

Evaluación de la
Red de Zonas de Refugio Pesquero Punta Herrero
2013-2017





Jacobo Caamal Madrigal
Araceli Acevedo Rosas
Sergio Marcos Camacho
Stuart Fulton
Comunidad y Biodiversidad, A.C.

Buzos monitores comunitarios, capitanes, socios y directivos de la
Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera José María Azcorra

Esta publicación debe citarse como:

Caamal, J., Acevedo-Rosas, A. Marcos, S y Fulton, S. 2018. Evaluación de la Red de Zonas de Refugio Pesquero Punta Herrero, 2012-2017. Comunidad y Biodiversidad A.C. Guaymas, Sonora, México.



Resumen Ejecutivo

El 13 de septiembre del 2013 la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera José María Azcorra estableció una red de Zonas de Refugio Pesquero en su área concesionada de langosta, en la Bahía del Espíritu Santo, dentro de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Estos refugios protegen 1,125.47 hectáreas de la pesca parcial o total. El decreto se logró como resultado del trabajo de la cooperativa pesquera y otros socios de la Alianza Kanan Kay¹. Los pescadores dejaron de pescar en los refugios por un periodo de cinco años con la finalidad de que las poblaciones de peces y otras especies de interés comercial se recuperen, ayudando así a promover una pesca responsable.

Este reporte presenta los resultados más importantes de los monitoreos que se llevaron a cabo de forma anual, desde noviembre 2012 hasta septiembre 2017. También incluye un resumen del monitoreo de los sitios de agregaciones reproductivas de peces, dentro y fuera de los refugios pesqueros, durante el mismo periodo. Se presentan los datos obtenidos para los refugios “El Faro”, “Faro Langosta” y “Anegado de Chal”; así como para sus respectivos sitios control. Los sitios control son áreas cercanas a los refugios, con condiciones biofísicas similares, pero abiertas a la pesca. El monitoreo simultáneo de los refugios y los sitios control permite identificar el efecto que tiene la pesca sobre la biodiversidad arrecifal. También se presentan los datos de monitoreo del Manchón, que es un área que la cooperativa ha dejado de pescar desde hace varios años, con la finalidad de establecerlo como un sitio de uso turístico; y de su sitio control. Del refugio Laguna de Canche Balam no se presentan datos debido a que, por las condiciones biofísicas del lugar, el monitoreo no se ha podido llevar a cabo. No obstante, el sitio se ha mantenido como un refugio, estando cerrado a la pesca.

Los refugios pesqueros El Faro y Anegado de Chal son los primeros refugios establecidos en sitios de agregaciones de peces a nivel nacional. Con la protección de estos dos sitios de reproducción de mero (*Epinephelus striatus*), cabrilla aleta amarilla (*Mycteroperca venenosa*) y pargo llorón (*Lutjanus jocu*), la SSCP José María Azcorra está protegiendo las poblaciones de estas especies de interés comercial durante una etapa clave en su ciclo de vida, ayudando a mantener el stock de peces no solo en el área local sino en una amplia extensión a lo largo de la costa.

En lo que se refiere a la langosta, es la pesquería más importante en Punta Herrero y su mayor producción está en la bahía y en la laguna arrecifal. En el Manchón, ubicado dentro de la laguna arrecifal, se registró la mayor abundancia de langosta. En 2014 y 2015 se registró un gran aumento de la biomasa de langosta, tan solo uno y dos años después del establecimiento de los refugios. No obstante, su abundancia comenzó a disminuir después de 2015. Por el contrario, en Faro langosta se registró baja densidad de langosta debido a su poca complejidad topográfica.

La cobertura de coral en los refugios varió mucho. La cobertura promedio más alta, de 2012 a 2017, se registró en el Manchón (12.9%) y la más baja en Anegado de Chal (1.4%). Aun cuando el sustrato en los refugios se encuentra dominado por macroalgas y en 2016 se registró hasta el 84% de cobertura, desde 2012 se ha observado un ligero aumento de la cobertura de coral en algunos de los refugios. Se espera que este aumento continúe a largo plazo, contribuyendo a la recuperación de la salud general del arrecife.

