada estación, se llevó a cabo un escaneo con un sonar de barrido lateral modelo *Klein Marine System 4900 Side-Scan Sonar* (figura 3). Este sonar de barrido lateral se utiliza para diversas aplicaciones (levantamiento, búsqueda y recuperación). Su capacidad de generación de imágenes de alta definición y alta fidelidad lo convierten en una herramienta ideal para misiones de búsqueda de EAM y reconocimiento de información para generar datos; su construcción robusta, frecuencias seleccionables y clasificación de profundidad operativa de 300 m, brindan excelentes capacidades para el estudio costero, porque genera imágenes extraordinarias del fondo marino de alta resolución y largo alcance.

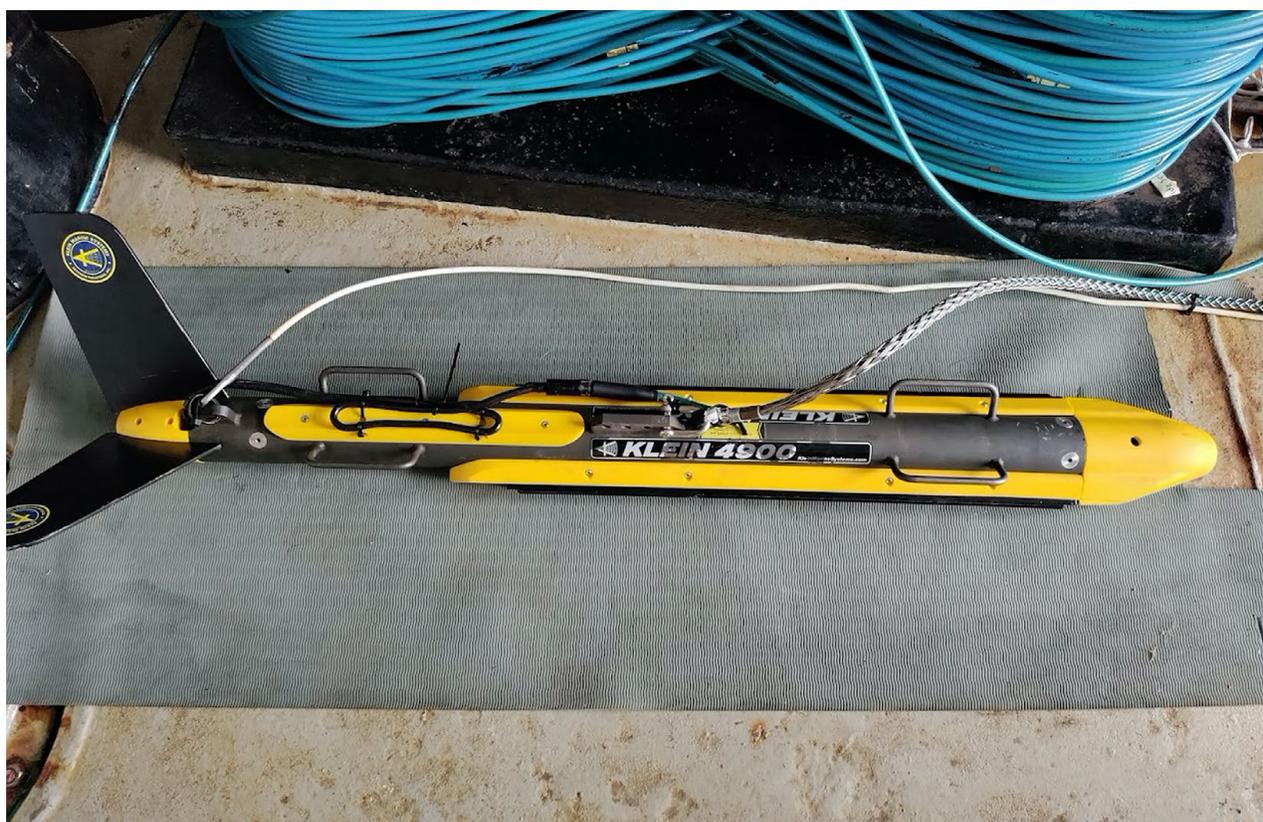


Figura 3. Sonar de barrido lateral modelo *Klein Marine System 4900 Side-Scan Sonar*.

La calidad de la imagen se mejora aún más con el diseño del transductor *System 4900*, optimizado para proporcionar anchos de haz horizontales muy estrechos y, por lo tanto, una resolución excepcional. *Klein a Mind Technology Business* fue fundada en 1968, es el proveedor líder mundial de equipos de sonar de barrido lateral. Los sistemas del sonar de barrido lateral tienen una excelente reputación mundial en la industria y son implementados por gobiernos, armadas, autoridades portuarias, topógrafos, compañías petroleras y universidades, así como por organizaciones no gubernamentales, como en esta ocasión (CICADA y Greenpeace México).

Durante el recorrido con el sonar se identificaban y marcaban, en la pantalla de la computadora, coordenadas de puntos de interés (*waypoints*) para ser visitados posteriormente (figura 4). Para decidir el sitio que se exploraría se consideró el tamaño y grado de complejidad aparente de las formaciones identificadas, ya que una vez iniciado el trabajo de exploración no sería posible, por logística, trasladar todo el equipo a otro sitio a distancias superiores a los cinco kilómetros.

Los archivos de salida del sonar de barrido lateral en formato XTF fueron convertidos en laboratorio a imágenes GEOTIFF usando el software *HYSWEEP* y sobrepuestas al mapa batimétrico original para estimar el área cubierta y delimitar las formaciones con geomorfología compleja presentes en la zona. Utilizando Sistemas de Información Geográfica, se delimitó el perímetro de los parches más conspicuos y se discriminaron zonas de alta y baja complejidad del bentos, es decir, del fondo marino con planicies y promontorios de alta complejidad estructural.

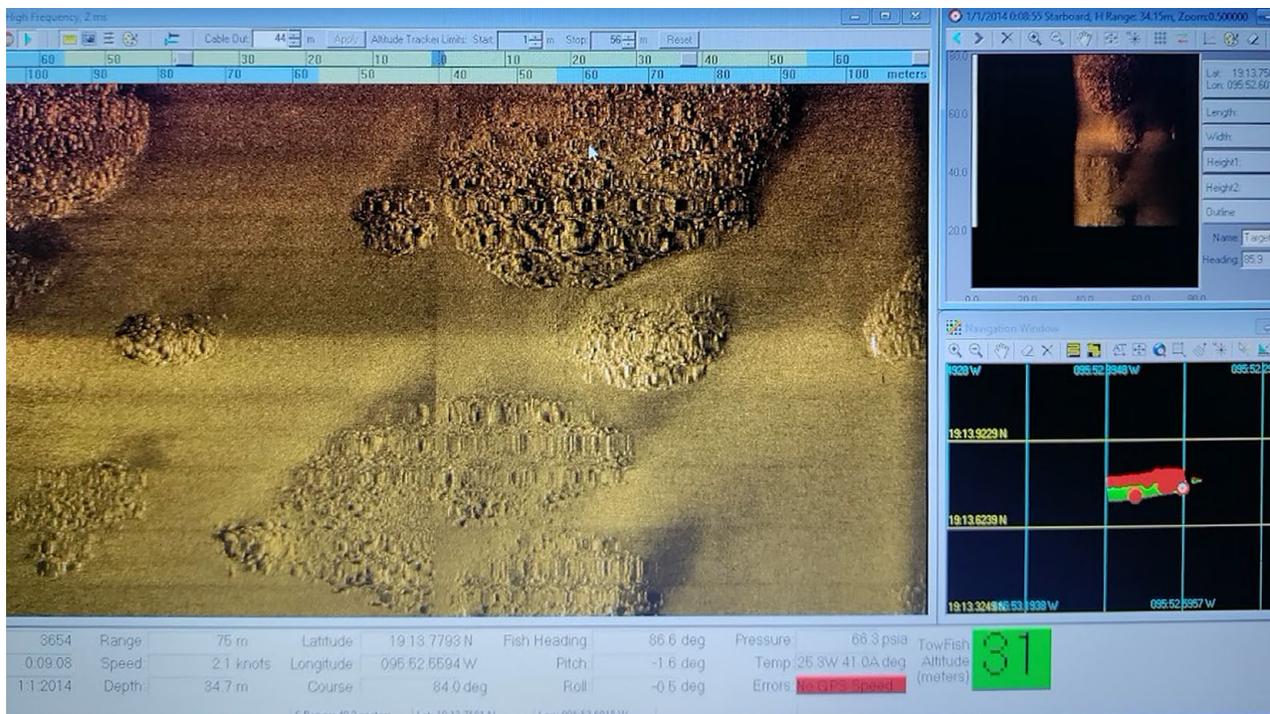


Figura 4. Marcaje de puntos de interés (*waypoints*) seleccionados durante el arrastre del sonar de barrido lateral.

Vehículo operado de manera remota (ROV, por sus siglas en inglés)

Para obtener video de alta resolución (4K) de los componentes bentónicos, es decir, del conjunto de organismos que viven en los fondos marinos, se utilizó un ROV modelo *Boxfish* (figura 5), el cual es un vehículo operado a distancia, que ofrece un fácil despliegue y operación desde casi cualquier embarcación, sin necesidad de equipo adicional. Con solo 23 kilogramos, es fácil de lanzar y recuperar manualmente y funciona hasta 300 m de profundidad con la opción de desplazarse hasta 1000 m de longitud. Su cámara de 4K sin comprimir ofrece una visibilidad envolvente; y, en caso de un accidente o situación inesperada, el *Boxfish* posee un diseño tolerante a fallas que le permite con-

tinuar operando con varios propulsores dañados, y, si se pierde la comunicación, volverá a la superficie por sus propios medios.



Figura 5. Vehículo operado de manera remota (ROV, por sus siglas en inglés) modelo *Boxfish*.

En cada estación se bajaba una embarcación tipo zodiac con el personal que operó este ROV, conformado por los tripulantes dedicados a la navegación, el piloto del ROV y una persona encargada de manejar el Theter o cable de comunicación con el ROV y marcar los puntos con GPS. Se sumergía el ROV y se tomaba la coordenada, una vez alcanzando el fondo, se iniciaba la navegación con una técnica análoga al buceo errante. Durante el trayecto se utilizaba luces LED de gran potencia para iluminar el bentos.

Uso de sumergible tripulado por dos personas (Nemo 2)

En cada estación se llevó a cabo un máximo de tres inmersiones utilizando un sumergible tripulado por dos personas, de la marca U-Boat Worx NEMO (figura 6). El U-Boat Worx NEMO es un vehículo sumergible para dos personas (un piloto y un pasajero), que puede alcanzar profundidades de 100 m hasta por ocho horas, con una velocidad máxima de tres nudos (5.5 km/h). Una de las características del diseño del U-Boat Worx NEMO es su casco de presión acrílico de última generación y una ventana circular transparente diseñada para proporcionar una vista sin obstáculos. Es impulsado por cuatro propulsores eléctricos silenciosos, por lo que puede flotar o suspenderse cerca de cualquier objeto o sitio de interés.



Dentro de la cabina del sumergible Nemo 2 se instalaron tres cámaras de alta resolución: 1) una *GoPro* frente al panel con vista al exterior, 2) una *GoPro* en la parte trasera de la cabina que mostraba las actividades dentro de esta y 3) una cámara panorámica de 360 grados que permitía una visión sinóptica de interior y exterior. Adicionalmente, en algunas ocasiones, un tripulante llevaba cámara de video y fotográfica de alta definición para registrar eventos específicos, importantes y puntuales.

Los recorridos con el sumergible Nemo 2 fueron similares a la técnica de buceo errante, sin llevar un rumbo específico, sino ajustándose a las condiciones de corriente y visibilidad del fondo. Tampoco se tuvieron tiempos fijos, sino que se mantenía estático en zonas con mayor cobertura biológica para obtener mejores imágenes.

Figura 6. Sumergible tripulado por dos personas U-Boat Worx NEMO.



Análisis de video y fotografía

ROV

Los videos obtenidos con el *ROV Boxfish* fueron revisados en laboratorio con un monitor de alta definición y se fueron congelando cuadros considerando la calidad de la imagen y estos fueron exportados a un programa de edición de imagen para mejorar iluminación y contraste y así identificar mejor los organismos presentes en cada toma. Se hicieron comparaciones con guías de identificación (Humann *et al.*, 2013, Humann y DeLoach, 2013; 2014) y con expertos, para llegar a una identificación al mejor detalle taxonómico posible.

U-Boat Worx NEMO (Nemo 2)

Se tuvieron dos fuentes de información: los videos capturados con la cámara *GoPro* ubicada en el frente y fotografías de alta resolución obtenidas con una cámara Canon 5D Mark III operada por el fotógrafo experto Iván Castaneira. Los videos de la cámara *GoPro* se trabajaron de la misma manera que los videos del ROV, y a las imágenes estáticas solo se les hizo un trabajo de mejora de iluminación y contraste con un editor de video. En este caso también se hicieron comparaciones con guías de identificación (Humann *et al.*, 2013, Humann y DeLoach, 2013; 2014) y con expertos, para llegar a una identificación al mejor detalle taxonómico posible.

ANÁLISIS DE DATOS

Para evaluar la suficiencia del muestreo se realizó una curva de acumulación de taxones (en su mayoría especies o géneros) usando el número de sitios muestreados. Además, para estimar el número de especies no observadas se utilizaron cuatro estimadores no paramétricos (Chao, jackknife de primer y segundo orden y bootstrap) (Bunge y Fitzpatrick, 1993; Smith y van Belle, 1984, Chao y Shen, 2003). Con base en una matriz de presencia/ausencia de taxones por sitio de muestreo de la zona centro y norte de Veracruz se realizó un dendrograma, una ordenación multidimensional no métrica (nMDS) y un análisis de similitudes (ANOSIM) para ver cómo se agrupan los sitios muestreados según la presencia/ausencia de taxones y si hay diferencias significativas entre los sitios del centro y norte (Clarke, 1993; Clarke y Warwick, 2001; Sommerfield *et al.*, 2021). Los análisis se realizaron en R (R Core Team, 2022) usando la librería “vegan” (Oksanen *et al.*, 2013).

Principales hallazgos

Se revisaron 4125 fotografías, 341 videos con una duración de 1866 minutos y 27 segundos, con los que se identificó una riqueza de 96 especies (43 en la zona centro y 80 en la zona norte), 17 especies identificadas hasta género, dos identificadas hasta grupo, por lo que se pueden considerar 115 especies potenciales, sin embargo, por el tiempo dedicado al muestreo, la dificultad en el acceso a los EAM, las observaciones por expertos *in situ* y los inconvenientes intrínsecos de la fotoidentificación de especies, sería lógico pensar que la riqueza presentada está subestimada.

Zona centro

Resultados del análisis de imágenes a partir del sonar de barrido lateral.

La figura 7 muestra las rutas seguidas con el sonar de barrido lateral. El total de imágenes obtenidas a partir de los datos del sonar de barrido lateral de la zona centro cubren una longitud de ~50 km de largo por 100 m de ancho (0.1 km), en una superficie de ~5 km², divididas de la siguiente manera (tabla 1):

TABLA 1. ESCANEOS REALIZADOS CON EL SONAR DE BARRIDO LATERAL EN LA ZONA CENTRO ADYACENTE AL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO.

FECHA	TRANSECTO	ANCHO (KM)	LARGO (KM)	SUPERFICIE (~KM ²)
Jueves 18 de mayo de 2023	T1	0.1	11.39	1.14
	T2	0.1	10.14	1.01
Viernes 19 de mayo de 2023	T3	0.1	4.80	0.48
Sábado 20 de mayo de 2023	T4	0.1	24.00	2.40