¹ www.alianzakanankay.org

Contenido

Resumen Ejecutivo.....	3
Introducción	8
Refugios Pesqueros de la Zona de Punta Herrero.....	8
Metodología	9
Entrenamiento de monitores comunitarios	11
Resultados.....	12
Generales.....	12
Zona de Refugio Pesquero el Faro y Faro Langosta.....	16
Agregaciones reproductivas de peces	16
a) El Faro	19
Especies de Interés Comercial.....	19
b) Faro Langosta.....	21
Peces.....	21
Especies de Interés Comercial.....	23
Invertebrados	24
Corales y Cobertura Béntica	25
c) Anegado de Chal	27
Peces.....	27
Especies de interés comercial.....	28
Invertebrados	29
Corales y cobertura béntica	30
d) Reserva comunitaria “Manchón”.....	32
Peces.....	32
Especies de interés comercial.....	34
Invertebrados	35
Corales y Cobertura béntica	35
Conclusiones	38
Referencias	38

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de los refugios pesqueros de la Cooperativa José María Azcorra en Punta Herrero, Quintana Roo, México..... 8

Figura 2. Ubicación de los puntos de monitoreo dentro de los refugios pesqueros de la Cooperativa José María Azcorra en Punta Herrero, Quintana Roo, México. Se indica también la ubicación de la reserva comunitaria “Manchón” y su sitio control. 10

Figura 3. Ejercicio de estimación de tallas con peces de plástico de tamaño conocido. 11

Figura 4. Evaluación de las capacidades de los buzos de la cooperativa José María Azcorra en el monitoreo de peces y estimación de tallas..... 12

Figura 5. Especies de corales con al menos dos colonias registradas en la RBSK, del periodo 2012-2017, en Faro Langosta, Anegado de Chal y Manchón (Refugios) y sus respectivos sitios control (Controles)..... 13

Figura 6. Especies de invertebrados registrados en la RBSK, del periodo 2012-2017, en Faro Langosta, Anegado de Chal y Manchón (Refugios) y sus respectivos sitios de control (Controles). .. 14

Figura 7. Biomasa total de peces de todas las especies registradas en los sitios de monitoreo. Incluye las ZRP dentro de la RBSK, la reserva comunitaria y sus respectivos sitios control (Ctl)..... 15

Figura 8. Biomasa de meros (Serranidae) y pargos (Lutjanidae) en refugios y sitios control, de 2012-2017..... 15

Figura 9. Ubicación de los puntos de monitoreo de Faro Langosta y El faro (Norte y Sur). 16

Figura 10. Rutas de las embarcaciones durante el registro de datos batimétricos en enero de 2013 y enero de 2014. Las líneas están formadas por puntos individuales; cada uno representa un registro de profundidad..... 17

Figura 11. Mapa batimétrico de la parte profunda frente a Punta Herrero. Las áreas blancas son los refugios pesqueros. El mapa no incluye los sitios de agregaciones ya que la información es potencialmente sensible..... 18

Figura 12. Agregaciones reproductivas de peces avistadas. A) Cambios de coloración asociados al desove en *Epinephelus striatus*. B) Agregación de *Lutjanus jocu* (Lutjanidae)..... 19

Figura 13. Especies de interés comercial observadas durante el buceo errante en el sitio de monitoreo Faro Norte. Se presentan los datos de abundancia en escala logarítmica. 20

Figura 14. Especies de interés comercial observadas durante el buceo errante en el sitio de monitoreo Faro Sur. Se presentan los datos de abundancia en escala logarítmica. 21

Figura 15. Cobertura de coral del refugio Faro Langosta. 22

Figura 16. Biomasa de peces por familia para el Refugio Faro Langosta. 22

Figura 17. Biomasa de peces por familia para el sitio control de Faro Langosta. 23

Figura 18. Especies de interés comercial observadas durante el buceo errante en el Faro Langosta. Los datos se presentan en escala logarítmica para que puedan ser comparables entre sí. 23

Figura 19. Especies de interés comercial observadas durante el buceo errante en el sitio control del Faro Langosta. Los datos se presentan en escala logarítmica para que puedan ser comparables entre sí. 24