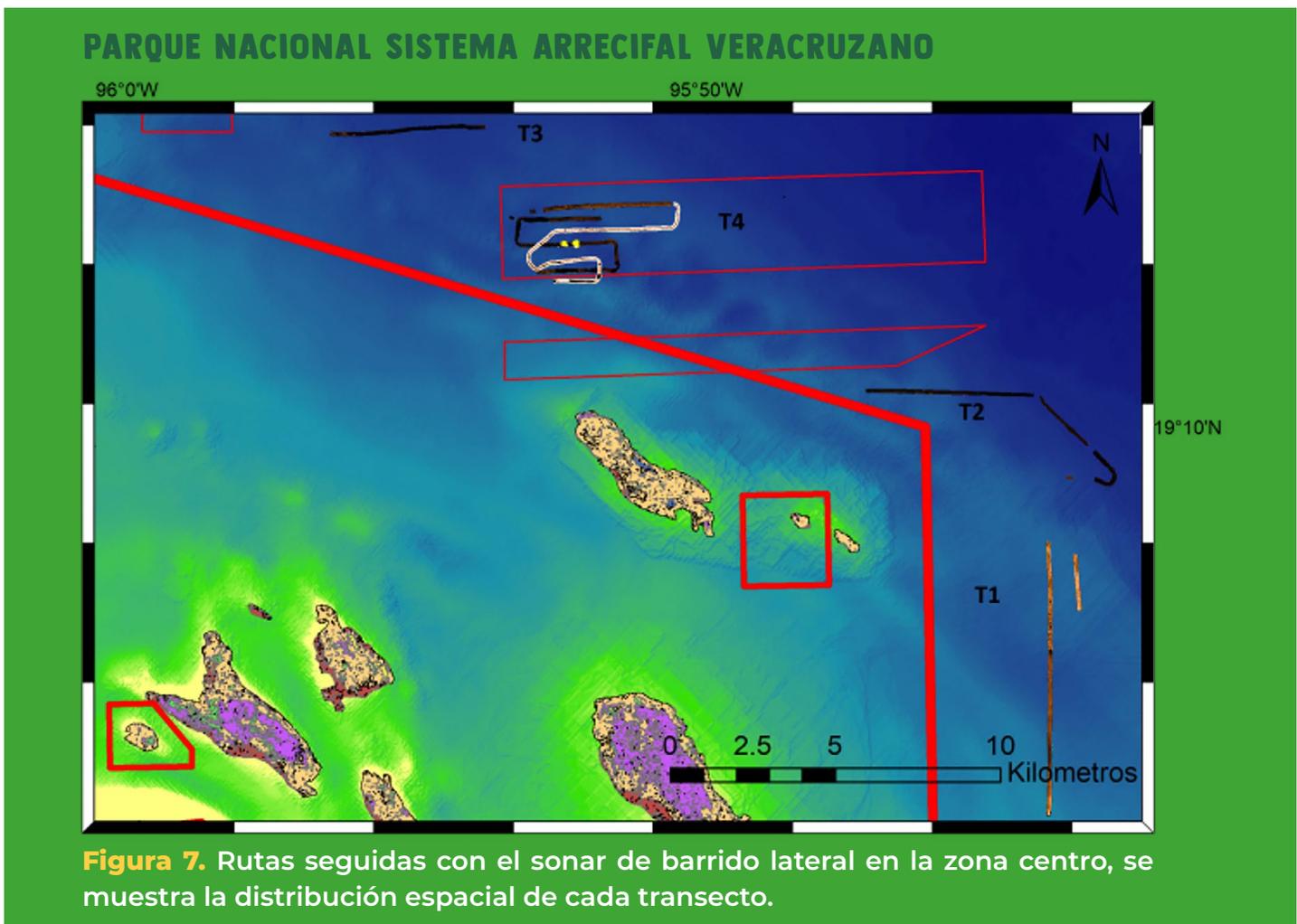
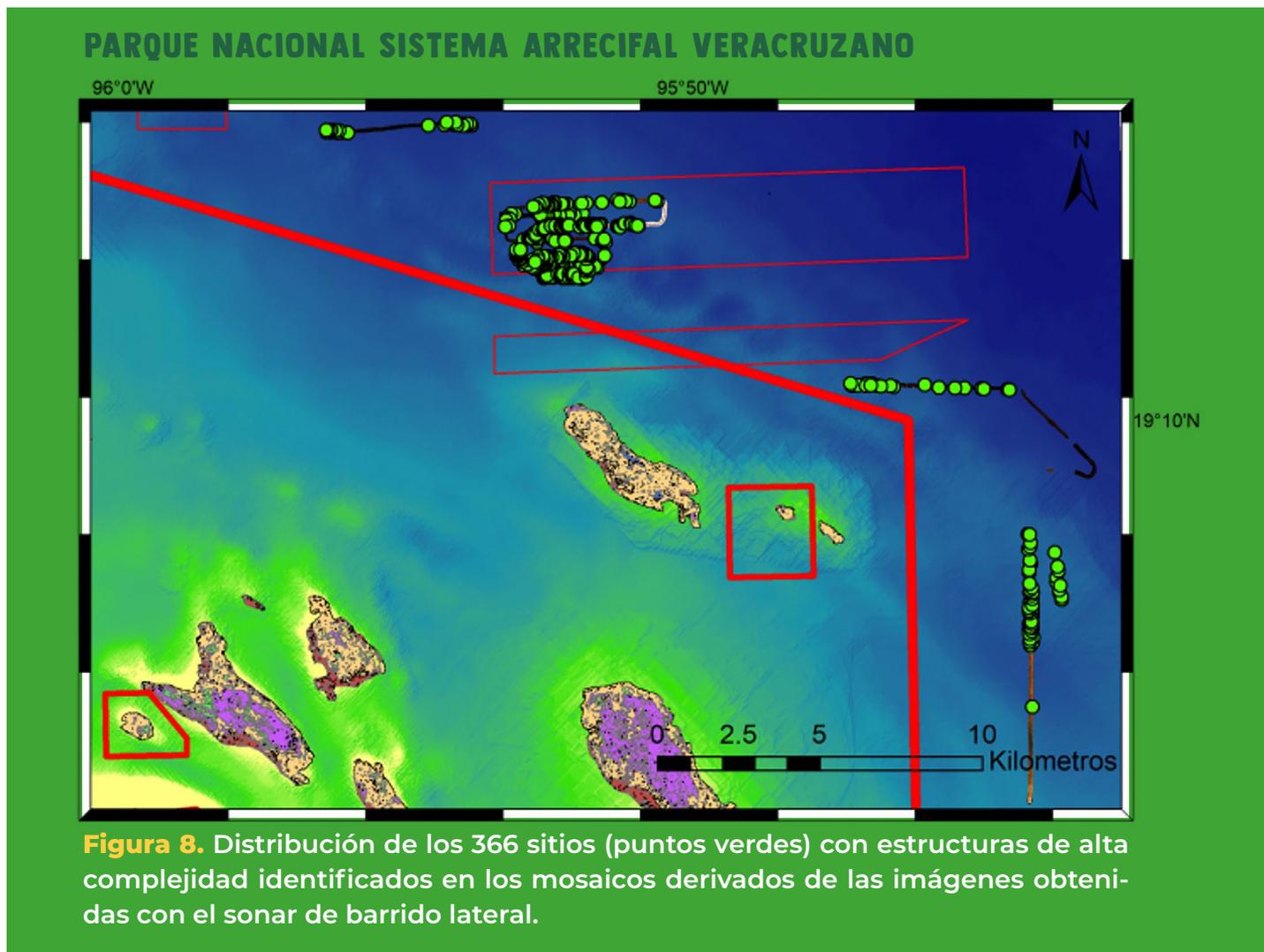
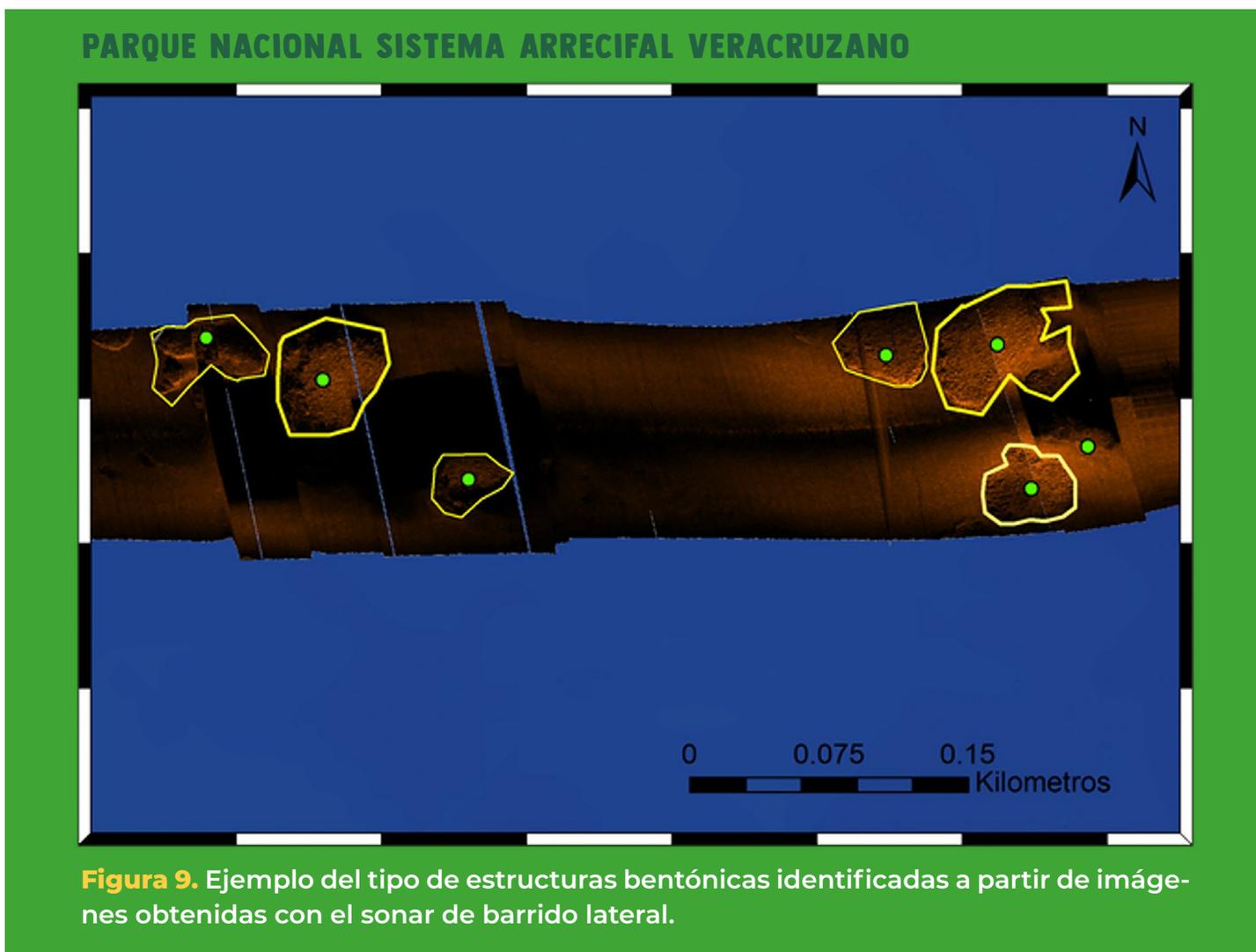


Figura 7. Rutas seguidas con el sonar de barrido lateral en la zona centro, se muestra la distribución espacial de cada transecto.

En la figura 8 se muestran 366 sitios donde se identificaron estructuras de alta complejidad estructural de distintos tamaños, algunos de ellos se extendían fuera de la imagen y otros podrían ser parte de una estructura continua. Se puede apreciar **una mayor concentración de estructuras en el polígono de exclusión a la navegación norte entre las isóbatas de 60 a 70 m**, iniciando a una distancia de ~1.5 km de la poligonal del PNSAV y hasta los ~4 km, alternados por canales de fondos con baja complejidad estructural posiblemente de sustrato desnudo.



Haciendo un acercamiento a las imágenes, se aprecia el tipo de estructuras bentónicas identificadas a partir del sonar de barrido lateral. La figura 9 muestra un ejemplo de la zona antes mencionada, donde es posible delimitar los contornos aproximados de las formaciones en forma de parches irregulares, que aparentemente son montículos con una meseta superior aplanada y rugosa, en este caso, con áreas que van desde de ~1000 hasta los ~3800 m².



La figura 10 presenta los sitios donde se utilizó el sumergible Nemo 2 como herramienta de muestreo para la zona centro. Fueron un total de nueve inmersiones en los días 17, 19 y 20 de mayo de 2023. La mayor parte de las inmersiones se realizaron en el ecosistema arrecifal artificial denominado Carcachas y en la zona de exclusión a la navegación localizada al norte de la poligonal del PNSAV.

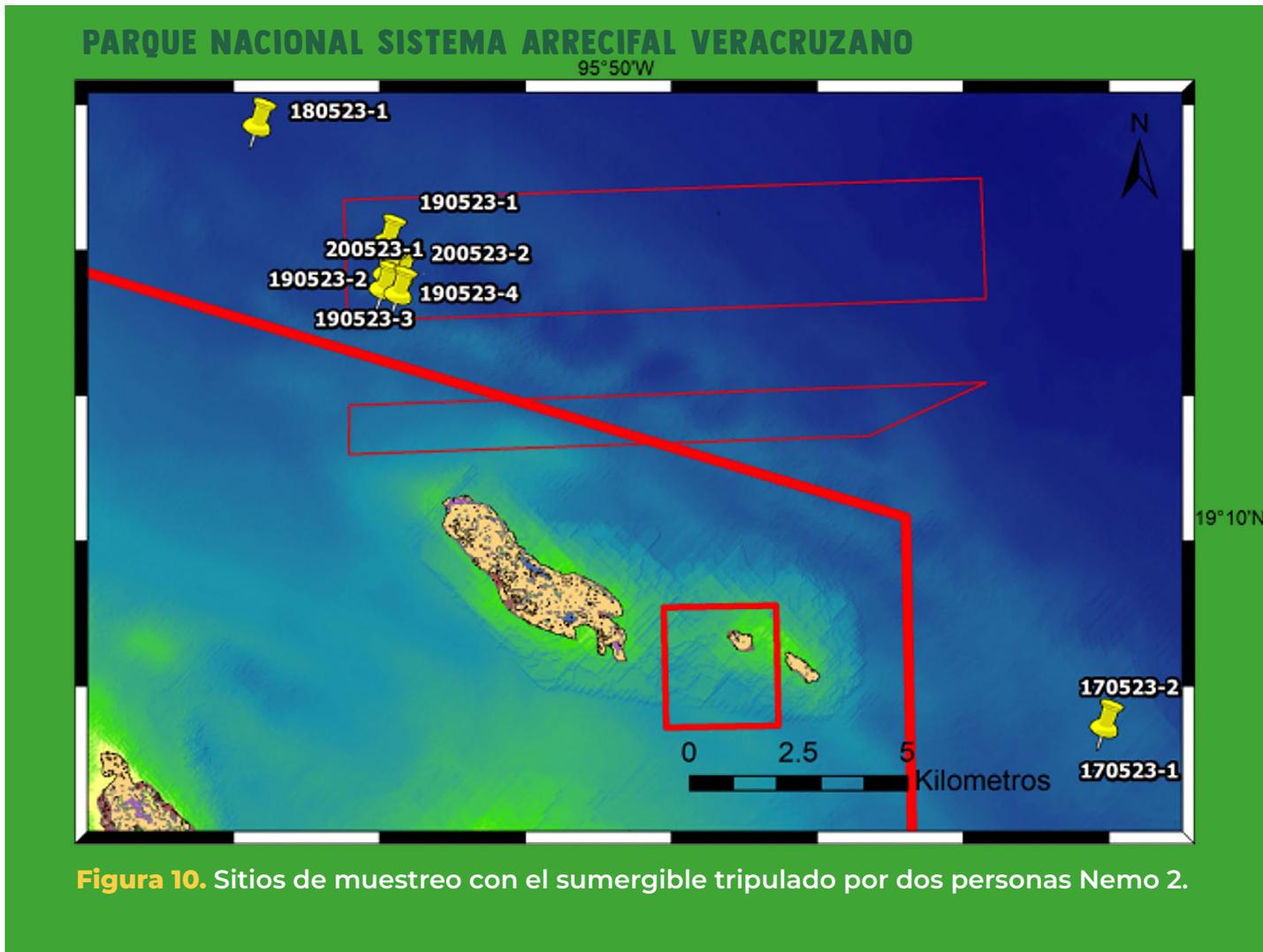
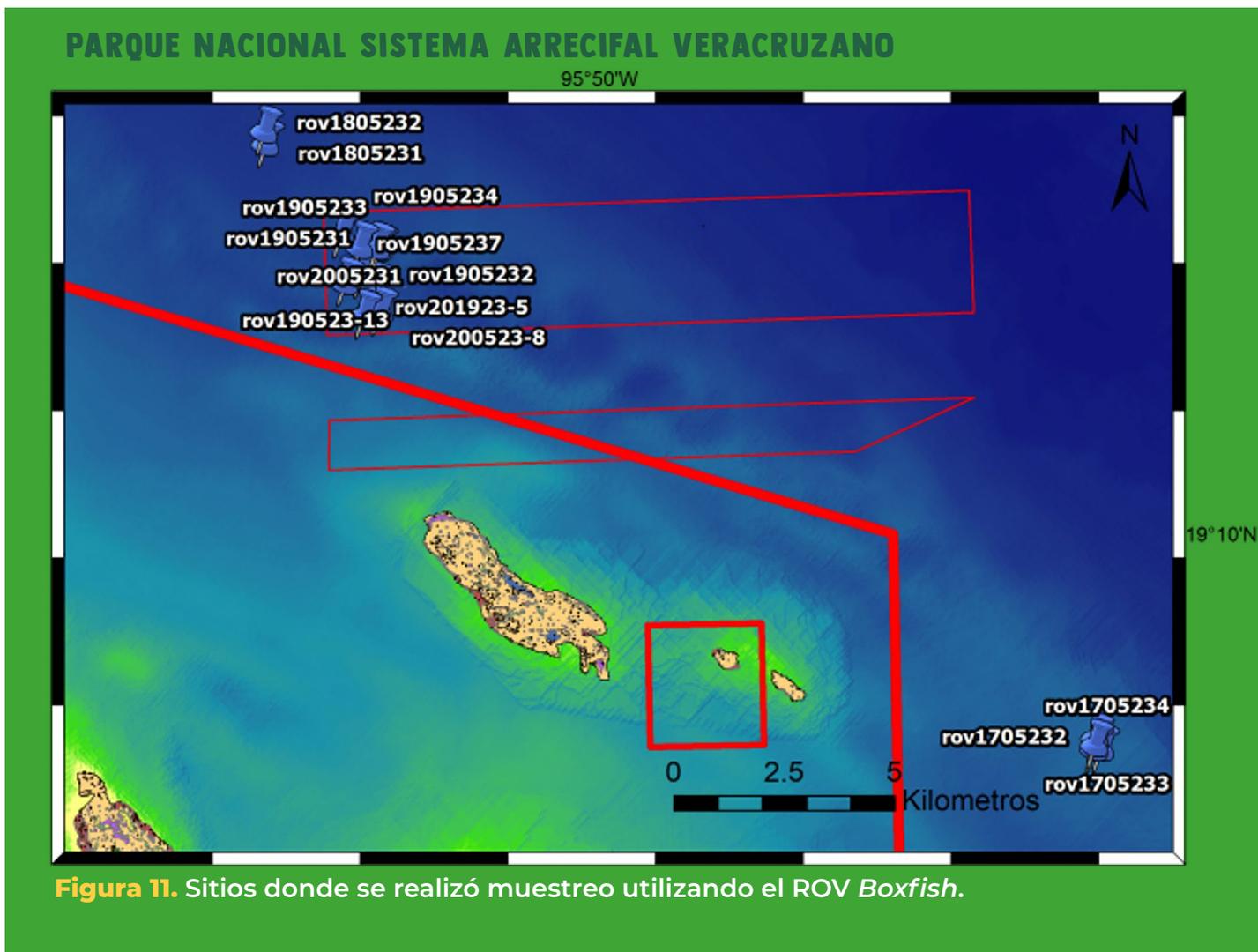


Figura 10. Sitios de muestreo con el sumergible tripulado por dos personas Nemo 2.

La figura 11 indica los sitios donde se realizó muestreo utilizando el ROV Boxfish; se muestran los puntos de inicio de la toma de video del 17 al 20 de mayo de 2023.



ANÁLISIS DE IMÁGENES OBTENIDAS CON LAS CÁMARAS EN EL ROV Y EN EL SUMERGIBLE TRIPULADO POR DOS PERSONAS NEMO 2

La imagen obtenida a partir del video tomado con la cámara fija del ROV mostró una excelente calidad. La figura 12 muestra un ejemplo de una imagen capturada con esta tecnología, donde se pueden observar algunas de las estructuras típicas de la zona; montículos de entre uno y dos metros de altura, cubiertos por tapete algal filamentoso con abundante sedimento adherido y una diversidad de organismos bentónicos característicos de ambientes mesofóticos que incluyen esponjas, crinoideos, gorgonias, corales negros y lo que podría ser un coral hermatípico, que son aquellos corales que contribuyen significativamente a la construcción de los arrecifes, mediante la aportación de carbonato cálcico proveniente de sus esqueletos.



Figura 12. Estructura en forma de montículo cubierta con diversos organismos bentónicos.

Ecosistema arrecifal artificial Carcachas

Se visitó el barco hundido conocido localmente como Carcachas, que evidenció la concentración de una cantidad elevada y de diversidad de peces de diferentes tallas, constituyéndose en un ecosistema arrecifal artificial en la zona sureste del PNSAV, que no presenta formaciones arrecifales importantes cercanas.

Se identificaron muchas especies de interés comercial, como pargos (familia Lutjanidae; *Lutjanus* sp.) y meros (familia Epinephelidae; *Mycteroperca* sp.) y otros peces arrecifales (*Acanthurus* sp.; *Anisotremus* sp.; *Chaetodon* sp.; *Haemulon* sp.), pero fue evidente la presencia de al menos 10 ejemplares de talla grande de *Pterois miles/volitans* (pez león). En esta zona se realizan actividades antrópicas como pesca y turismo, pues

se identificaron artes de pesca fantasma, sogas y grampines. En el anexo 1 se muestran fotografías correspondientes a este barco hundido técnicamente conocido como pecio.

Zona de exclusión a la navegación

Los días viernes 19 y sábado 20 de mayo se hicieron seis inmersiones con el Nemo 2; los días 18, 19 y 20 del mismo mes se realizaron otras varias con el ROV. Se decidió trabajar en la zona de exclusión a la navegación, porque es donde se encontró la mayor cantidad de montículos con alta complejidad estructural, alternados con canales arenosos. En estos montículos de entre dos y tres metros de alto, se encuentran comunidades arrecifales típicas de ambientes mesofóticos, dominadas por un sustrato cubierto por algas filamentosas y la presencia de esponjas, hidrozoarios, corales negros, gorgonias y prácticamente nula presencia de corales escleractinios. Estos ambientes presentan una abundante comunidad de peces (*Chaetodon sedentarius* y *Haemulon plumierii*), sobre todo en las cimas de los montículos. Aquí se registraron especies de importancia comercial, tales como pargos (familia Lutjanidae; *Lutjanus* sp.) y meros (familia Epinephelidae; *Mycteroperca* sp.), así como especies de valor por su uso para carnada (familia Haemulidae; *Haemulon aurolineatum*) lo que puede explicar la evidencia de uso por actividades pesqueras; tanto por el avistamiento de embarcaciones de pesca artesanal y deportiva, como por sus artes de pesca abandonados (cuerdas, grampines, hilo de pesca, redes). En el anexo II se muestran fotografías representativas del tipo de comunidades encontradas ahí.

Zona norte

Dadas las grandes distancias de navegación se decidió visitar los puntos de mayor interés en la zona norte por su batimetría o por su potencial interacción con el gasoducto Puerta al Sureste. En total se escanearon cinco sitios con el sonar de barrido lateral: Tecolutla, Blake, Huasteco, Norte de Isla Lobos y Tamiahua-Corazones. En algunos sitios los escaneos no fueron continuos por lo que hay más de un archivo, por ejemplo, en Tecolutla hay dos; en Huasteco hay tres; en el Norte de Lobos hay dos y para Tamiahua-Corazones y Blake solamente uno (tabla 2). El escaneo en Tamiahua-Marsellesa (Corazones) fue continuo y abarcó partes de ambos arrecifes (Tamiahua y Corazones). La metodología en campo y para el análisis preliminar de imágenes fue el mismo que se utilizó en la zona centro (ver Metodología zona centro).