Figura 20. Diadema antillarum (erizo de largas espinas). 24

Figura 21. Cobertura béntica en el refugio Faro Langosta, de 2012 a 2017. 25

Figura 22. Cobertura béntica en el sitio control de Faro Langosta, de 2013 a 2016. No se presentan los datos de 2012 y 2017 debido a que por cuestiones de mal tiempo, no se pudo llevar a cabo el monitoreo. 26

Figura 23. Abundancia de corales dentro del Refugio Faro Langosta, en términos de porcentaje. ... 26

Figura 24. Abundancia de corales dentro del sitio control de Faro Langosta, en términos de porcentaje. No se muestra información de los años 2012 ni 2017 debido a que por cuestiones mal tiempo, no se pudo llevar a cabo el monitoreo. 27

Figura 25. Ubicación de los puntos de monitoreo de Anegado de Chal (refugio y control). 27

Figura 26. Biomasa de peces, por grupos, dentro del refugio Anegado de Chal, de 2012 a 2017. ... 28

Figura 27. Grupos de interés comercial registrados en el refugio Anegado de Chal, de 2012 a 2017. 28

Figura 28. Grupos de interés comercial registrados en el sitio control de Anegado de Chal, de 2012 a 2017. 29

Figura 29. Cobertura del fondo marino en el refugio Anegado de Chal, de 2012-2017. 30

Figura 30. Cobertura del fondo marino en el sitio control de Anegado de Chal en 2013. 30

Figura 31. Especies de corales más abundantes en el refugio Anegado de Chal. 31

Figura 32. Especies de corales más abundantes en el sitio control de Anegado de Chal. Se presentan los datos del único año en que se pudo llevar a cabo el monitoreo. 31

Figura 33. Ubicación de los puntos de monitoreo de la reserva comunitaria Manchón y su sitio control. 32

Figura 34. Reserva comunitaria Manchón. 32

Figura 35. Biomasa de peces por grupo de importancia comercial y ecológica en el Manchón. 33

Figura 36. Biomasa de peces por grupo de importancia comercial y ecológica en el sitio control de la reserva comunitaria Manchón. 33

Figura 37. Grupos de interés comercial observados durante los buceos errantes en el Manchón. ... 34

Figura 38. Grupos de interés comercial observados durante los buceos errantes en el sitio control del Manchón. 34

Figura 39. Cobertura béntica en la reserva comunitaria Manchón. 36

Figura 40. Cobertura béntica en el sitio control del Manchón. 36

Figura 41. Especies de coral registrados en el Manchón y su abundancia. 37

Figura 42. Especies de coral registrados en el sitio control del Manchón y su abundancia. 37

Índice de Tablas

Tabla I. Resumen de las técnicas de monitoreo de los refugios pesqueros 9

Tabla II. Importancia de monitorear una ZRP 10

Tabla III. Número de meros y pargos, y su biomasa, de 2012 a 2017 dentro de los refugios pesqueros. (ND= datos no recabados). 16

Tabla IV. Grupos de peces que los monitores registran tanto en buceo errante como en transectos. 19

Tabla V. Tipos de organismos que cubren el fondo. 25

Introducción

Refugios Pesqueros de la Zona de Punta Herrero

Los refugios pesqueros de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera José María Azcorra fueron decretados en el Diario Oficial de la Federación el día 12 de septiembre del 2013. La cooperativa cuenta con cuatro refugios: “El Faro”, el “Faro Langosta”, “Anegado de Chal” y “Laguna de Canche Balam”, que ocupan un área total de 1,125.46 hectáreas (Figura 1). Además, la SCPP ha designado la zona el “Manchón”, como una reserva comunitaria cerrada a la pesca.

Dos de los refugios, El Faro y Anegado de Chal, están ubicados sobre arrecifes profundos y sitios de agregaciones reproductivas de peces, con profundidades que van de 15 a más de 100 metros. Los datos presentados en este reporte contemplan cinco periodos de monitoreo: noviembre 2012, abril 2013 (para datos de buceos errantes, octubre 2013), marzo 2014, abril 2015, abril 2016 y septiembre 2017. Cada refugio pesquero tiene un sitio control, ubicado en una zona cercana al refugio y con condiciones biofísicas similares, sin embargo, éste se encuentra abierto a la pesca. Se monitorean tanto refugio como sitio control con la finalidad de identificar si el cierre a la pesca del refugio, tiene algún efecto sobre la biodiversidad arrecifal y sobre la abundancia de especies comerciales, como la langosta y algunas especies de peces.