En los sitios Tecolutla, Huasteco y Norte de Isla Lobos, los escaneos mostraron la existencia de EAM entre los -40 y -70 m que son nuevos registros. Para el sitio Lobos norte se decidió no bajar porque las estructuras son de tamaños pequeños o medianos (menos de decenas de metros de ancho y largo) y, por la experiencia previa, en el sitio Huasteco, se sabía que las estructuras serían difíciles de localizar aun con el sumergible Nemo 2. Por lo que se decidió continuar al sitio Tamiahua-Marsellesa (Corazones) y finalmente al sitio Blake.

Los ecosistemas arrecifales Tamiahua-Marsellesa (Corazones) son del tipo no emergente, pero **se descubrió que tienen zonas mesofóticas asociadas a ~-40 m. Los EAM en estos sitios no han sido reportados previamente y ninguna de las estructuras se encuentra dentro del APFF SALT.**

En total los escaneos en la zona norte cubrieron una superficie de 10 044 221.6 m² (tabla 2) en las que se observaron al menos 69 estructuras de medianas a grandes (cientos de metros de ancho y largo).

TABLA 2. ESCANEOS REALIZADOS CON EL SONAR DE BARRIDO LATERAL EN LA NORTE ADYACENTE AL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA SISTEMA ARRECIFAL LOBOS TUXPAN.

ESCANEADO	LUGAR	PROFUNDIDAD (M)	INICIO		FIN		ÁREA (M ²)	NÚMERO DE ESTRUCTURAS	OBSERVACIONES
			LATITUD	LONGITUD	LATITUD	LONGITUD			
Survey25	Tecolutla	49.4	20.49348	-96.866	20.50399	-96.8675	168,578.2	1	Escaneo corto
Survey26	Tecolutla	51	20.50413	-96.8677	20.5637	-96.8319	1,576,008	5	Hace dos vueltas en U. Estructuras grandes, continuas.
Survey29	Huasteco	49	21.21005	-97.027	21.24707	-97.0428	635,254.2	16	Estructuras pequeñas dispersas, una estructura mayor.
Survey31	Huasteco	60	21.26477	-97.0496	21.2762	-97.0546	193,046	1	Estructura casi a todo lo largo del escaneo.
Survey32	Huasteco	69	21.27787	-97.0541	21.35198	-97.0743	1,219,702.4	12	Estructuras pequeñas y dispersas con algunas de mayor dimensión.
Survey34	Lobos norte	70	21.81557	-97.2902	21.81757	-97.2907	33,026	1	Arena con estructuras chicas aisladas una estructura mediana.
Survey35	Lobos norte	70	21.82012	-97.2915	21.84328	-97.3537	1,998,613.4	25	Una vuelta en U. Estructuras medianas.

Survey36	Tamiahua-Marsellesa (Corazones)	39 a 22	21.24587	-97.1917	21.27842	-97.2154	2,705,687.6	6	Varias vueltas. Estructuras grandes y complejas.
Survey38	Blake	41.3	20.76548	-97.0005	20.75107	-97.0088	1,514,305.8	2	Vuelta en U. No se escaneó la parte somera de Blake. Las estructuras son de grandes dimensiones.
						Total	10,044,221.6	69	

El tamaño y forma de los escaneos del fondo varió, dependiendo de lo que se observaba en este; algunos escaneos son lineales siguiendo la plataforma a una profundidad constante, otros presentan vueltas y giros en busca de las estructuras del fondo.

A continuación, se hace una descripción de los sitios y los principales organismos observados en la zona norte.

ECOSISTEMA ARRECIFAL MESOFÓTICO TECOLUTLA

Los EAM de Tecolutla se encontraron a una profundidad entre -40 y -50 m, formando estructuras de buen tamaño rodeadas por un fondo arenoso (figura 13).



Figura 13. Ejemplo de una estructura en el fondo de Tecolutla (izquierda) y forma del escaneo con estructuras marcadas (puntos rojos).

Las rocas están cubiertas aparentemente por algas filamentosas. Se observan organismos de fondo duro, donde destacan las esponjas *Aplysina fulva*, *Aiolochrola crassa*, *Agelas conifera* e *Ircinia felix*, los corales látigo *Stichopathes lukteni*, el coral blando *Muricea pendula* y el coral negro *Anthipates* sp.

Entre los peces, destacan *Anisotremus surinamensis* (pez burro o borriquete) y *Anisotremus virgicus* (pez puerco) formando bancos de importante biomasa, también está el *Pomacanthus paru* (ángel francés) y otras especies que por su pequeña talla no pueden ser identificadas.



Figura 14. Corales látigo *Stichopathes lukteni*, y esponjas, el paisaje típico en el ecosistema arrecifal mesofótico de Tecolutla.



Figura 15. El coral blando *Muricea pendula* y esponjas. Los puntos del láser tienen una separación de 13 cm.

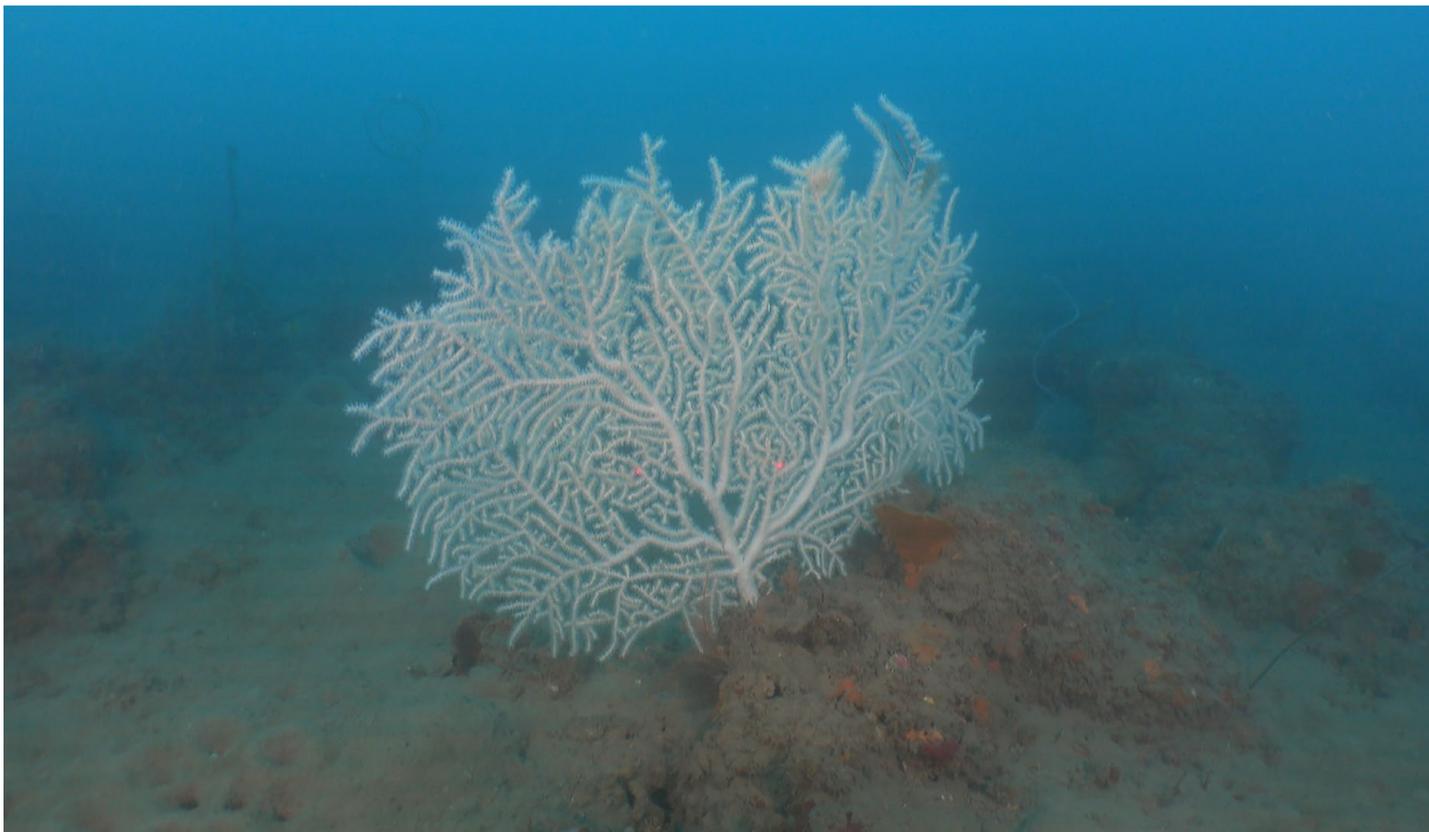


Figura 16. El coral blando *Muricea pendula* blanqueado.



Figura 17. *Anisotremus surinamensis* y *Anisotremus virginicus* en cardumen a ~-50 m de profundidad.

ECOSISTEMA ARRECIFAL MESOFÓTICO HUASTECO

Los EAM del sitio Huasteco se encontraron a una profundidad entre -50 y -70 m, se distribuyen en forma de parches relativamente pequeños con algunas estructuras medianas rodeadas por un fondo arenoso (figura 18).

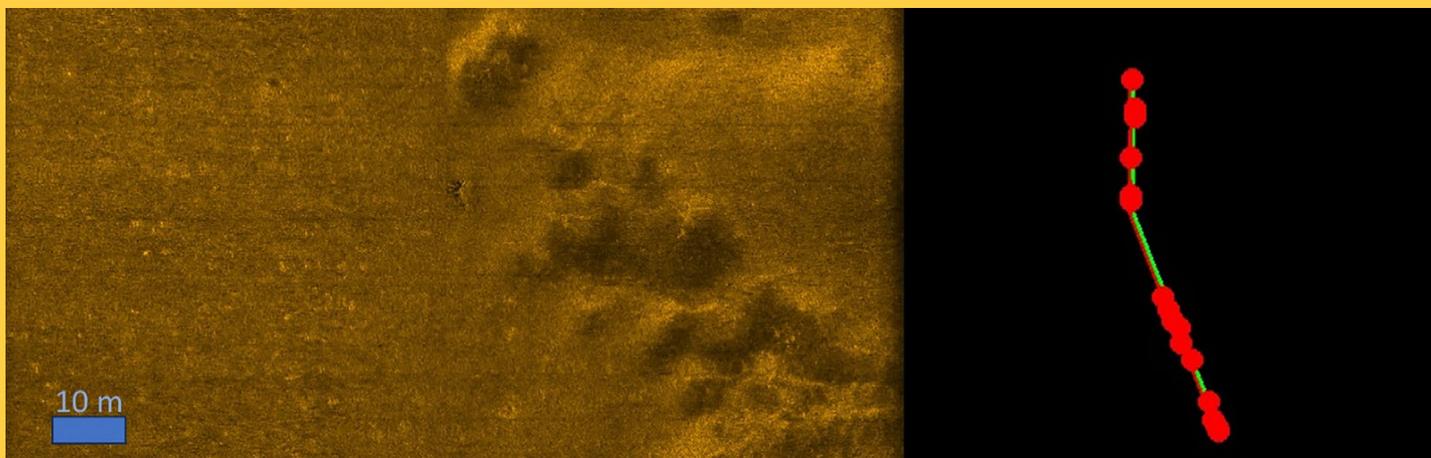


Figura 18. Ejemplo de una estructura en el fondo del sitio Huasteco (izquierda) y forma del escaneo con estructuras marcadas (puntos rojos).

Se observaron EAM en parches con muy alta sedimentación. En los parches se observaron esponjas *Aiolochrola crassa* y corales látigo *Stichopathes lukteni*.

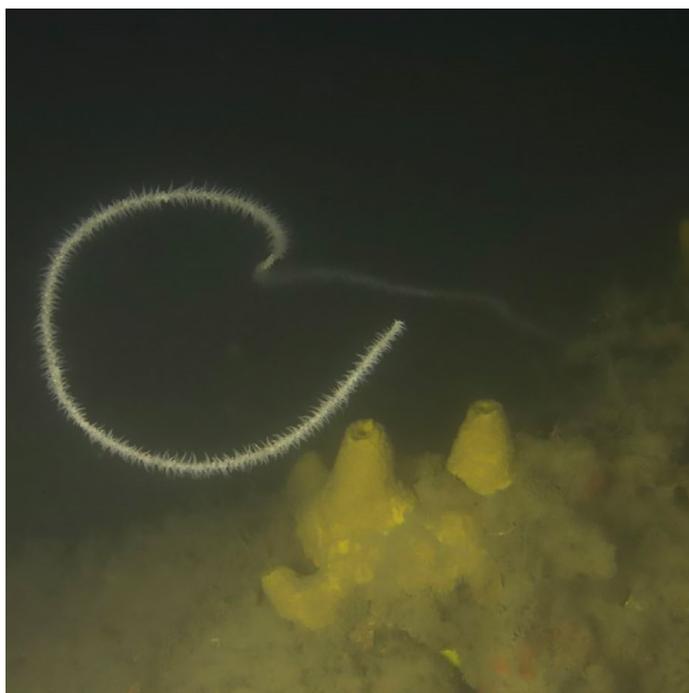


Figura 19. Esponjas *Aiolochrola crassa* y corales látigo *Stichopathes lukteni* a ~-70 m de profundidad.



Figura 20. *Aplysina* sp.

ECOSISTEMA ARRECIFAL MESOFÓTICO LOBOS NORTE

Los escaneos en este sitio muestran estructuras aisladas, generalmente pequeñas, aunque abundantes a una profundidad de 70 m. Por dificultades logísticas se decidió no bajar en este sitio por lo que la única información con la que se cuenta es la de los escaneos del fondo (tabla 2; figura 21).

Es probable que los parches sean similares a los que se observaron en el sitio Huasteco.

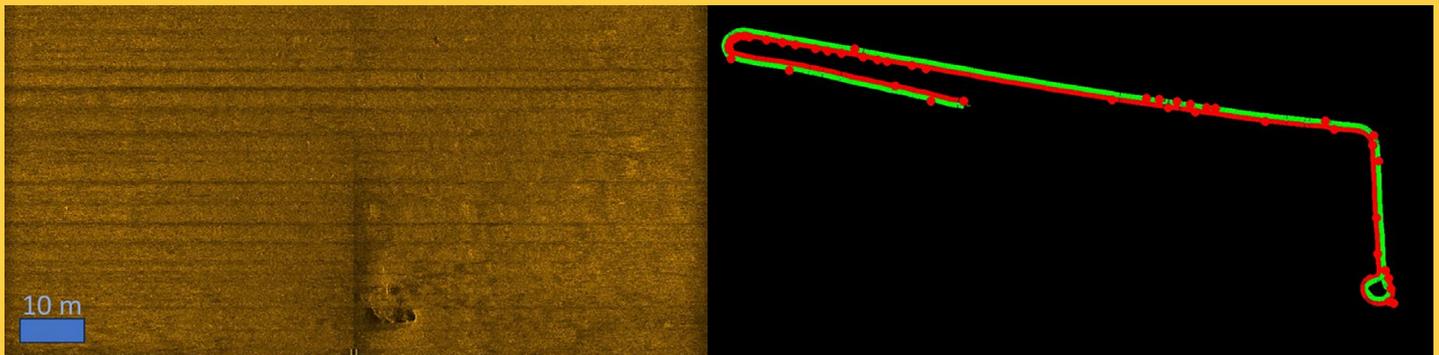


Figura 21. Ejemplo de una estructura en el fondo del sitio Lobos norte (izquierda) y forma del escaneo con estructuras marcadas (puntos rojos).

ECOSISTEMA ARRECIFAL MESOFÓTICO TAMIAHUA

El fondo está formado por roca coralina con una compleja diversidad estructural, cubierta de algas filamentosas, macroalgas como *Halimeda* sp. y esponjas pequeñas. Se observa la presencia de corales pétreos *Montastraea cavernosa*, *Colpophyllia natans*, *Orbicella faveolata*, *O. franksi*, *Siderastrea siderea* y *Stephanocoenia intersepta*. Algunas de las colonias de corales alcanzan tallas de ~1 m de diámetro. También está presente el coral blando *Muricea pendula*, así como esponjas *Aplysina fulva*, *Aiolochrola crassa*, *Iricina felix*, *Axiimisa ambrosia* y *Cliona delitrix*. Es común el equinodermo *Davidaster rubiginosa*, con sus brazos de color naranja.

Están presentes el ángel azul *Holocanthus ciliaris*, el pargo *Lutjanus analis*, *Anisotremus surinamensis*, el pez puerco *A. virginicus* formando bancos de importante biomasa, también está presente *Haemulon plumierii*, el ángel francés *Pomacanthus paru*, el cirujano *Achanturus coeruleus* y los peces mariposa *Chaetodon capistratus* y *C. ocellatus*. *Stegastes partitus* resulta fácilmente observable y otras especies de la familia están presentes, pero resulta inexacto determinar las especies por la escala del video.

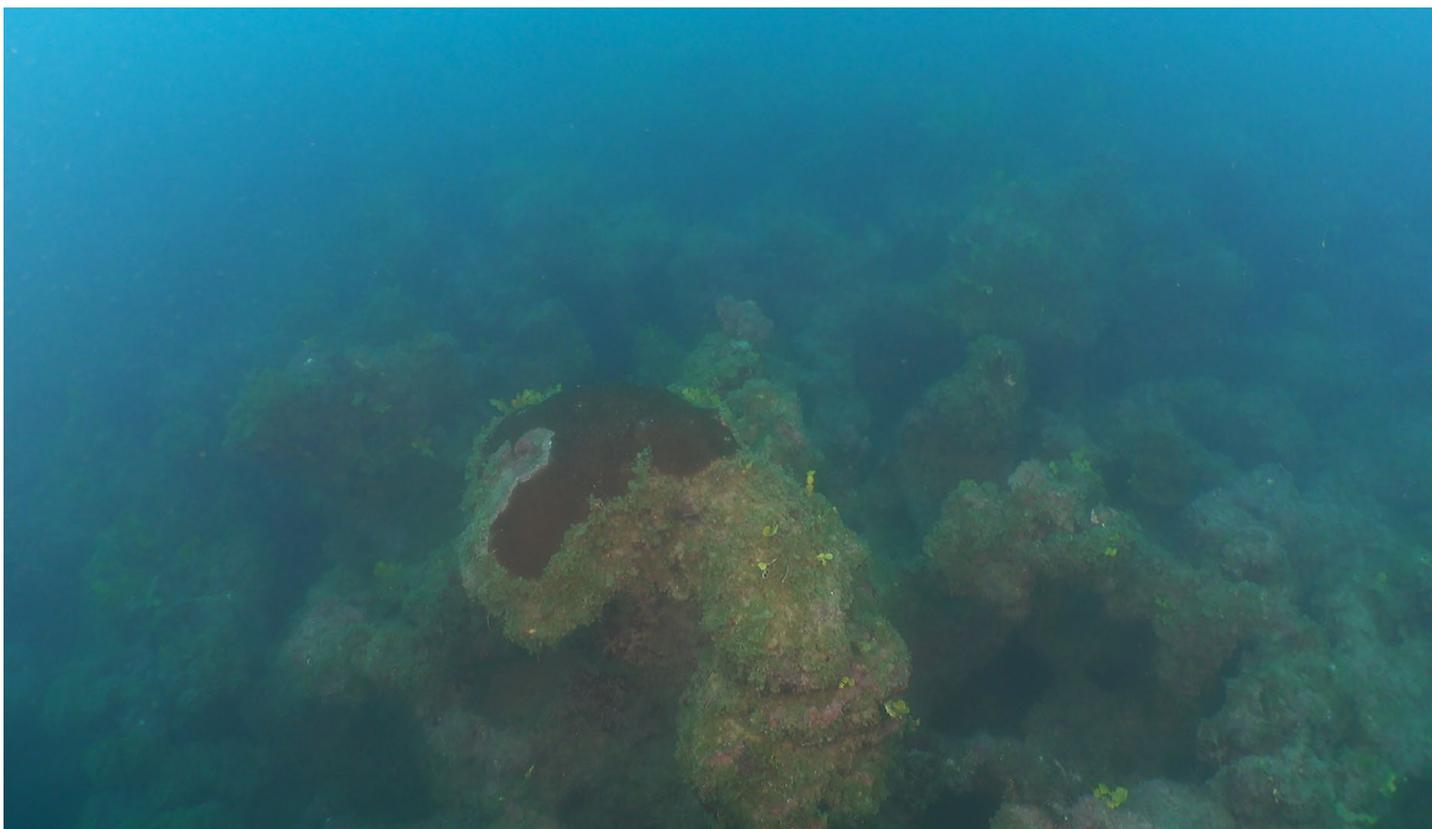


Figura 22. Colonia de coral pétreo (posiblemente *Siderastrea siderea* o *Stephanocoenia intercepta*).