Cabe mencionar que el refugio Laguna de Canche Balam no se ha monitoreado a detalle desde que se decretó como refugio, debido a que se encuentra en la parte interna de la bahía y se requiere de una técnica de monitoreo específica para esa zona con aguas someras, turbias y de fondos limosos.

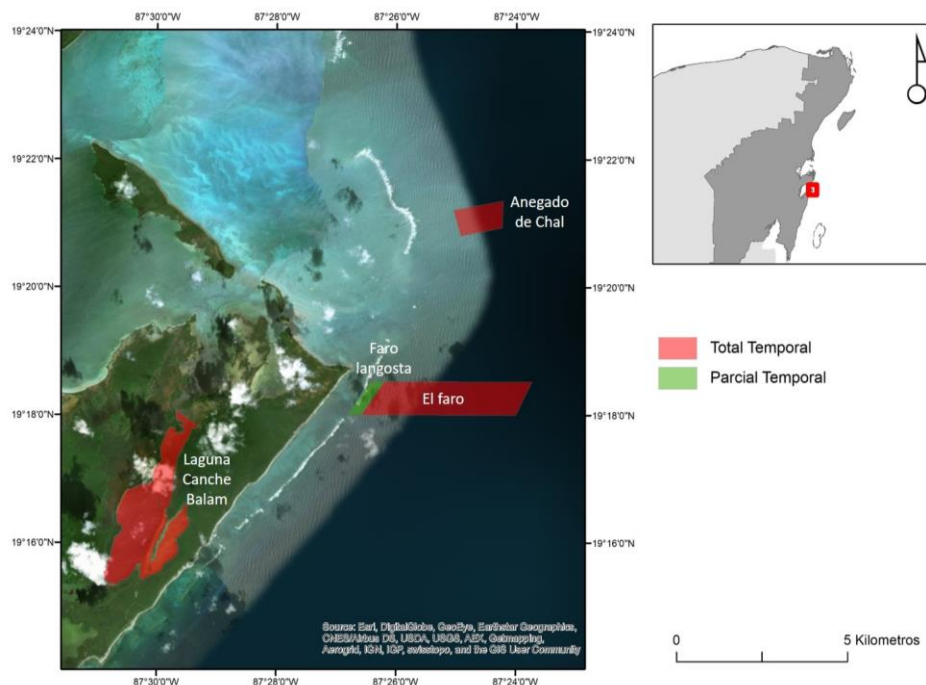


Figura 1. Ubicación de los refugios pesqueros de la Cooperativa José María Azcorra en Punta Herrero, Quintana Roo, México.

¿Qué son las Zonas de Refugio Pesquero?

Son áreas delimitadas en las aguas de jurisdicción federal, con la finalidad primordial de conservar y contribuir, natural o artificialmente, al desarrollo de los recursos pesqueros con motivo de su reproducción, crecimiento o reclutamiento, así como preservar y proteger el ambiente que lo rodea. Las zonas de refugio pesquero contribuyen a recuperar la biodiversidad y la salud del ecosistema. Existen incluso beneficios pesqueros: cuando el número de animales dentro del refugio aumenta, estos empiezan a repoblar las zonas de pesca cercanas.

Metodología

En marzo del 2012 Comunidad y Biodiversidad A.C. (COBI) capacitó y certificó a nueve pescadores de la SCPP José María Azcorra en buceo autónomo, para enseñarles las técnicas de monitoreo que COBI implementa. Estas técnicas de monitoreo están basadas en técnicas ya establecidas (Hernández Velasco et al. 2018). La Tabla I muestra un resumen de las técnicas de monitoreo que se emplean en los refugios pesqueros de la Cooperativa José María Azcorra, agrupadas en cinco categorías: peces, especies comerciales, corales cobertura béntica e invertebrados. En cada sitio, refugio y control (Figura 2) se realizan 10 transectos de peces, 10 de invertebrados, seis de corales y seis de cobertura béntica. También se realiza el monitoreo de especies comerciales mediante la técnica de buzo errante (Hernández Velasco et al. 2018). En el Faro, el monitoreo solo se realiza con la técnica de buzo errante, en los puntos Faro Norte y Faro Sur, debido a que las condiciones de profundidad y los límites de descompresión del buceo autónomo no permiten llevar a cabo la técnica de monitoreo con transectos.