Figura 23. Paisaje en el ecosistema arrecifal mesofótico Tamiahua, se destaca el promontorio de roca y la colonia coralina *Siderastrea siderea*.



Figura 24. Promontorio con *Davidaster rubiginosa* y el pez *Stegastes partitus*.



Figura 25. El pargo *Haemulon plumierii* en el ecosistema arrecifal mesofótico Tamiahua.



Figura 26. Ángel francés *Pomacanthus paru*.

ECOSISTEMA ARRECIFAL MESOFÓTICO MARSELLA (CORAZONES)

La roca coralina que forma el fondo de este ecosistema arrecifal presenta una estructura muy compleja con huecos, grietas y promontorios. Las imágenes muestran que al menos una buena parte del fondo está cubierto por algas filamentosas, así como por macroalgas, pero también hay algas coralináceas, que dan matices rosas a la roca. Son conspicuas grandes colonias de los corales masivos *Montastraea cavernosa*, *Colpophyllia natans*, *Orbicella faveolata*, *O. franksi*, *Siderastrea siderea* y *Stephanocoenia intersepta*. Algunas de las colonias de corales alcanzan tallas de más de 1 m de diámetro. Están presentes las esponjas *Aplysina fulva*, *Aioloichroa crassa*, *Iricina felix*, *Axiimisa ambrosia* y *Cliona delitrix*. Es común el equinodermo *Davidaster rubiginosa*, con sus brazos de color naranja.

Están presentes el negrillo *Mycteroperca phenax*, el pargo *Lutjanus analis*, *Anisostremus surinamensis*, el pez puerco *A. virginicus*, *Haemulon plumierii*, el ángel francés *Pomacanthus paru*, los peces mariposa *Chaetodon capistratus* y *C. ocellatus*, así como la damisela *Stegastes partitus*.

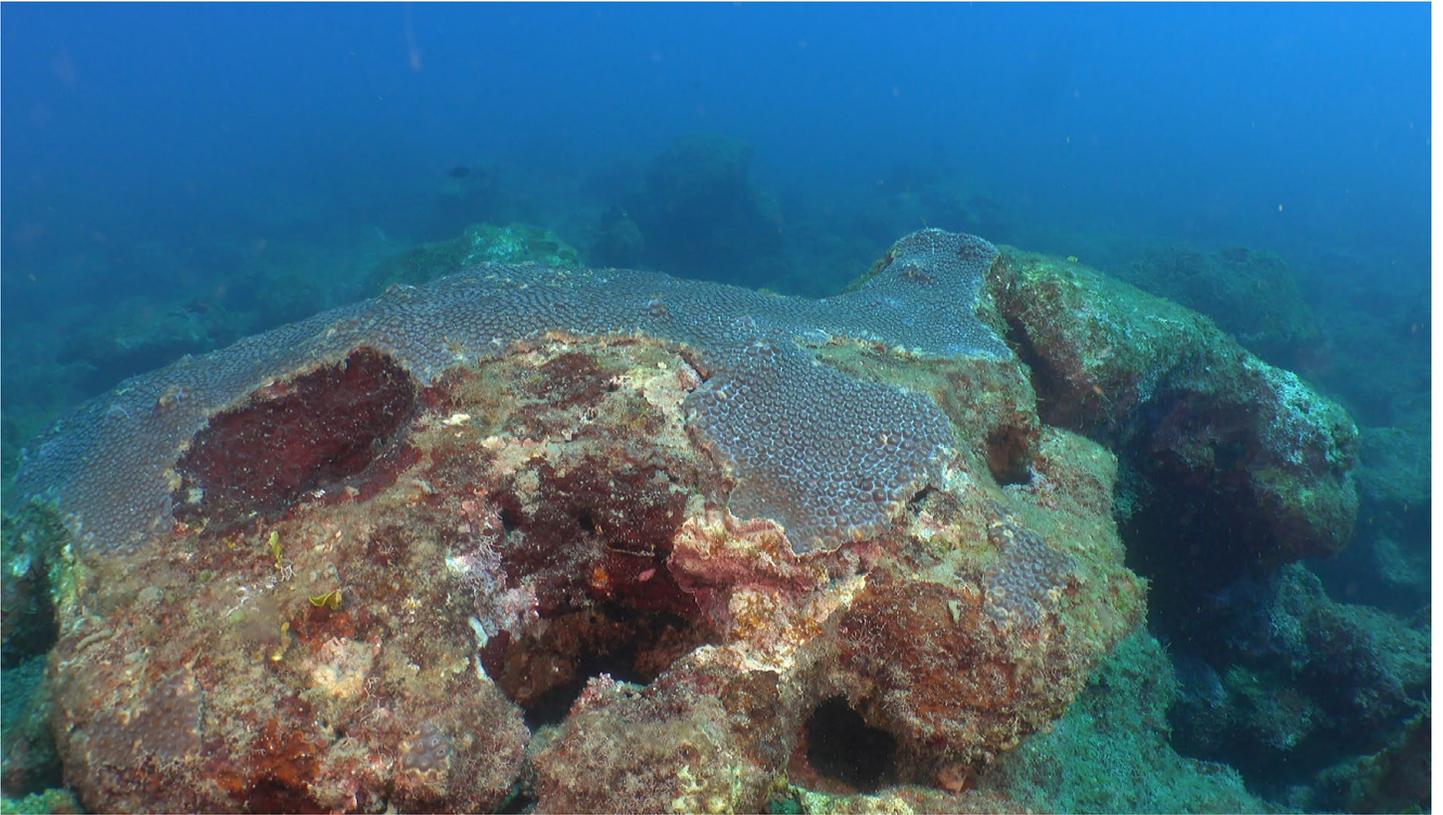


Figura 27. El coral *Montastraea cavernosa*, por las dimensiones que alcanza es uno de los constructores de ecosistemas arrecifales más importantes.

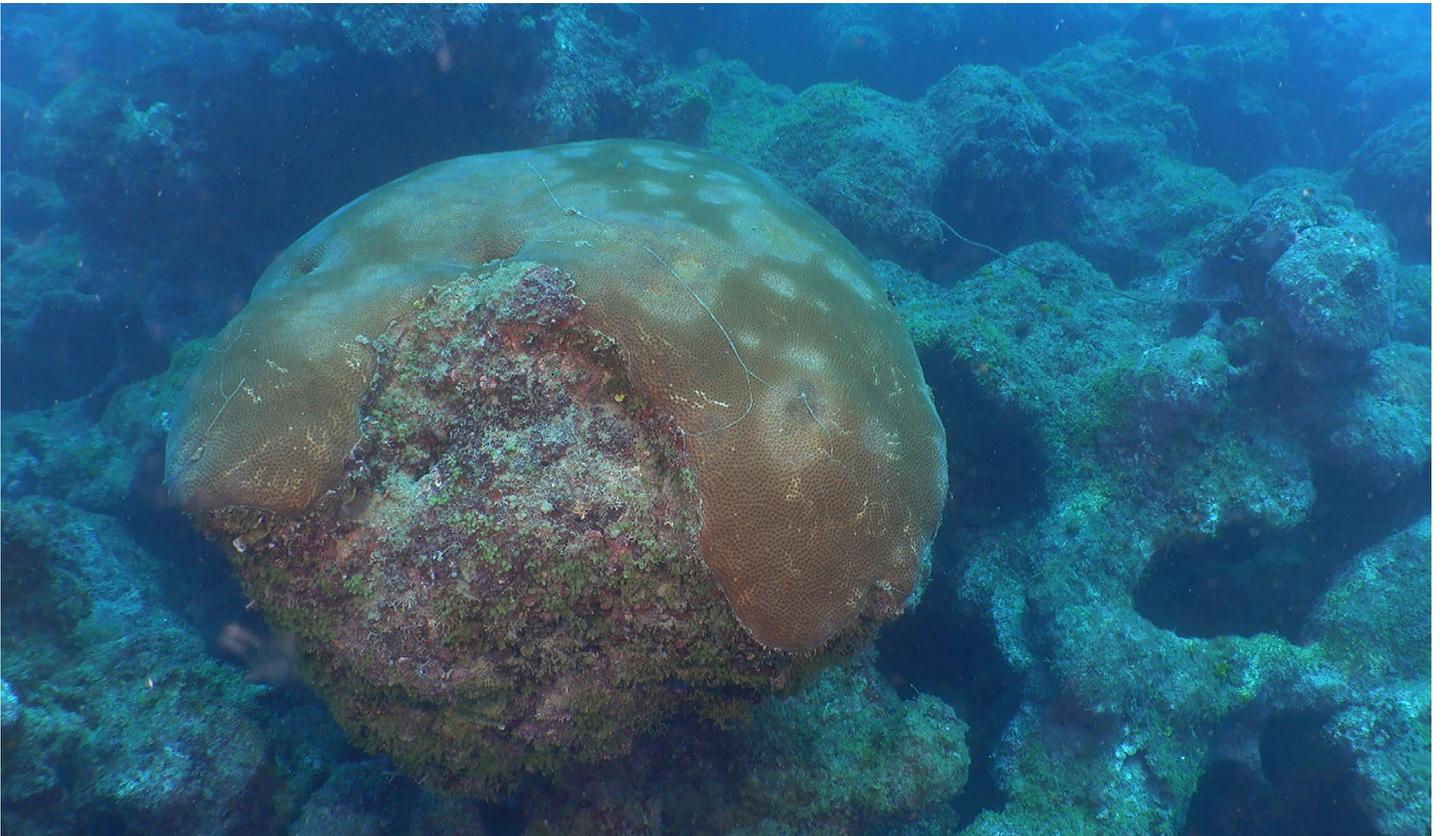


Figura 28. Una colonia masiva de *Siderastrea siderea*.



Figura 29. Pez abadejo (*Mycteroperca phenax*) bajo una colonia de *Montastraea cavernosa*.

ECOSISTEMA ARRECIFAL MESOFÓTICO BLAKE

Este ecosistema arrecifal ha sido estudiado previamente y se tiene buen conocimiento sobre la diversidad biológica que soporta. En la meseta ubicada a unos ~-10 m de profundidad, se destaca la presencia de grandes colonias de corales masivos, principalmente *Montastraea cavernosa* y *Orbicella faveolata*, algunas de las cuales pueden medir más de ~4 m de diámetro.

Es uno de los pocos ecosistemas arrecifales mesofóticos que a esta profundidad tienen colonias vivas de coral *Acropora palmata* (cuerno de alce). Resultan bastante comunes especies de coral como *Pseudodiploria strigosa*, *Colpophyllia natans*, *O. franksi*, *Siderastrea siderea* y *Stephanocoenia intersepta*. Están presentes las esponjas *Aplysina fulva*, *Aiolochrola crassa*, *Iricina felix*, *Axiimisa ambrosia* y *Cliona delitrix*. Una de sus principales características es la abundancia y tamaño de las esponjas *Geodia neptuni*, algunas de las cuales pueden alcanzar hasta 1 m de diámetro.

Entre las especies de peces más comunes cabe mencionar al puerquito *Canthidermis sufflamen* y están presentes la barracuda *Sphyraena barracuda*, *Mycteroperca phenax*, el pargo *Lutjanus analis*, *Anisotremus surinamensis*, *A. virginicus*, *Haemulon plumierii*, *Holacanthus tricolor*, *Holacanthus sp.*, *Pomacanthus paru*, *Chaetodon capistratus*, *C. ocellatus*, *Microspatodon crysurus* y *Stegastes partitus*.



Figura 30. Corales *Colpophyllia natans* y *Orbicella faveolata*.



Figura 31. Un pez león *Pterois miles/volitans* y una gran colonia de *Orbicella faveolata*.



Figura 32. *Canthidermis sufflamen* sobre el paisaje del ecosistema arrecifal mesofótico Blake, especie que tiene importancia comercial.

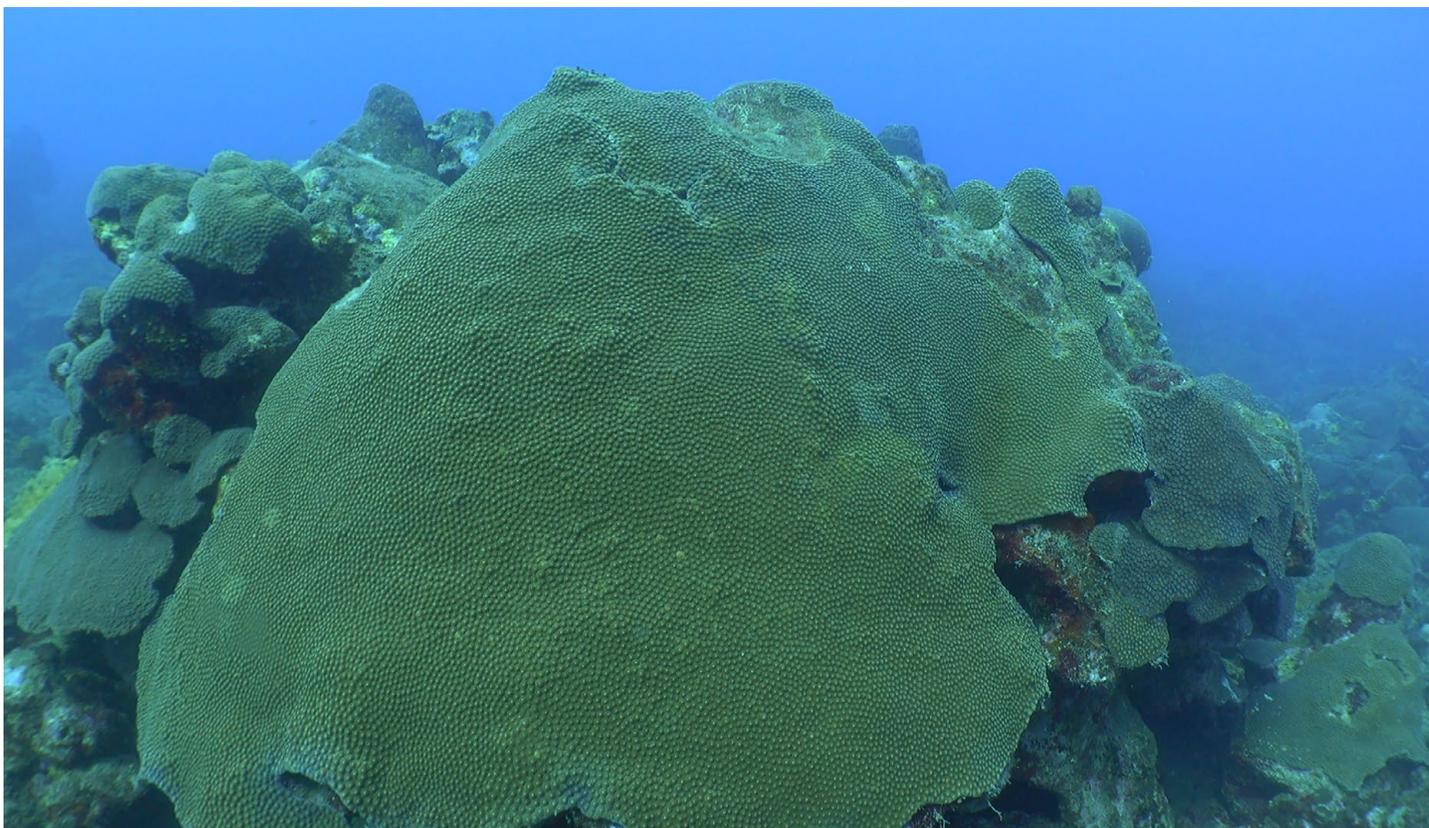


Figura 33. Colonias de *Montastraea cavernosa* y *Orbicella faveolata*.

SUFICIENCIA DEL MUESTREO Y SIMILITUDES ENTRE ZONA CENTRO Y NORTE

En total se encontraron 96 grupos taxonómicos (en su mayoría especies) en todos los sitios muestreados; la curva de acumulación de especies, al no alcanzar una asíntota, indica que de seguir aumentando el número de sitios se seguirían encontrando nuevos grupos taxonómicos (figura 34). El concepto se basa en que la proporción de taxones no observados por sitio de muestreo puede estimarse a partir de los taxones que sí se han observado (Roswell *et al.*, 2021).

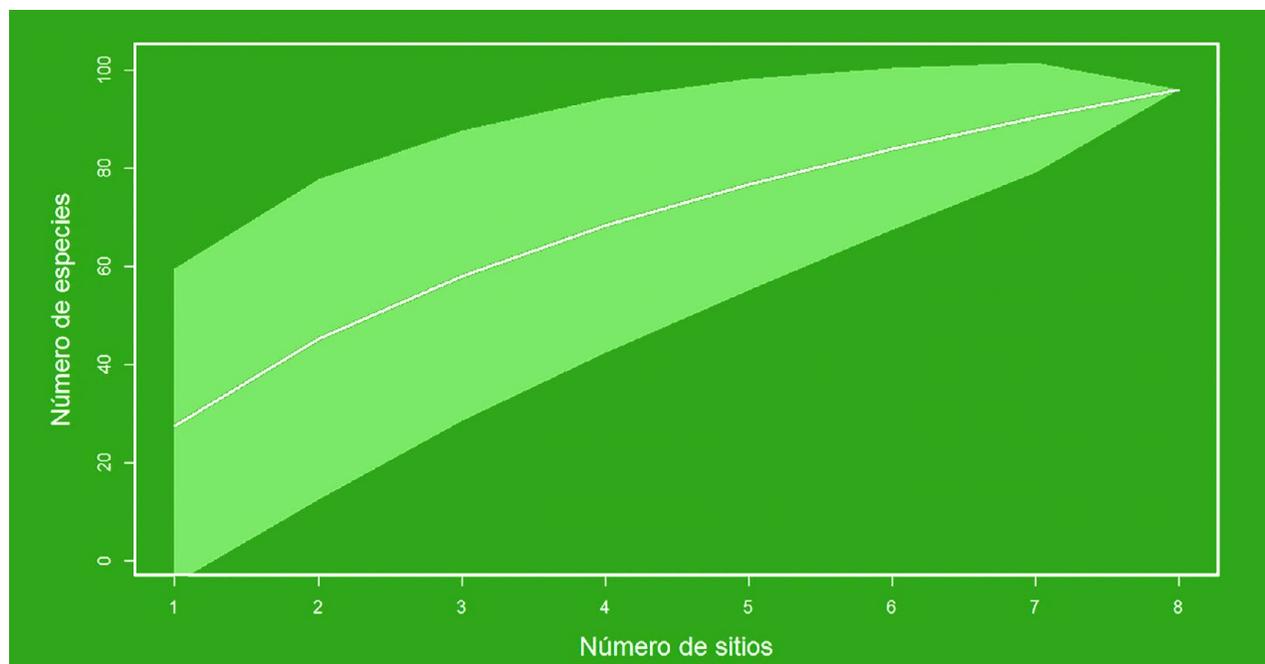


Figura 34. Curva de acumulación de especies en función del número de sitios muestreados. Se considera que un muestreo es suficiente si la curva alcanza una asíntota, lo cual no es el caso.

De igual forma los indicadores de la suficiencia del muestreo indican una suficiencia entre un 60 a 80%, es decir, que de aumentar el número de sitios muestreados ($n=8$) se podrían encontrar entre 18 a 64 taxones más de los 96 ya observados (tabla 3; Chao y Jost, 2012; Zhang, 2016).

TABLA 3. INDICADORES DE TAXONES NO OBSERVADOS. A PARTIR DE LOS 96 TAXONES OBSERVADOS EL INDICADOR CHAO ESTIMA QUE PODRÍAN SER HASTA 154, EL INDICADOR JACK1 136, JACK2 160 Y “BOOTSTRAP” 114.

N	TAXONES OBSERVADOS	NÚMERO DE TAXONES PROBABLES AL AUMENTAR N (SEGÚN DISTINTOS INDICADORES)			
		CHAO	JACK1	JACK2	BOOT
8	96	154	136	160	114

El análisis de conglomerados muestra dos grupos que también se reconocen en el NMDS (figura 35). El primer grupo (color café) junta las muestras de Tamiahua, Corazones y Blake que son de la zona norte, mientras que el segundo (color rojo) junta muestras del norte y centro (figura 35).

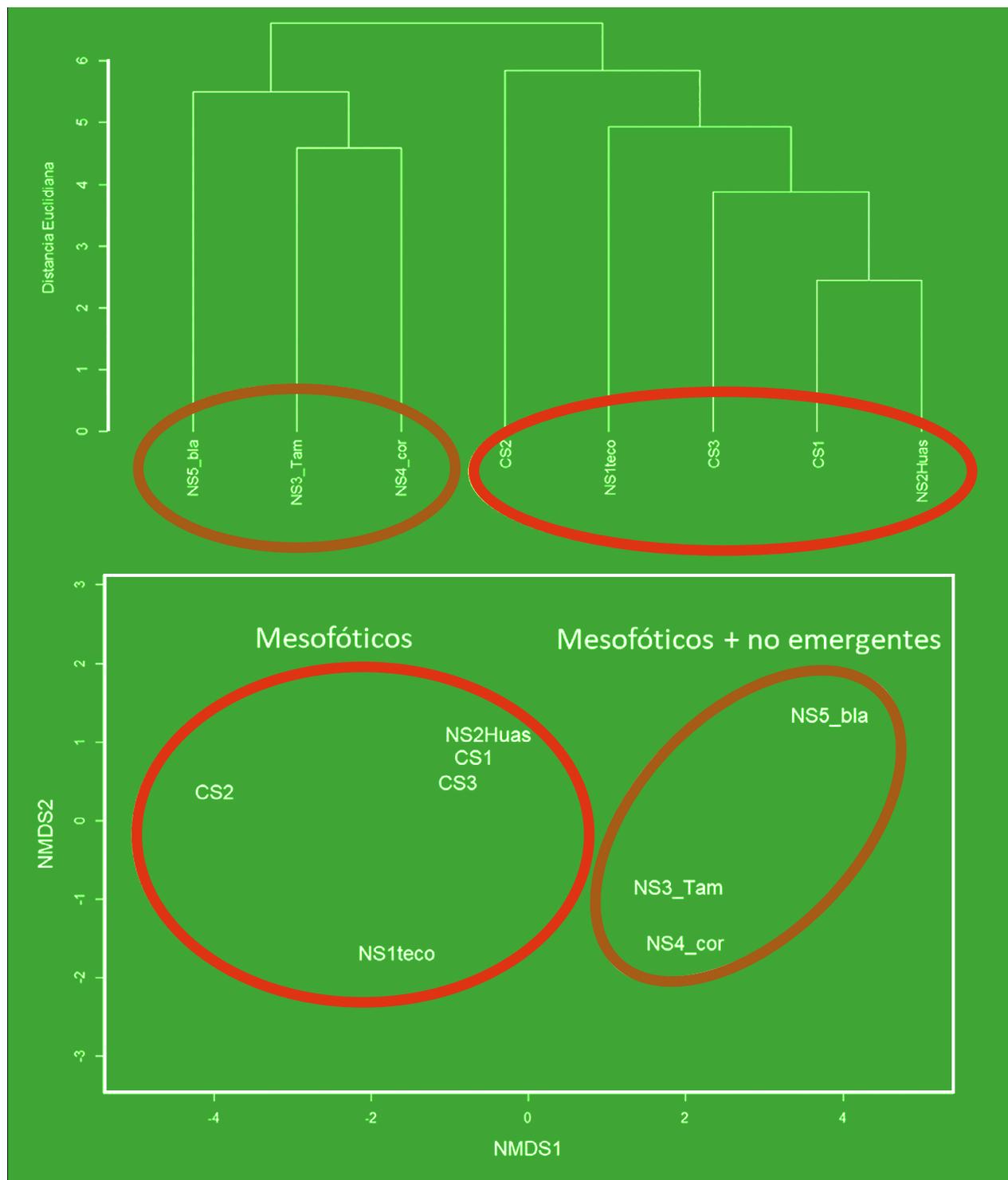


Figura 35. Análisis de conglomerados (clúster) en la parte superior y ordenación multidimensional no métrica (NMDS) que muestra la similitud de los sitios muestreados con base a la composición de los taxones observados en cada uno. El valor de estrés del NMDS es menor a 0.1 lo que indica una muy buena ordenación.

Dado que los sitios del norte y centro tienden a mezclarse, un análisis de similitudes no encuentra diferencias significativas entre las comunidades taxonómicas del norte y centro ($R= 0.08$, $p= 0.32$). Sin embargo, tanto el dendrograma como la ordenación nos dejan ver ciertos patrones en la similitud/disimilitud de las comunidades taxonómicas entre los sitios muestreados. Los sitios del primer grupo incluyen sitios con arrecifes mesofóticos asociados a arrecifes no emergentes, mientras que los del segundo grupo son arrecifes puramente mesofóticos de la zona centro y norte. En el primer grupo las comunidades taxonómicas de Tamiahua y Corazones son más similares entre sí que la de Blake, probablemente por su cercanía; mientras que en el segundo grupo hay mayor variabilidad; el sitio Huasteco del norte se asemeja mucho a los sitios CS1 y CS3 del centro mientras que el sitio Tecolutla y CS2 son más disímiles (figura 35). Esto es interesante, pues sugiere que la composición de las comunidades mesofóticas entre centro y norte es similar y distinta de los arrecifes no emergentes lo que podría estar causado por una alta conectividad entre los arrecifes mesofóticos veracruzanos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para la zona centro **se identificaron 366 estructuras de alta complejidad estructural y existe una probabilidad alta de que puedan representar ecosistemas arrecifales mesofóticos (EAM), entre las profundidades de los 50 y 80 m, en la zona de influencia al parque nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) y que no habían sido previamente reportadas.**

En la zona norte el total los escaneos cubrieron una superficie de 10044221.6 m², en las que se observaron al menos 69 estructuras de medianas a grandes (cientos de metros de ancho y largo). Los ecosistemas arrecifales Tamiahua-Marsellesa (Corazones) son del tipo no emergente, pero **se descubrió que tienen zonas mesofóticas asociadas a ~-40 m. Los EAM en este sitio no han sido reportados previamente y ninguna de las estructuras se encuentra dentro del área de protección de flora y fauna Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan (APFF SALT).**

Se requiere un mayor esfuerzo de muestreo para determinar las dimensiones reales de estas estructuras a una mejor resolución, utilizando equipos como ecosondas de haz múltiple y perfiladores sísmicos.

En los sitios muestreados se registraron comunidades ecológicas típicas de zonas mesofóticas, compuestas por octocorales, mejor conocidos como corales blandos, corales negros, esponjas e hidrozoarios. Estas son muy distintas de las comunidades someras dentro del PNSAV, lo que resalta su valor ecológico y la necesidad de mayor estudio y promover su conservación. Se requiere hacer colecta biológica para una identificación a mejor nivel taxonómico de los organismos bentónicos. Los análisis estadísticos muestran que la diversidad observada durante este estudio es menor a la diversidad potencial, pues si se aumenta el tamaño de muestra se espera que aumente el número de taxones registrados.

Se registraron especies de peces de importancia comercial a todas las profundidades estudiadas, entre los que resaltan *Lachnolaimus maximus*, *Lutjanus analis*, *Lutjanus griseus*, *Mycteroperca bonaci*, *Mycteroperca phenax*, *Ocyurus chrysurus* y *Sphyraena barracuda*.

Se identificó la presencia común del pez león *Pterois miles/volitans*, una especie exótica invasora que se registra por primera vez a estas profundidades en Veracruz.

Se registraron especies de peces previamente identificados en zonas someras del PNSAV, lo que evidencia una conectividad entre estos ecosistemas, cercanos espacialmente. Algunos de los que destacan son *Anisotremus virginicus*, *Chaetodon sedentarius* y *Haemulon plumieri*.

Se registraron especies bentónicas comunes a profundidades similares tanto en la zona centro como en la zona norte y algunas que incluso han sido reportadas en EAM de

otros sitios del Golfo de México (*Flower Garden Banks*), lo que sugiere conectividad a escala de esta gran cuenca. Destaca el coral negro *Stichopathes luetkeni*.

Aunque no se encontraron diferencias significativas en las comunidades entre centro y norte, el análisis de *ordenamiento* y *clúster* separan los sitios en los que se muestrearon arrecifes no emergentes, y los que son puramente mesofóticos que, aunque señalan variabilidad entre las muestras, también comparten muchos taxones en común, lo que sugiere alta conectividad aun en profundidades mesofóticas. Se identificó la presencia de artes de pesca fantasma, tales como cuerdas, cordeles, grampines y redes, lo que evidencia que estas zonas están bien identificadas por el sector pesquero.

El barco hundido Carcachas evidenció la concentración de una elevada cantidad y diversidad de peces con diferentes tallas, constituyéndose en un ecosistema arrecifal artificial al sur del PNSAV que no posee formaciones arrecifales importantes cercanas. Se identificaron muchas especies de interés comercial, como pargos y meros y otros peces arrecifales, pero fue evidente la presencia de al menos 10 ejemplares de talla grande de *Pterois miles/volitans* (pez león). Se sabe que es visitada por buzos especializados. Se considera que este barco hundido, aparte de su valor ecológico, debería de ser estudiado por las instancias correspondientes, como el Instituto Nacional de Antropología e Historia, para promover su manejo y conservación.

Adicionalmente, se identificaron especies de gorgonias, quizá *Muricea pendula*, con evidencia de posible blanqueamiento, lo que puede indicar que el efecto por altas temperaturas no solo se presenta en zonas someras, sino a profundidades mayores a -60 m. Sin embargo, la taxonomía de la especie, así como de otras varias, debe confirmarse por medio de colecta e identificación científica.

Es necesario proteger los EAM debido a que brindan beneficios ambientales de protección a las costas, mitigación del cambio climático y son una fuente de alimento y trabajo para las comunidades costeras. Las autoridades federales deben enfocar sus esfuerzos en realizar investigaciones en las zonas contiguas al APFF SALT y PNSAV. A su vez, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas deben considerar el principio de precaución y proteger formalmente los EAM del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave que no cuentan con alguna categoría de protección y/o planes de manejo, ya que además cuentan con una gran diversidad tal como se demuestra en el presente reporte y que actualmente podrían estar en riesgo por el desarrollo de megaproyectos, principalmente fósiles, incluyendo infraestructura para transporte de combustible y sus derivados, en la región.

El presente reporte pretende aportar información relevante e investigaciones inéditas que fortalezcan la toma de decisiones de las entidades gubernamentales que contribuyan a un mejor manejo y conservación de estos ecosistemas, tan poco estudiados, pero que, de acuerdo con esta investigación, presentan comunidades ecológicas de una riqueza biológica muy relevante y singular.

No existen estudios en el Golfo de México (en aguas mexicanas) similares al presentado aquí, por lo que este representa una línea base para posteriores estudios y poder dar seguimiento del posible deterioro de estos ecosistemas ante amenazas locales (obras de infraestructura) y globales (cambio climático), asimismo para hacer estudios comparativos con regiones mejor estudiadas, como *Flower Gardens Banks*, al norte del Golfo de México.

REFERENCIAS

Appeldoorn, R., Ballantine, D., Bejarano, I., Carlo, M., Nemeth, M., Otero, E., Pagan, F., Ruiz, H., Schizas, N., Sherman, C. y Weil, E. (2015). Mesophotic coral ecosystems under anthropogenic stress: a case study at Ponce, Puerto Rico. *Coral reefs*. DOI 10.1007/s00338-015-1360-5.

Bejarano, I., Appeldoorn, R.S. y Nemeth, M. (2014). Fishes associated with mesophotic coral ecosystems in La Parguera, Puerto Rico. *Coral Reefs*. 33: 313-328

Bunge, J., & Fitzpatrick, M. (1993). Estimating the number of species: a review. *Journal of the American statistical Association*, 88(421), 364-373.

Cánovas-Molina A., M. Montefalcone, G. Bavestrello, A. Cau, C. Nike-Bianchi, C. Morri, S. Canese and M. Bo. (2016) A new ecological index for the status of mesophotic megabenthic assemblages in the mediterranean based on ROV photography and video footage. *Continental Shelf Research*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2016.01.008>

Chao, A., & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533-2547.

Chao, A., & Shen, T. J. (2003). Nonparametric estimation of Shannon's index of diversity when there are unseen species in sample. *Environmental and ecological statistics*, 10, 429-443.

Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian journal of ecology*, 18(1), 117-143.

Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). Change in marine communities. *An approach to statistical analysis and interpretation*, 2, 1-168.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2014. Programa de manejo. Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. México 180pp.

Glynn, P.W. (1996). Coral reef bleaching: facts, hypotheses and implications. *Global Change Biol.* 2: 495-509.

Hinderstein, L.M., Marr, J.C.A., Martinez, F.A., Dowgiallo, K.A., Puglise, K.A., Pyle, R.L., Zawada, D.G. y Appeldoorn, R. (2010). Theme section on "Mesophotic Coral Ecosystems: Characterization, Ecology, and Management". *Coral Reefs* 29: 247-251.

Humann P., and N., DeLoach. (2013). Reef Coral Identification. Florida Caribbean Bahamas. New World Publications Inc. Jacksonville, Florida, U.S.A. 537 pp.

Humann P., and N., DeLoach. (2014). Reef Fish Identification. Florida Caribbean Bahamas. New World Publications Inc. Jacksonville, Florida, U.S.A. 270 pp.

Humann P., N., DeLoach, and L., Wilk. (2013). Reef Creature Identification. Florida Caribbean Bahamas. New World Publications Inc. Jacksonville, Florida, U.S.A. 295 pp.

Jordán-Dahlgren E. (2004). Arrecifes coralinos del Golfo de México: Caracterización y diagnóstico. En: Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Caso M., Pisanty I., Ezcurra E. (Eds.). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología, 1: 555-572. Kahng, S.E., Garcia-Sais, J.R., Spalding, H.L., Brokovich, E., Wagner, D., Weil, E., Hinderstein, L., Toonen, R.J. (2010). Community ecology of mesophotic coral reef ecosystems. *Coral Reefs* 29: 255-277.

Maruri-Cruz M. (2012). Evaluación de la comunidad de los corales pétreos del arrecife no emergente Oro Verde, Tuxpan, Veracruz. Tesis Maestría. Universidad Veracruzana 90pp.

Mayorga-Martínez M., Bello-Pineda J., Perales-Valdivia H., Pérez-España H. and Heyman W.D. (2021). Characterizing Geomorphology of Mesophotic Coral Reef Ecosystems in the Southwestern Gulf of Mexico: Implications for Conservation and Management. *Frontiers in Marine Science*. Vol. 8. Pag 1-13. Id 639359. ISSN: 2296-7745. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.639359>.

Menza, C., Kendall, M. y Hile, S. (2008). The deeper we go the less we know. *Rev. Biol. Trop.* 56(1): 11-24.

Ortiz-Lozano, L., Pérez-España, H., Granados-Barba, A., González-Gándara, C., Gutiérrez-Velázquez, A., & Martos, J. (2013). The Reef Corridor of the Southwest Gulf of Mexico: Challenges for its management and conservation. *Ocean & Coastal Management*, 86, 22-32.

Oksanen J, Simpson G, Blanchet F, Kindt R, Legendre P, Minchin P, O'Hara R, Solymos P, Stevens M, Szoecs E, Wagner H, Barbour M, Bedward M, Bolker B, Borcard D, Carvalho G, Chirico M, De Caceres M, Durand S, Evangelista H, FitzJohn R, Friendly M, Furneaux B, Hannigan G, Hill M, Lahti L, McGlenn D, Ouellette M, Ribeiro Cunha E, Smith T, Stier A, Ter Braak C, Weedon J (2022). *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.6-4,

Propin-Frejomil, E. y A., Sánchez-Crispín. (2007). Tipología de los destinos turísticos preferenciales en México. *Cuadernos de turismo*. 19: 147-166.

Quiroga B.C. y Romero, H.E. (2014). Estado actual de las pesquerías de peces en el estado de Veracruz. En: Aldana A.D., Enríquez D.M., Elías V. (Coord) "Manejo de los recursos pesqueros de la cuenca del Golfo de México y del mar Caribe". Universidad Veracruzana.

Roswell, M., Dushoff, J., & Winfree, R. (2021). A conceptual guide to measuring species diversity. *Oikos*, 130(3), 321-338.

Santander-Monsalvo, J., I., Espejel and L., Ortiz-Lozano. (2018). Distribution, uses, and anthropic pressures on reef ecosystems of Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 165: 39-51. ISSN 0964-5691, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.08.014>.

Smith, E. P., & van Belle, G. (1984). Nonparametric estimation of species richness. *Biometrics*, 119-129.

Somerfield, P. J., Clarke, K. R., & Gorley, R. N. (2021). Analysis of similarities (ANOSIM) for 2-way layouts using a generalised ANOSIM statistic, with comparative notes on Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA). *Austral Ecology*, 46(6), 911-926.

Van Oppen, M.J.H., Bongaerts, P., Underwood, J.N., Peplow, L.M. y Coopers, T.F. (2011). The role of deep reefs in shallow reef recovery: an assessment of vertical connectivity in a brooding coral from west and east Australia. *Molecular Ecology* 20: 1647-1660.

Warwick, R. M., & Clarke, K. R. (1994). Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities. *Marine Biology*, 118, 739-744.

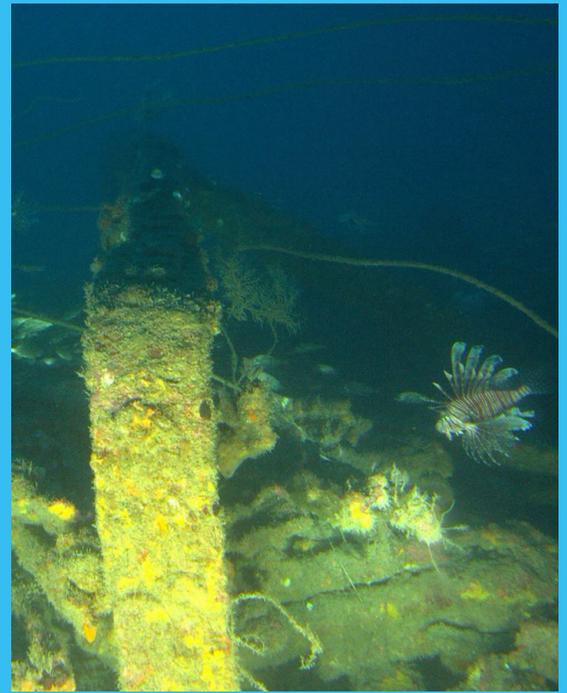
Zhang, Z. (2016). *Statistical implications of turing's formula*. John Wiley & Sons.

ANEXO I

CATÁLOGO FOTOGRÁFICO DEL BARCO HUNDIDO “CARCACHAS” LOCALIZADO A -53 M DE PROFUNDIDAD Y HOY ECOSISTEMA ARRECIFAL ARTIFICIAL.