Tabla I. Resumen de las técnicas de monitoreo de los refugios pesqueros

Técnica	Método	Observaciones
Peces	Transecto de banda. El buzo nada 30 metros horizontales, registra peces en una banda de 2 metros de ancho y alto.	Se identifican especies de peces de interés comercial y ecológico. Se estiman tallas y abundancias.
Especies Comerciales	Buzo Errante. Una pareja de buzos nadan 30 minutos alrededor del sitio. Registran peces e invertebrados.	Se identifican y estiman tallas de peces e invertebrados de mayor interés comercial en la zona.
Corales	El buzo registra todo los corales que tocan la línea del transecto de 30 metros.	Se identifican, miden y estiman daños y enfermedades de los corales duros.
Cobertura Béntica	Transecto de punto intercepción. El buzo registra el tipo de cobertura del fondo del mar cada 25 cm en el transecto de 30 metros, de acuerdo a categorías de grupos bénticos definidas con base en su rol ecológico.	Se identifica el tipo de sustrato que se encuentra exactamente debajo de los puntos marcados en la línea del transecto.
Invertebrados	Transecto de banda. El buzo nada 30 metros horizontales y registra los invertebrados en una banda de 2 metros de ancho.	Se identifican especies y grupos de invertebrados claves de la lista de monitoreo. Hay especies comerciales y de importancia ecológica.

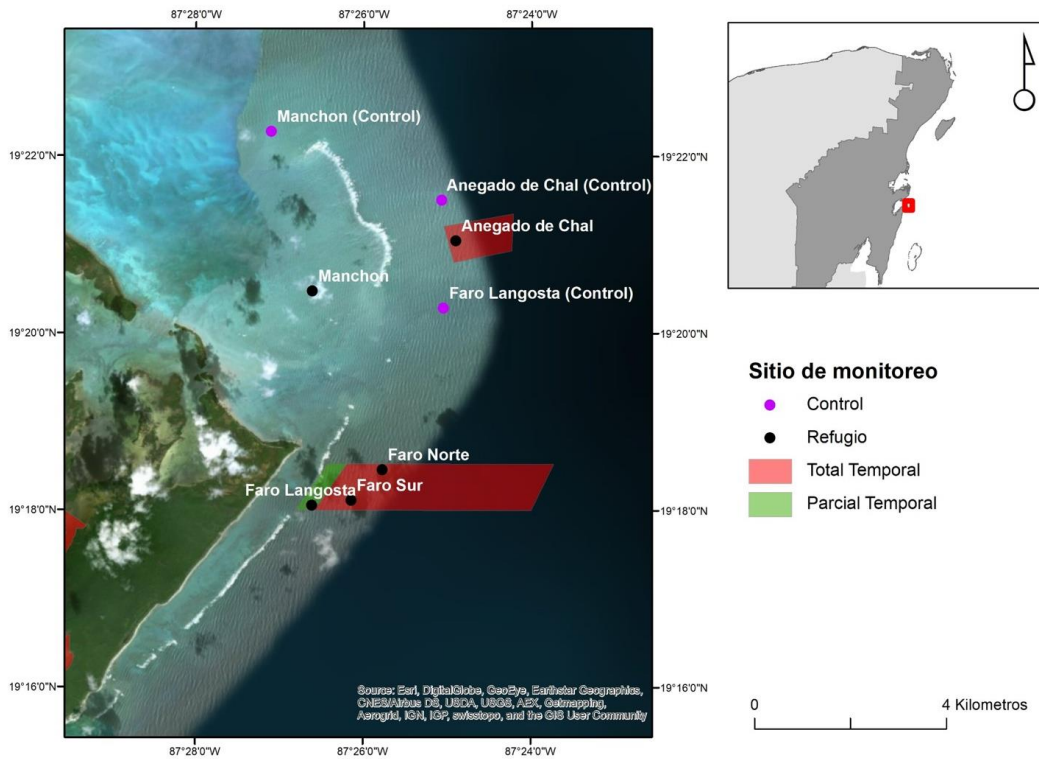


Figura 2. Ubicación de los puntos de monitoreo dentro de los refugios pesqueros de la Cooperativa José María Azcorra en Punta Herrero, Quintana Roo, México. Se indica también la ubicación de la reserva comunitaria “Manchón” y su sitio control.