▼ Toma panorámica del barco hundido que muestra especies de importancia comercial de distintas tallas y en primer plano un pez ángel *Holocentrus bermudensis*.



▼ Otra perspectiva del barco hundido donde se observan que las estructuras han sido colonizadas por diversos organismos bentónicos y la presencia de al menos 10 ejemplares de la especie exótica *Pterois miles/volitans*.

La zona de carcachas atrae abundantes peces pelágicos de importancia comercial, como *Caranx latus*.



▼ Restos de los vehículos que dan sentido al nombre del ecosistema arrecifal artificial Carcachas, el cual no cuenta con ningún esquema de manejo para su conservación.



ANEXO II. ZONA DE EXCLUSIÓN A LA NAVEGACIÓN

CATÁLOGO FOTOGRÁFICO DE LOS ARRECIFES MESOFÓTICOS DISTRIBUIDOS EN LA ZONA DE EXCLUSIÓN A LA NAVEGACIÓN A PROFUNDIDADES QUE VAN DESDE LOS -65 A LOS -70M DE PROFUNDIDAD. (SITIO VISITADO EL DÍA 19 DE MAYO)



Montículos de alrededor de 1 m de alto respecto al fondo, cubiertos de organismos bentónicos diversos, tales como esponjas, hidrozoarios, corales látigo, comunes en la zona de exclusión a la navegación.



Montículos de hasta 6 m de altura respecto a las zonas arenosas circundantes, los cuales están recubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



▶ Otra perspectiva de montículos de hasta 6 m de altura respecto a las zonas arenosas circundantes, los cuales están recubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.

Montículos de hasta 6 m de altura respecto a las zonas arenosas circundantes, los cuales están recubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.





Montículos de hasta 6 m de altura respecto a las zonas arenosas circundantes, los cuales están recubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



Peces león fueron frecuentes a profundidades no reportadas anteriormente para esta zona. Se aprecia un coral negro de más de 1 m de alto, que son frecuentes en las cimas de los montículos de esta zona.

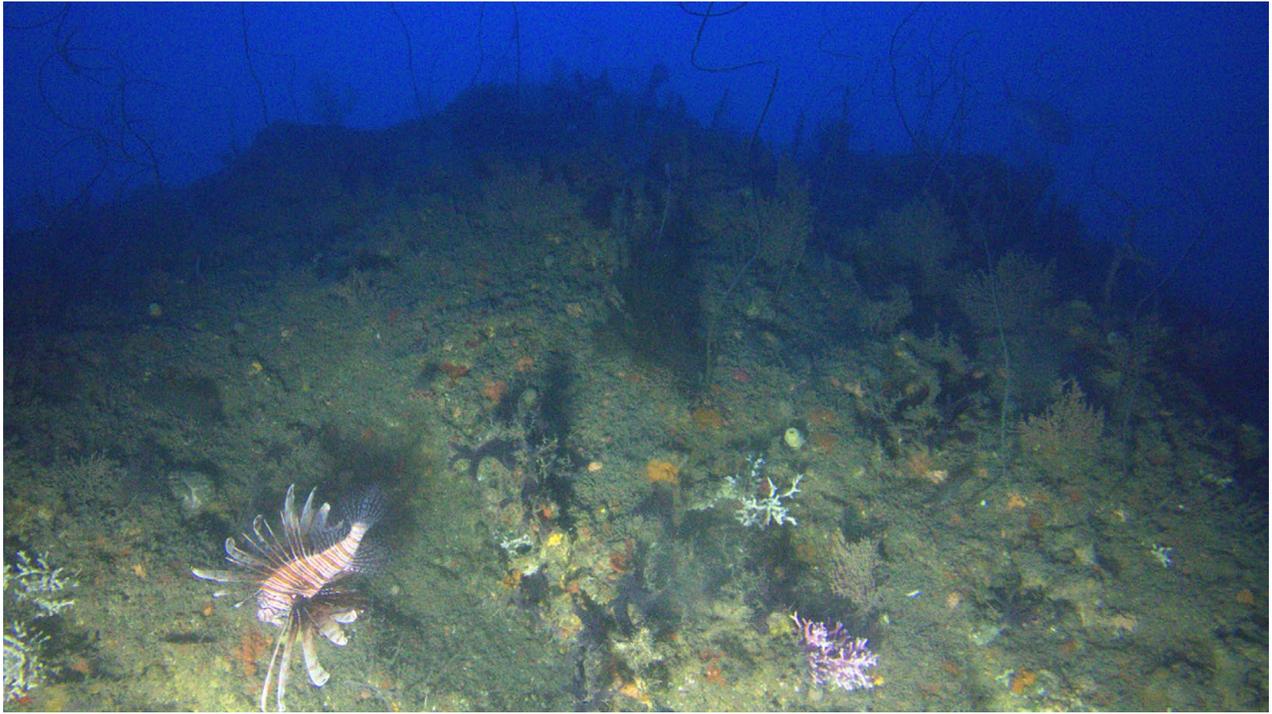


Otra perspectiva de los montículos de hasta 6 m de altura respecto a las zonas arenosas circundantes, los cuales están cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas, como esponjas.

SITIO VISITADO EL DÍA 20 DE MAYO



Peces mariposa, típicos de zonas arrecifales, por primera vez reportados para estas profundidades y en esta zona.



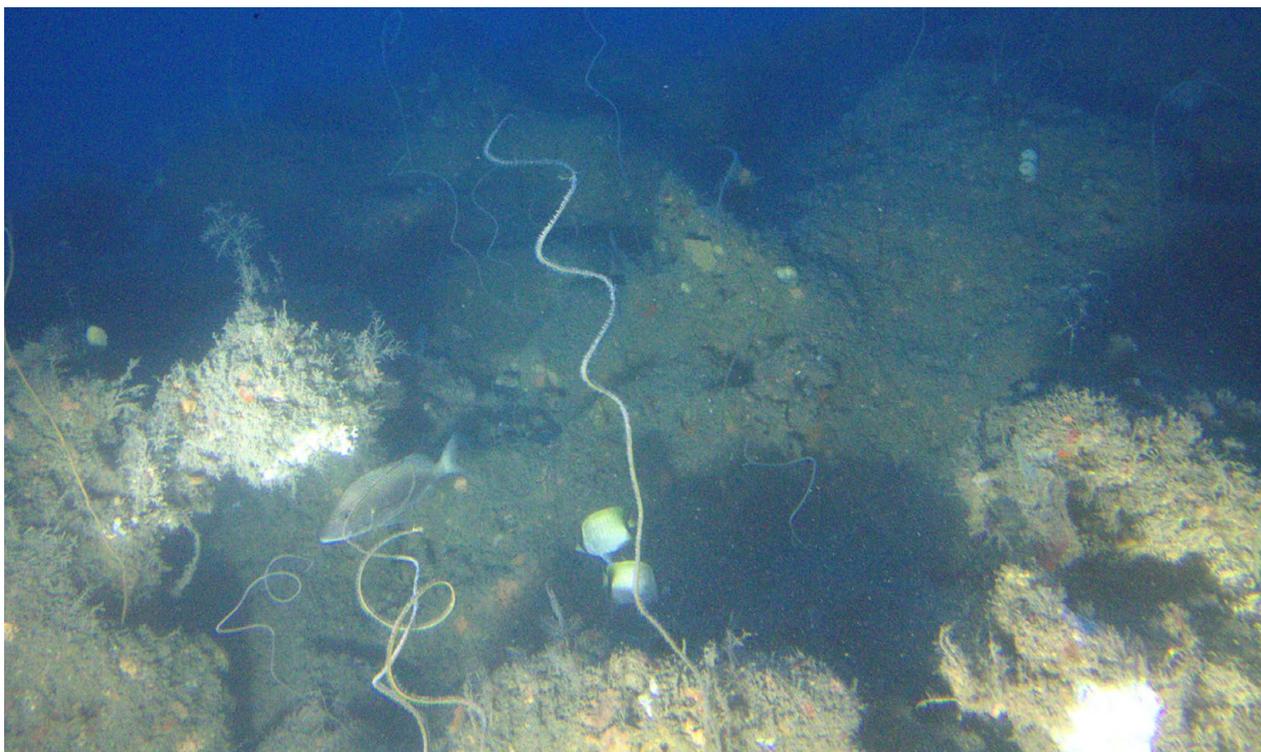
Vista desde el fondo de los montículos de hasta 6 m de altura respecto a las zonas arenosas circundantes, los cuales están cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas. Se aprecia nuevamente un ejemplar de pez león y abundantes ejemplares de coral látigo.



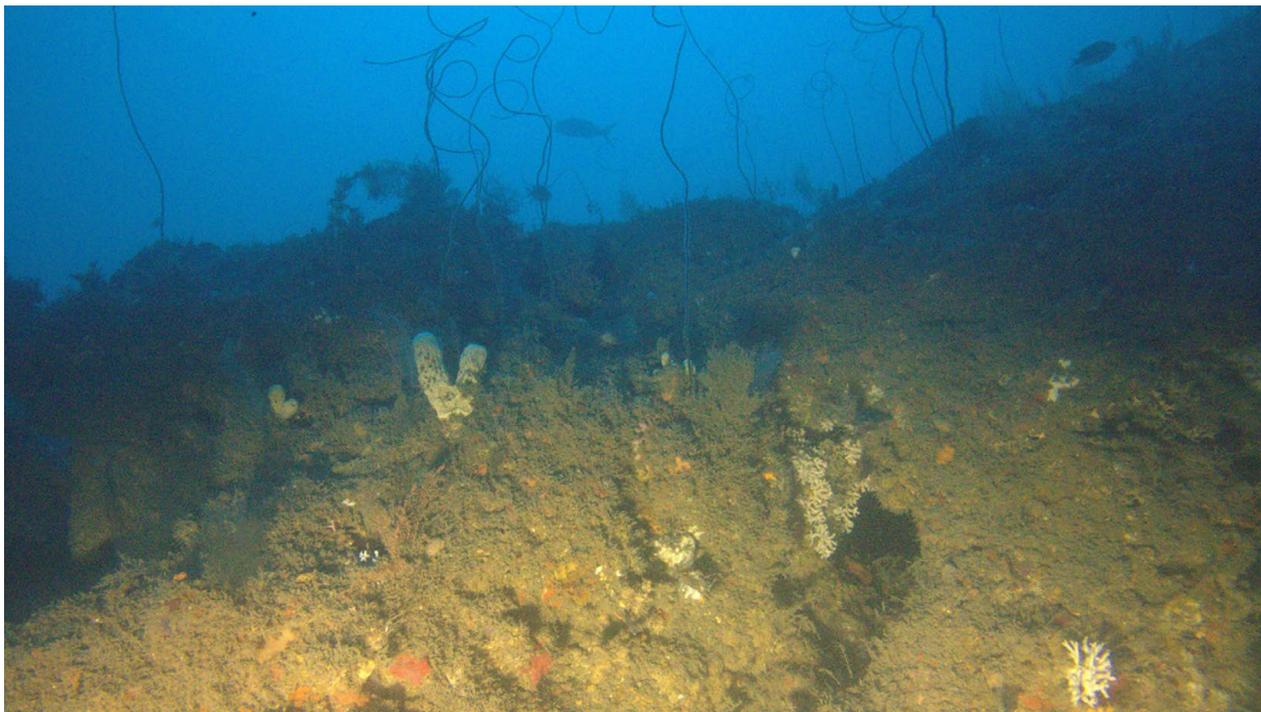
Incluso en las oquedades de los montículos se aprecia abundante diversidad de organismos bentónicos, como esponjas e hidrozorios.



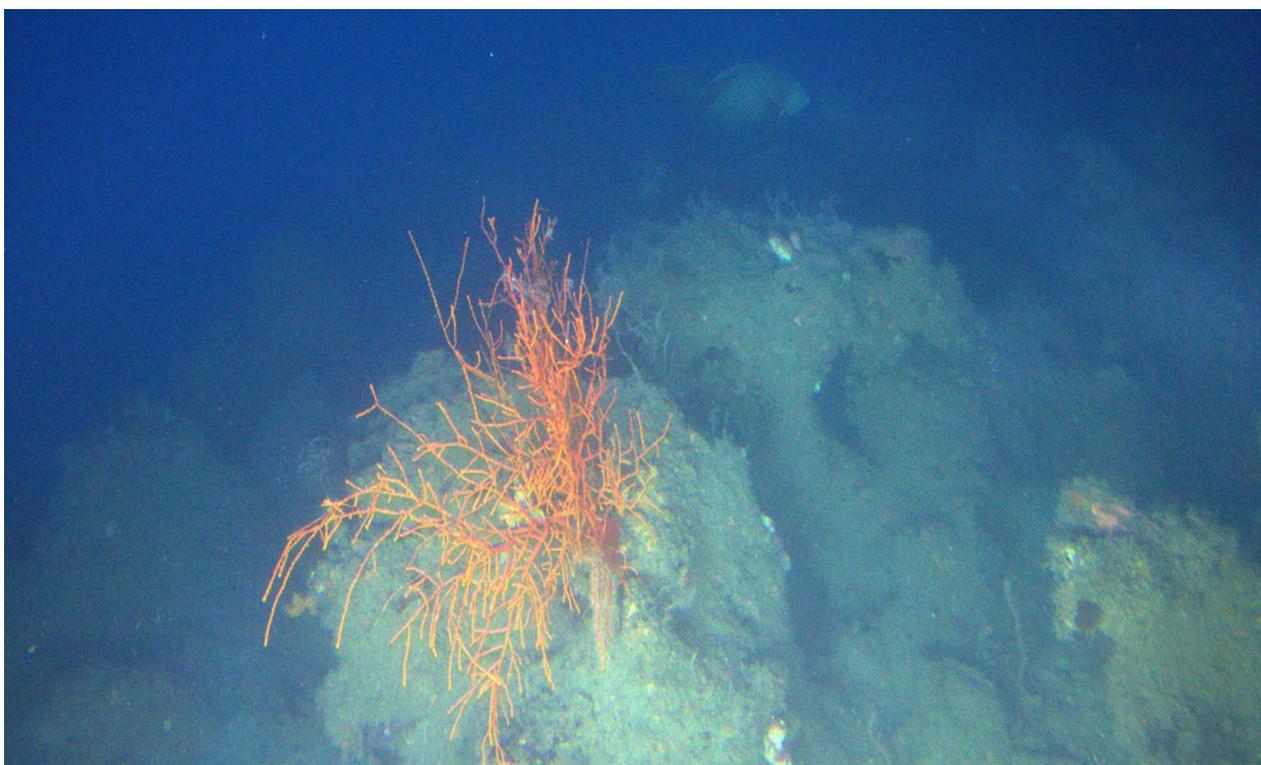
Perspectiva desde el fondo de los montículos de hasta 6 m de altura respecto a las zonas arenosas circundantes, los cuales están cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



Otra perspectiva de los montículos de hasta 6 m de altura respecto a las zonas arenosas circundantes, los cuales están recubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas. Se observan nuevamente ejemplares de pez mariposa y pargos.



Otra perspectiva de los montículos de hasta 6 m de altura respecto a las zonas arenosas circundantes, los cuales están cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



Ejemplar de gorgonia, característico de zonas mesofóticas y registrado en otras zonas del Golfo de México.



Paisaje típico de la zona basal de los montículos de esta zona, cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



Paisaje típico de la zona basal de los montículos de esta zona, cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



▼
Paisaje típico de la zona basal de los montículos de esta zona, cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



▼
Paisaje típico de la zona basal de los montículos de esta zona, cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



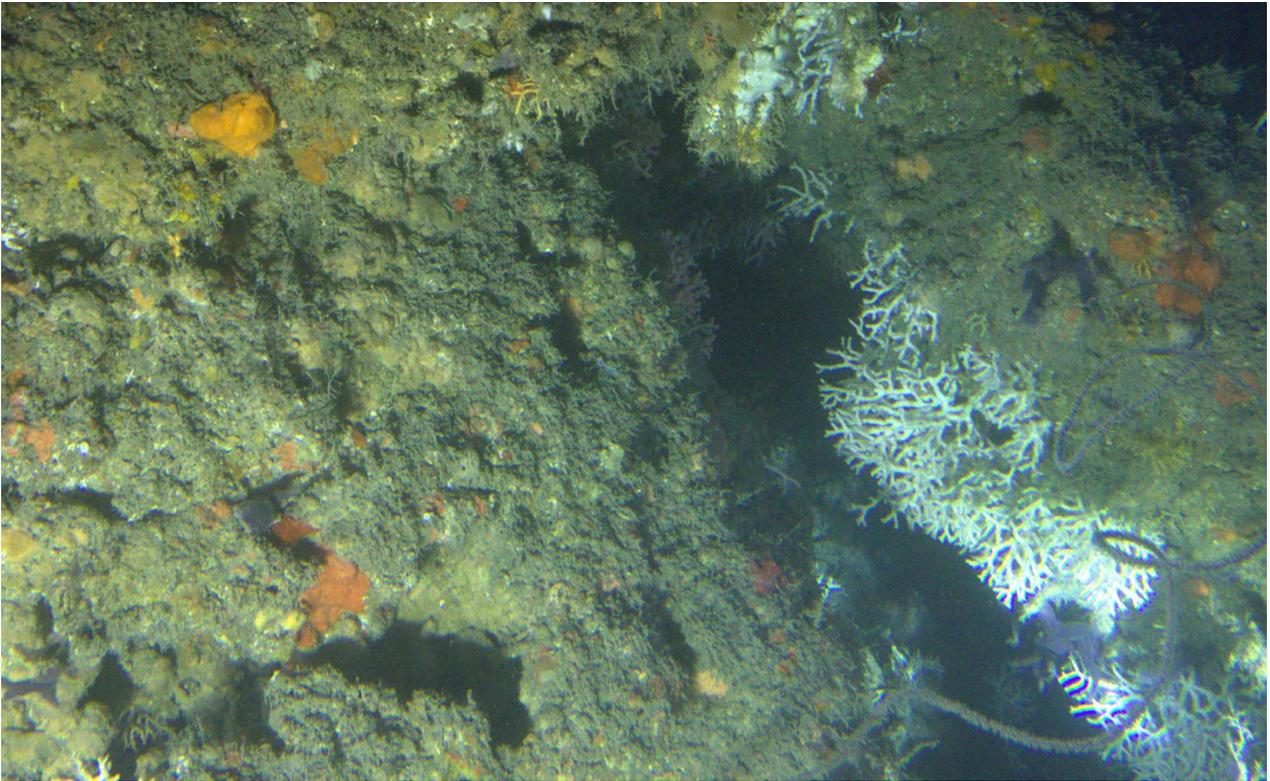
Paisaje típico de la zona basal de los montículos de esta zona, cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



Dos peces ángel francés que no habían sido registrados previamente a profundidades mayores a los -65m para esta zona.



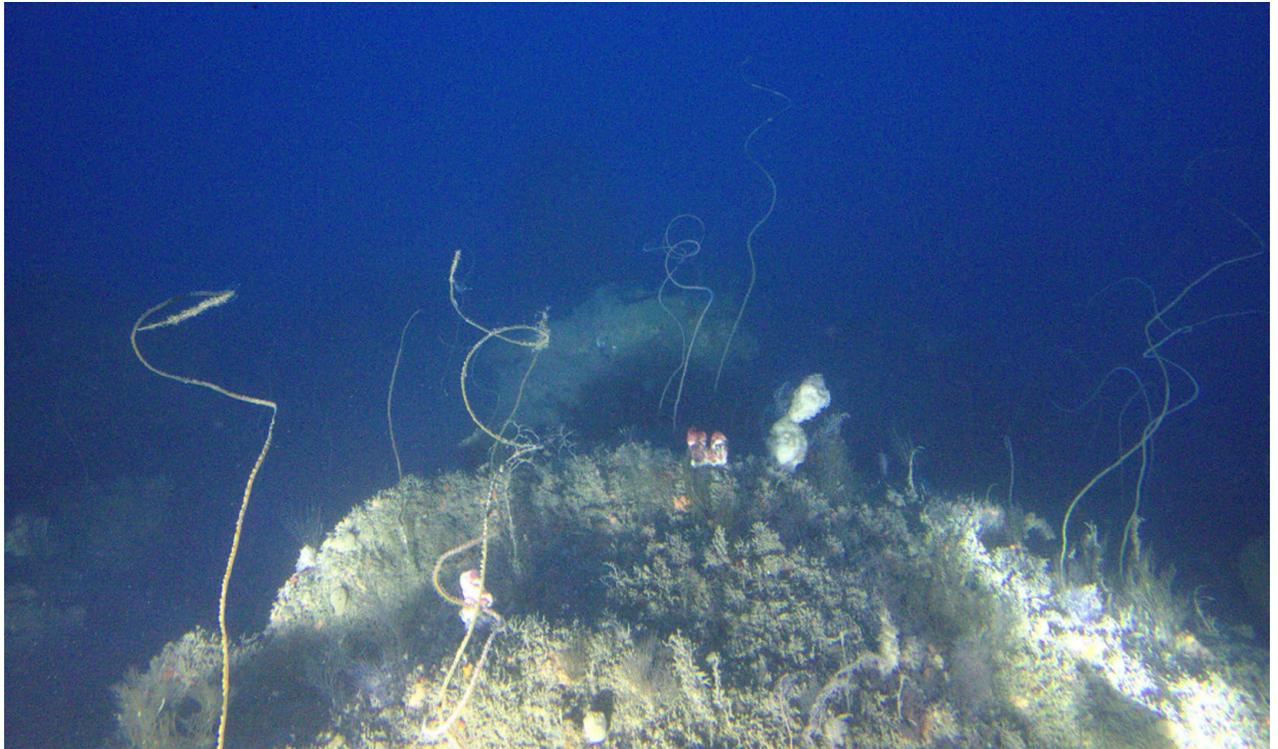
▼
Pez puerco que no había sido registrado previamente a profundidades mayores a los -65m para esta zona.



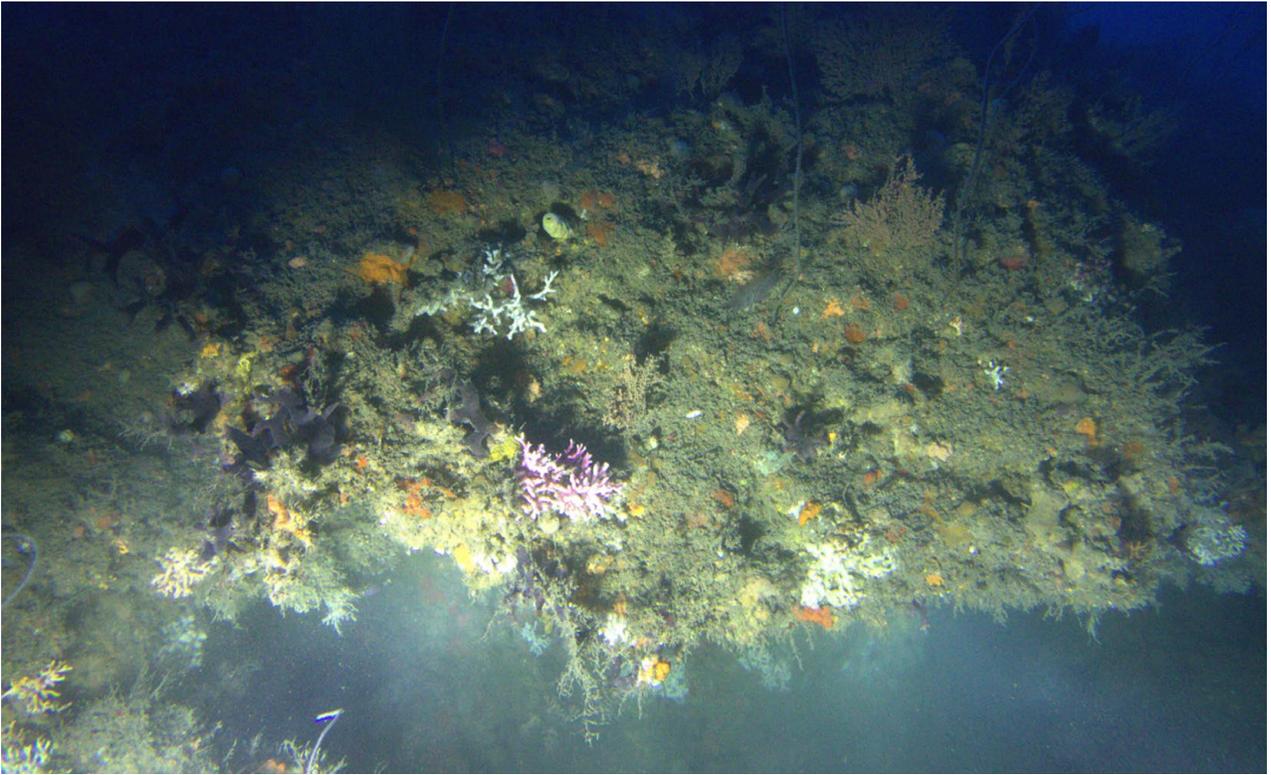
▼
Incluso en oquedades de los montículos, la diversidad biológica es abundante en esta zona.



Paisaje típico de la cima de los montículos de esta zona, cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



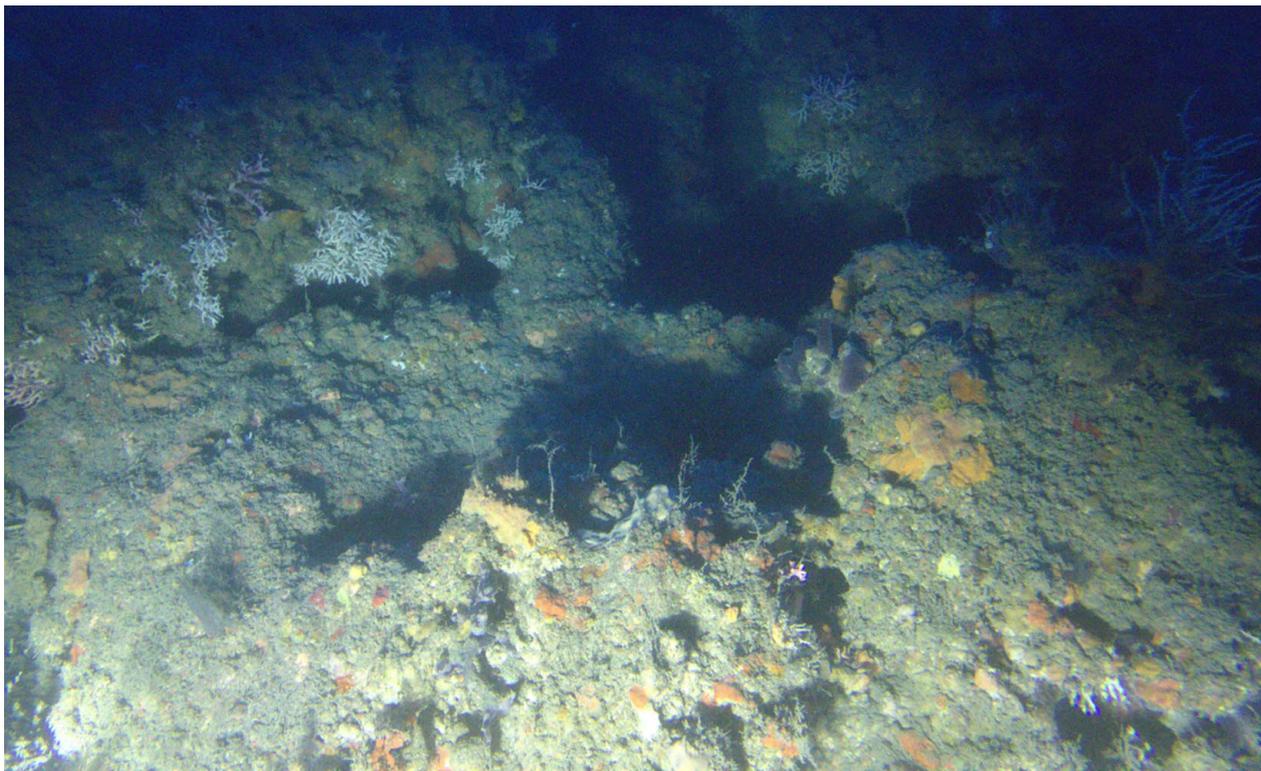
Paisaje típico de la cima de los montículos de esta zona, cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



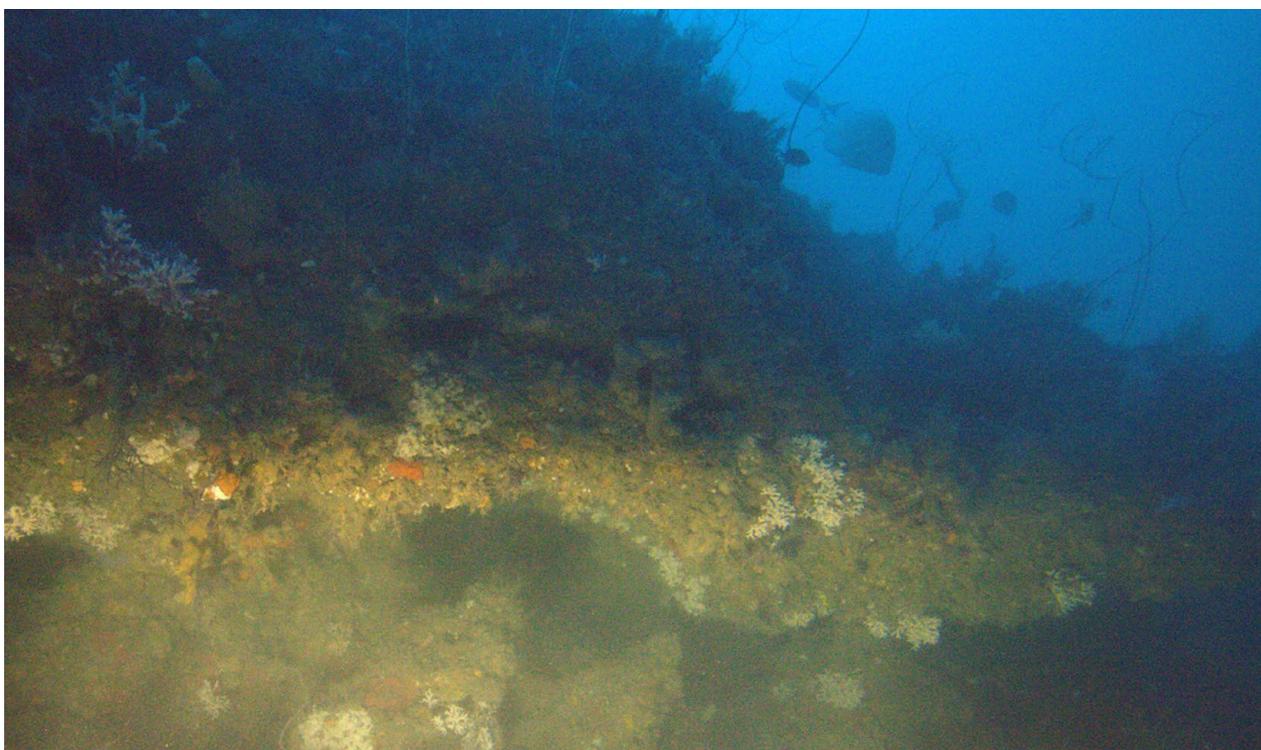
Paisaje típico de la zona basal de los montículos de esta zona, cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



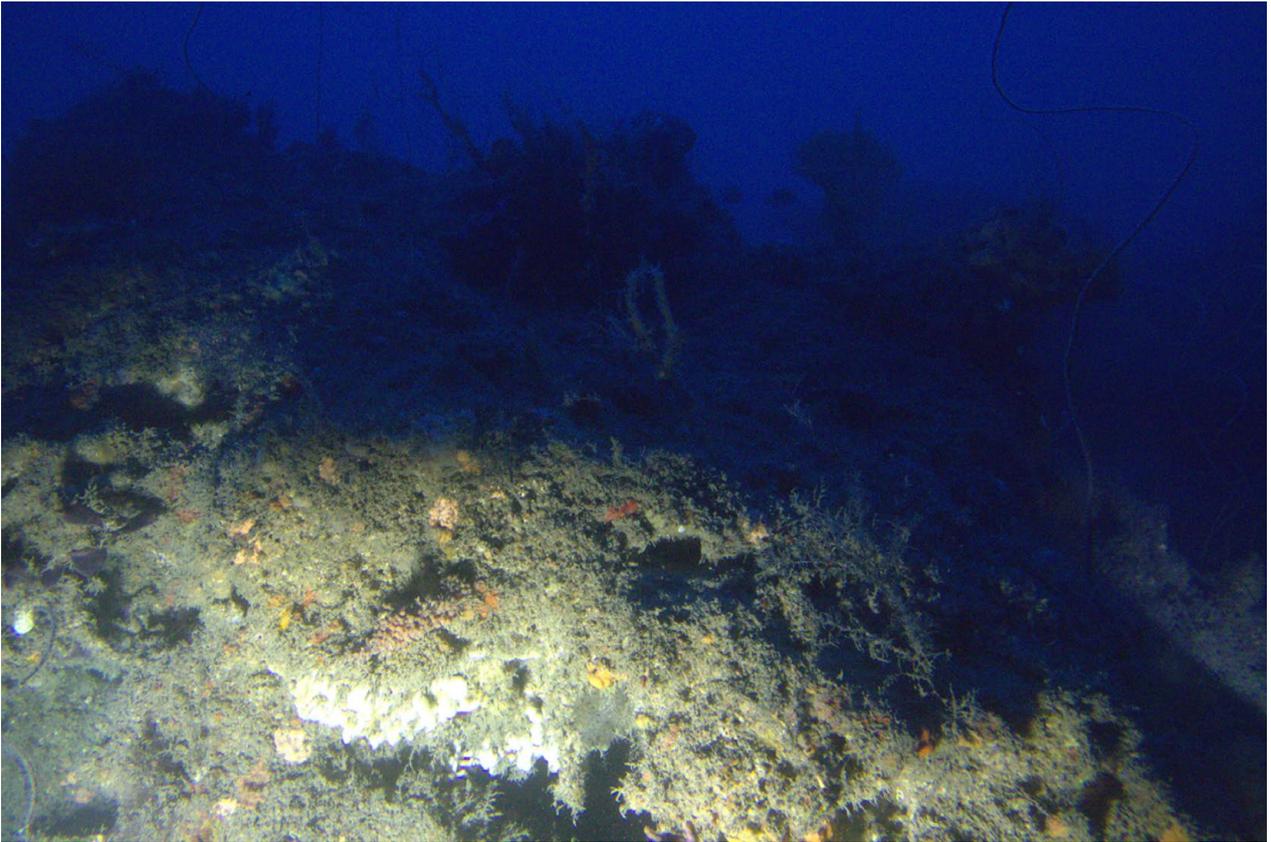
Paisaje típico de la zona basal de los montículos de esta zona, cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



Paisaje típico de la zona basal de los montículos de esta zona, cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



Paisaje típico de la zona basal de los montículos de esta zona, cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.



▼
Paisaje típico de la cima de los montículos de esta zona, cubiertos de comunidades típicas de zonas mesofóticas.

ANEXO III ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD

CÁLCULO DEL TOTAL DE FAMILIAS, GÉNERO Y ESPECIES

GRUPO	FAMILIA	GÉNERO	TOTAL
Peces	Acanthuridae	<i>Acanthurus</i>	2
Corales escleractinios	Acroporidae	<i>Acropora</i>	1
Esponjas	Agelasidae	<i>Agelas</i>	1
Hidrocoral	Aglaopheniidae	<i>Aglaophenia</i>	1
Esponjas	Aplysinidae	<i>Aiolochoiria</i>	1
Peces	Haemulidae	<i>Anisotremus</i>	2
Octocorales	Gorgoniidae	<i>Antillogorgia</i>	1
Corales negros	Antipathidae	<i>Antipathes</i>	2
Esponjas	Aplysinidae	<i>Aplysina</i>	2
Estrellas	Astropectinidae	<i>Astropecten</i>	1
Esponjas	Halichondriidae	<i>Axinyssa</i>	1
Peces	Labridae	<i>Bodianus</i>	2
Peces	Sparidae	<i>Calamus</i>	1
Esponjas	Callyspongiidae	<i>Callyspongia</i>	1
Peces	Balistidae	<i>Canthidermis</i>	1
Peces	Tetraodontidae	<i>Canthigaster</i>	1
Peces	Carangidae	<i>Caranx</i>	1
Octocorales	Carijoidae	<i>Carijoa</i>	1
Peces	Serranidae	<i>Cephalopholis</i>	1

Peces	Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i>	3
Peces	Pomacentridae	<i>Chromis</i>	2
Esponjas	Tetillidae	<i>Cinachyrella</i>	1
Esponjas	Clionaidae	<i>Cliona</i>	1
Corales escleractinios	Mussidae	<i>Colpophyllia</i>	1
Peces	Gobiidae	<i>Coryphopterus</i>	1
Esponjas	Niphatidae	<i>Cribrochalina</i>	1
Cangrejos ermitaños	Diogenidae	<i>Dardanus</i>	1
Crinoideos	Comatulidae	<i>Davidaster</i>	2
Esponjas	Desmacididae	<i>Desmapsamma</i>	1
Esponjas	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	1
Tunicados	Polycitoridae	<i>Eudistoma</i>	1
Esponjas	Geodiidae	<i>Geodia</i>	1
Peces	Haemulidae	<i>Haemulon</i>	4
Algas verdes	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	1
Caracoles	Muricidae	<i>Hexaplex</i>	1
Peces	Pomacanthidae	<i>Holacanthus</i>	3
Esponjas	Irciniidae	<i>Ircinia</i>	1
Pepinos	Stichopodidae	<i>Isostichopus</i>	1
Peces	Kyphosidae	<i>Kyphosus</i>	1
Peces	Labridae	<i>Lachnolaimus</i>	1
Peces	Lutjanidae	<i>Lutjanus</i>	5

Peces	Pomacentridae	<i>Microspathodon</i>	1
Corales escleractinios	Montastreidae	<i>Montastraea</i>	1
Octocorales	Plexauridae	<i>Muricea</i>	1
Peces	Epinephelidae	<i>Mycteroperca</i>	3
Corales escleractinios	Oculinidae	<i>Oculina</i>	2
Corales escleractinios	Merulinidae	<i>Orbicella</i>	2
Peces	Blenniidae	<i>Parablennius</i>	1
Peces	Sciaenidae	<i>Pareques</i>	1
Corales negros	Myriopathidae	<i>Plumapathes</i>	1
Peces	Pomacanthidae	<i>Pomacanthus</i>	1
Corales escleractinios	Mussidae	<i>Pseudodiplaria</i>	1
Peces	Scorpaenidae	<i>Pterois</i>	1
Peces	Scaridae	<i>Scarus</i>	2
Briozoarios	Schizoporellidae	<i>Schizoporella errata</i>	1
Peces	Carangidae	<i>Seriola</i>	1
Peces	Serranidae	<i>Serranus</i>	1
Corales escleractinios	Siderastreidae	<i>Siderastrea</i>	1
Peces	Serranidae	<i>Sparisoma</i>	3
Peces	Sphyraenidae	<i>Sphyraena</i>	1
Poliquetos	Serpulidae	<i>Spirobranchus</i>	1
Peces	Pomacentridae	<i>Stegastes</i>	2
Cangrejos	Inachidae	<i>Stenorhynchus</i>	1
Corales escleractinios	Astrocoeniidae	<i>Stephanocoenia</i>	1

Corales negros	Antipathidae	<i>Stichopathes</i>	1
Peces	Synodontidae	<i>Synodus</i>	1
Corales negros	Myriopathidae	<i>Tanacetipathes</i>	2
Peces	Labridae	<i>Thalassoma</i>	1
Esponjas	Petrosiidae	<i>Xestospongia</i>	1

96

Total Familias 56
 Total Géneros 69
 Total Especies 96

CÁLCULO DEL TOTAL DE FAMILIAS GÉNERO Y ESPECIES DE LA ZONA NORTE

GRUPO	FAMILIA	GÉNERO	TOTAL
Peces	Acanthuridae	Acanthurus	2
Corales escleractinios	Acroporidae	Acropora	1
Esponjas	Agelasidae	Agelas	1
Esponjas	Aplysinidae	Aiolochoiria	1
Peces	Haemulidae	Anisotremus	2
Corales negros	Antipathidae	Antipathes	1
Esponjas	Aplysinidae	Aplysina	2
Estrellas	Astropectinidae	Astropecten	1
Esponjas	Halichondriidae	Axinyssa	1
Peces	Labridae	Bodianus	2
Esponjas	Callyspongiidae	Callyspongia	1
Peces	Balistidae	Canthidermis	1
Peces	Tetraodontidae	Canthigaster	1
Peces	Carangidae	Caranx	1
Octocorales	Carijoidae	Carijoa	1
Peces	Chaetodontidae	Chaetodon	3
Peces	Pomacentridae	Chromis	2
Esponjas	Clionaidae	Cliona	1
Corales escleractinios	Mussidae	Colpophyllia	1
Peces	Gobiidae	Coryphopterus	1

Cangrejos ermitaños	Diogenidae	Dardanus	1
Crinoideos	Comatulidae	Davidaster	2
Esponjas	Dysideidae	Dysidea	1
Tunicados	Polycitoridae	Eudistoma	1
Esponjas	Geodiidae	Geodia	1
Peces	Haemulidae	Haemulon	3
Algas verdes	Halimedaceae	Halimeda	1
Peces	Pomacanthidae	Holacanthus	3
Esponjas	Irciniidae	Ircinia	1
Pepinos	Stichopodidae	Isostichopus	1
Peces	Kyphosidae	Kyphosus	1
Peces	Lutjanidae	Lutjanus	5
Peces	Pomacentridae	Microspathodon	1
Corales escleractinios	Montastreidae	Montastraea	1
Octocorales	Plexauridae	Muricea	1
Peces	Epinephelidae	Mycteroperca	3
Corales escleractinios	Merulinidae	Orbicella	2
Peces	Blenniidae	Parablennius	1
Peces	Sciaenidae	Pareques	1
Corales negros	Myriopathidae	Plumapathes	1
Peces	Pomacanthidae	Pomacanthus	1
Corales escleractinios	Mussidae	Pseudodiplaria	1

Peces	Scorpaenidae	Pterois	1
Peces	Scaridae	Scarus	2
Briozoarios	Schizoporellidae	Schizoporella errata	1
Peces	Carangidae	Seriola	1
Peces	Serranidae	Serranus	1
Corales escleractinios	Siderastreidae	Siderastrea	1
Peces	Serranidae	Sparisoma	3
Peces	Sphyraenidae	Sphyraena	1
Poliquetos	Serpulidae	Spirobranchus	1
Peces	Pomacentridae	Stegastes	2
Cangrejos	Inachidae	Stenorhynchus	1
Corales escleractinios	Astrocoeniidae	Stephanocoenia	1
Corales negros	Antipathidae	Stichopathes	1
Corales negros	Myriopathidae	Tanacetipathes	1
Peces	Labridae	Thalassoma	1

80

Norte Familias 47

Norte Géneros 57

Norte Especies 80

CÁLCULO DEL TOTAL DE FAMILIAS GÉNERO Y ESPECIES DE LA ZONA CENTRO

GRUPO	FAMILIA	GÉNERO	TOTAL
Peces	Acanthuridae	<i>Acanthurus</i>	1
Hidrocoral	Aglaopheniidae	<i>Aglaophenia</i>	1
Esponjas	Aplysinidae	<i>Aiolochoxia</i>	1
Peces	Haemulidae	<i>Anisotremus</i>	1
Octocorales	Gorgoniidae	<i>Antillogorgia</i>	1
Corales negros	Antipathidae	<i>Antipathes</i>	2
Esponjas	Aplysinidae	<i>Aplysina</i>	2
Peces	Sparidae	<i>Calamus</i>	1
Esponjas	Callyspongiidae	<i>Callyspongia</i>	1
Peces	Tetraodontidae	<i>Canthigaster</i>	1
Peces	Serranidae	<i>Cephalopholis</i>	1
Peces	Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i>	2
Peces	Pomacentridae	<i>Chromis</i>	1
Esponjas	Tetillidae	<i>Cinachyrella</i>	1
Esponjas	Niphatidae	<i>Cribrochalina</i>	1
Crinoideos	Comatulidae	<i>Davidaster</i>	2
Esponjas	Desmacididae	<i>Desmapsamma</i>	1
Peces	Haemulidae	<i>Haemulon</i>	3
Caracoles	Muricidae	<i>Hexaplex</i>	1
Peces	Pomacanthidae	<i>Holacanthus</i>	1

Peces	Labridae	<i>Lachnolaimus</i>	1
Peces	Lutjanidae	<i>Lutjanus</i>	3
Octocorales	Plexauridae	<i>Muricea</i>	1
Corales escleractinios	Oculinidae	<i>Oculina</i>	2
Corales negros	Myriopathidae	<i>Plumapathes</i>	1
Peces	Pomacanthidae	<i>Pomacanthus</i>	1
Peces	Scorpaenidae	<i>Pterois</i>	1
Briozoarios	Schizoporellidae	<i>Schizoporella</i>	1
Peces	Carangidae	<i>Seriola</i>	1
Corales negros	Antipathidae	<i>Stichopathes</i>	1
Peces	Synodontidae	<i>Synodus</i>	1
Corales negros	Myriopathidae	<i>Tanacetipathes</i>	2
Esponjas	Petrosiidae	<i>Xestospongia</i>	1

43

Centro Familias 28
 Centro Géneros 33
 Centro Especies 43

CÁLCULO TOTAL DE ESPECIES IDENTIFICADAS Y ESPECIES POTENCIALES

ID	GRUPO	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	ESPECIE	ESPECIE	230518	230519	230520	CENTRO	CENTRO (ESPECIES)	230523 TECOLUTLA	230524 HUASTECO	230525 LOBOS NORTE Y TAMIAHUA	230526 MARSELLESA (CORAZONES)	230527 BLAKE	NORTE	NORTE (ESPECIES)	TOTAL
2	Algas verdes	Halimeda-ceae	Halimeda	discoidea	<i>Halimeda discoidea</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	1
4	Briozoarios	Schizoporellidae	Schizoporella errata	Schizoporella errata	<i>Schizoporella errata</i>	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
8	Cangrejos	Inachidae	Stenorhynchus	seticornis	<i>Stenorhynchus seticornis</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
9	Cangrejos ermitaños	Diogenidae	Dardanus	fucosus	<i>Dardanus fucosus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
11	Caracoles	Muricidae	Hexaplex	fulvescens	<i>Hexaplex fulvescens</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
12	Corales escleractinios	Acroporidae	Acropora	palmata	<i>Acropora palmata</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
15	Corales escleractinios	Mussidae	Colpophyllia	natans	<i>Colpophyllia natans</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1
18	Corales escleractinios	Montastridae	Montastraea	cavernosa	<i>Montastraea cavernosa</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1
19	Corales escleractinios	Oculinidae	Oculina	tenella	<i>Oculina tenella</i>	1	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1
20	Corales escleractinios	Oculinidae	Oculina	varicosa	<i>Oculina varicosa</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
21	Corales escleractinios	Merulinidae	Orbicella	faveolata	<i>Orbicella faveolata</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1
22	Corales escleractinios	Merulinidae	Orbicella	franki	<i>Orbicella franki</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1

23	Corales escleractinios	Mussidae	Pseudodiplaria	strigosa	<i>Pseudodiplaria strigosa</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
25	Corales escleractinios	Siderastreaeidae	Siderastrea	siderea	<i>Siderastrea siderea</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1
26	Corales escleractinios	Astrocoeniidae	Stephano-coenia	intersepta	<i>Stephano-coenia intersepta</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1
28	Corales negros	Antipathidae	Antipathes	furcata	<i>Antipathes furcata</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
29	Corales negros	Antipathidae	Antipathes	pennacea	<i>Antipathes pennacea</i>	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
31	Corales negros	Myriopathidae	Plumapathes	pennacea	<i>Plumapathes pennacea</i>	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
32	Corales negros	Antipathidae	Stichopathes	luetkeni	<i>Stichopathes luetkeni</i>	1	1	1	1	3	3	1	1	1	0	1	4	1
33	Corales negros	Myriopathidae	Tanacetipathes	hirta	<i>Tanacetipathes hirta</i>	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
34	Corales negros	Myriopathidae	Tanacetipathes	tanacetum	<i>Tanacetipathes tanacetum</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
35	Crinoideos	Comatulidae	Davidaster	discoideus	<i>Davidaster discoideus</i>	1	1	1	1	2	2	0	1	1	1	1	4	1
36	Crinoideos	Comatulidae	Davidaster	rubiginosus	<i>Davidaster rubiginosus</i>	1	1	1	1	2	2	1	0	1	0	0	2	1
37	Esponjas	Agelasidae	Agelas	conifera	<i>Agelas conifera</i>	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1
38	Esponjas	Aplysiniidae	Aiolochoiria	crassa	<i>Aiolochoiria crassa</i>	1	1	1	0	2	2	1	1	1	1	1	5	1
39	Esponjas	Aplysiniidae	Aplysina	fistularis	<i>Aplysina fistularis</i>	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
40	Esponjas	Aplysiniidae	Aplysina	fulva	<i>Aplysina fulva</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1

41	Esponjas	Halichondriidae	Axinyssa	ambrosia	<i>Axinyssa ambrosia</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1
42	Esponjas	Callyspongiidae	Callyspongia	armigera	<i>Callyspongia (Cladochalina) armigera</i>	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
43	Esponjas	Tetillidae	Cinachyrella	kuekenthali	<i>Cinachyrella kuekenthali</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
44	Esponjas	Clionidae	Cliona	Cliona delitrix	<i>Cliona delitrix</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1
46	Esponjas	Niphatidae	Cribrachalina	vasculum	<i>Cribrachalina vasculum</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
47	Esponjas	Desmacididae	Desmapsamma	anchorata	<i>Desmapsamma anchorata</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
48	Esponjas	Dysideidae	Dysidea	janiae	<i>Dysidea janiae</i>	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
49	Esponjas	Geodiidae	Geodia	neptuni	<i>Geodia neptuni</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
50	Esponjas	Irciniidae	Ircinia	felix	<i>Ircinia felix</i>	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	4	1	1
51	Esponjas	Petrosiidae	Xestospongia	muta	<i>Xestospongia muta</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
53	Estrellas	Astropectinidae	Astropecten	duplicatus	<i>Astropecten duplicatus</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
55	Hidrocorales	Aglaopheniidae	Aglaophenia	latecarinata	<i>Aglaophenia latecarinata</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
58	Octocorales	Gorgoniidae	Antillologorgia	bipinnata	<i>Antillologorgia bipinnata</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
59	Octocorales	Carijoidae	Carijoa	riisei	<i>Carijoa riisei</i>	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
60	Octocorales	Plexauridae	Muricea	pendula	<i>Muricea pendula</i>	1	1	1	0	2	2	1	0	1	0	1	3	1	1

61	Peces	Acanthuri- dae	Acanthu- rus	chirurgus	<i>Acanthurus chirurgus</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	3	1	1
62	Peces	Acanthuri- dae	Acanthu- rus	chirurgus	<i>Achanturus coeruleus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	1	1
63	Peces	Haemuli- dae	Anisotre- mus	surinamensis	<i>Anisotremus surinamensis</i>	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	4	1	1
64	Peces	Haemuli- dae	Anisotre- mus	virginicus	<i>Anisotremus virginicus</i>	1	1	1	1	2	2	1	0	1	1	1	4	1	1
65	Peces	Labridae	Bodianus	pulchellus	<i>Bodianus pulchellus</i>	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
66	Peces	Labridae	Bodianus	rufus	<i>Bodianus rufus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1
67	Peces	Sparidae	Calamus	calamus	<i>Calamus calamus</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
69	Peces	Balistidae	Canthi- dermis	sufflamen	<i>Canthidermis sufflamen</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
70	Peces	Tetrao- dontidae	Canthi- gaster	rostrata/ja- mestyleri	<i>Canthigaster rostrata/ja- mestyleri</i>	1	1	1	1	2	2	1	0	0	1	0	2	1	1
71	Peces	Carangi- dae	Caranx	ruber	<i>Caranx ruber</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
73	Peces	Serranidae	Cephalo- pholis	furcifer	<i>Cephalopho- lis furcifer</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
74	Peces	Chaeto- dontidae	Chaeto- don	ocellatus	<i>Chaetodon capistratus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1
75	Peces	Chaeto- dontidae	Chaeto- don	ocellatus	<i>Chaetodon ocellatus</i>	1	1	1	1	2	2	1	0	1	1	1	4	1	1
76	Peces	Chaeto- dontidae	Chaeto- don	sedentarius	<i>Chaetodon sedentarius</i>	1	1	1	1	3	3	0	0	1	1	0	2	1	1
77	Peces	Pomacen- tridae	Chromis	cyanea	<i>Chromis cyanea</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

78	Peces	Pomacentridae	Chromis	insolata	<i>Chromis insolata</i>	1	1	1	1	2	2	0	0	0	1	0	1	1	1
81	Peces	Gobiidae	Coryphopterus	personatus/hyalinus	<i>Coryphopterus personatus/hyalinus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
84	Peces	Haemulidae	Haemulon	aurolineatum	<i>Haemulon aurolineatum</i>	1	1	1	1	2	2	1	0	1	1	1	4	1	1
85	Peces	Haemulidae	Haemulon	carbonarium	<i>Haemulon carbonarium</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
86	Peces	Haemulidae	Haemulon	macrostomum	<i>Haemulon macrostomum</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
87	Peces	Haemulidae	Haemulon	plumierii	<i>Haemulon plumierii</i>	1	1	1	1	3	3	1	0	1	1	1	4	1	1
90	Peces	Pomacanthidae	Holacanthus	bermudensis	<i>Holacanthus bermudensis</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	2	1	1
91	Peces	Pomacanthidae	Holacanthus	ciliaris	<i>Holacanthus ciliaris</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	1	1
92	Peces	Pomacanthidae	Holacanthus	tricolor	<i>Holacanthus tricolor</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1
97	Peces	Kyphosidae	Kyphosus	vaigiensis	<i>Kyphosus vaigiensis</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1
98	Peces	Labridae	Lachnolaimus	maximus	<i>Lachnolaimus maximus</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
99	Peces	Lutjanidae	Lutjanus	analisis	<i>Lutjanus analisis</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	3	1	1
100	Peces	Lutjanidae	Lutjanus	griseus	<i>Lutjanus griseus</i>	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
101	Peces	Lutjanidae	Lutjanus	guttatus	<i>Lutjanus guttatus</i>	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
102	Peces	Lutjanidae	Lutjanus	jocu	<i>Lutjanus jocu</i>	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1

104	Peces	Lutjanidae	Lutjanus	synagris	<i>Lutjanus synagris</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
105	Peces	Pomacentridae	Microspathodon	chrysurus	<i>Microspathodon chrysurus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
106	Peces	Epinephelidae	Mycteroperca	bonaci	<i>Mycteroperca bonaci</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
107	Peces	Epinephelidae	Mycteroperca	phenax	<i>Mycteroperca phenax</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	1
109	Peces	Epinephelidae	Mycteroperca	venenosa	<i>Mycteroperca venenosa</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
111	Peces	Blenniidae	Parablennius	marmoreus	<i>Parablennius marmoreus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
112	Peces	Sciaenidae	Pareques	umbrosus	<i>Pareques umbrosus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
113	Peces	Pomacanthidae	Pomacanthus	paru	<i>Pomacanthus paru</i>	1	1	1	1	2	2	1	0	1	1	1	4	1	1
114	Peces	Scorpaenidae	Pterois	miles/volitans	<i>Pterois miles/volitans</i>	1	1	1	1	2	2	0	0	0	0	1	1	1	1
115	Peces	Scaridae	Scarus	iseri	<i>Scarus iseri</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
116	Peces	Scaridae	Scarus	vetula	<i>Scarus vetula</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
117	Peces	Carangidae	Seriola	rivoliana	<i>Seriola rivoliana</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
118	Peces	Serranidae	Serranus	subligarius	<i>Serranus subligarius</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
119	Peces	Serranidae	Sparisoma	chrysop- terum	<i>Sparisoma chrysop- terum</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
120	Peces	Scaridae	Sparisoma	rubripinne	<i>Sparisoma rubripinne</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1

121	Peces	Scaridae	Sparisoma	viride	<i>Sparisoma viride</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
122	Peces	Sphyraenidae	Sphyraena	barracuda	<i>Sphyraena barracuda</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
123	Peces	Pomacentridae	Stegastes	partitus	<i>Stegastes partitus</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1	
124	Peces	Pomacentridae	Stegastes	planifrons	<i>Stegastes planifrons</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
126	Peces	Synodontidae	Synodus	foetens/intermedius	<i>Synodus foetens/intermedius</i>	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	
127	Peces	Labridae	Thalassoma	bifasciatum	<i>Thalassoma bifasciatum</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
128	Pepinos	Stichopodidae	Isostichopus	badionotus	<i>Isostichopus badionotus</i>	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	1	1
129	Poliquetos	Serpulidae	Spirobranchus	giganteus	<i>Spirobranchus giganteus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1
130	Tunicados	Polycitoridae	Eudistoma	obscuratum	<i>Eudistoma obscuratum</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
5	Calamares	-	-	-	<i>No identificado (Calamar)</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
1	Algas cafés	Dictyotaceae	Dictyota sp.	sp.	<i>Dictyota sp.</i>	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
7	Cangrejos	Calappidae	Calappa	sp.	<i>Calappa sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
13	Corales escleractinios	Agariciidae	Agaricia	sp.	<i>Agaricia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
16	Corales escleractinios	Pocilloporidae	Madracis	sp.	<i>Madracis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
17	Corales escleractinios	Milleporidae	Millepora	sp.	<i>Millepora sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

30	Corales negros	Antipathidae	Antipathes	sp.	<i>Antipathes sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1	1
45	Esponjas	Clionidae	Cliona	sp.	<i>Cliona sp.</i>	0	0	1	1	2	2	1	1	0	1	0	3	1	1
52	Esponjas	-	-	-	<i>No identificado (Porifera)</i>	0	0	1	1	3	3	1	1	1	1	1	5	1	1
68	Peces	Sparidae	Calamus	sp.	<i>Calamus sp.</i>	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1
72	Peces	Carangidae	Caranx	sp.	<i>Caranx sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	1	1
80	Peces	Pomacentridae	Chromis	sp.	<i>Chromis sp.</i>	0	0	1	1	2	2	0	0	1	1	1	3	1	1
82	Peces	Gobiidae	Elacatinus	sp.	<i>Elacatinus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
88	Peces	Haemulidae	Haemulon	sp.	<i>Haemulon sp.</i>	0	0	1	1	2	2	0	0	1	0	0	1	1	1
95	Peces	Holocentridae	Holocentrus	sp.	<i>Holocentrus sp.</i>	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
96	Peces	Serranidae	Hypoplectrus	sp.	<i>Hypoplectrus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
103	Peces	Lutjanidae	Lutjanus	sp.	<i>Lutjanus sp.</i>	0	0	0	1	2	2	0	1	0	0	1	2	1	1
108	Peces	Epinephelidae	Mycteroperca	sp.	<i>Mycteroperca sp.</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
125	Peces	Pomacentridae	Stegastes	sp.	<i>Stegastes sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1

Especies identificadas	96	5	40	16	61	43	27	5	37	40	50	159	80	96
Especies identificadas hasta género (sp.)	0	1	6	6	13	8	3	3	3	8	6	23	17	17
Especies identificadas hasta grupo	0	1	1	1	3	1	1	2	1	1	1	6	2	2
Especies potenciales	96	7	47	23	77	52	31	10	41	49	57	188	99	115



GREENPEACE