Cada pescador está capacitado para realizar dos de los cuatro diferentes censos (además del monitoreo de especies comerciales con buceo errante). Se trabaja en parejas para respetar los estándares de seguridad del buceo y para completar la recolección de datos. Con el monitoreo que COBI lleva a cabo, se obtiene información que permite conocer el estado de los refugios e identificar los cambios que tienen con el paso del tiempo, además, permite comparar los cambios del refugio contra su respectivo sitio control (Tabla II).

Tabla II. Importancia de monitorear una ZRP

¿Por qué es importante lo que monitoreamos?		
Peces	Número de Peces	En un refugio pesquero exitoso queremos ver un aumento en el número de peces, particularmente los peces de interés comercial.
	Tamaño	Si dejamos de pescar en un área debemos empezar a ver peces más grandes y mayor cantidad de estos.
	Biomasa	Los peces más grandes son peces de mayor peso. Tamaño y biomasa están relacionados.
Corales y Cobertura Béntica	Cobertura de Coral y Algas	En un arrecife saludable queremos ver una alta cobertura de corales y una baja cobertura de algas carnosas.
	Especies de Corales	Un arrecife saludable tendrá una gran variedad de especies de coral duro.
	Enfermedades y daños	Un arrecife con corales con enfermedades es una señal de un arrecife dañado.

Invertebrados	Número de langostas	En un refugio pesquero exitoso queremos ver un aumento en el número de langostas.
	Número de erizos	Los erizos ayudan a controlar el crecimiento de algas en el arrecife. Muchos erizos liberan espacio en el arrecife y dejan espacio para el crecimiento de los corales.

Entrenamiento de monitores comunitarios

Es muy importante que los datos que se recolecten en el monitoreo sean de la mejor fidelidad posible. En algunas ocasiones existen dudas sobre la fiabilidad o calidad de los datos que pueden tomar los socios comunitarios (pescadores o voluntarios) durante las campañas de monitoreo. Sin embargo, científicos han realizado estudios que respaldan que los datos de monitoreo tomados por personas que no son biólogos, son fiables² y hoy en día existen muchos proyectos de conservación y monitoreo que colaboran con voluntarios para recabar datos³. Aunado a esto, los buzos comunitarios son las personas ideales para realizar las actividades de monitoreo de los refugios, ya que el objetivo principal del monitoreo es identificar especies de interés comercial (por ejemplo la langosta o el mero), y ¿quién podría ser más capaz que un pescador que conoce la zona a la perfección y ha dedicado toda su vida a la búsqueda de estas especies?

Como parte del protocolo de monitoreo, el staff de COBI realiza evaluaciones a los buzos antes de cada monitoreo. Se hacen ejercicios de práctica de estimación de tallas con la ayuda de peces de plástico de tamaño conocido (Figura 3). Se coloca el pez de plástico dentro del agua y se fija al sustrato; el buzo nada a máximo dos metros de distancia del pez de plástico para estimar la talla y lo registra. Posteriormente fuera del agua, se comparan las estimaciones del pescador con las tallas exactas del pez.



Figura 3. Ejercicio de estimación de tallas con peces de plástico de tamaño conocido.

² Mumby et al. 1995; Darwall y Dulvy 1996; Pattengill-Semmens y Semmens 1998; Harding et al. 2000; Hassell et al. 2013 ; Fulton et al. 2013

³ Reef Check www.reefcheck.org; AGRRA www.agrra.org; REEF www.reef.org;

En la Figura 4 se muestran los resultados del ejercicio de estimación de tallas de peces que hicieron los buzos de Punta Herrero dentro del agua y la comparación con la talla exacta de los peces. El borde negro de las barras representa la talla exacta del pez. La columna de color representa la estimación del buzo. El color verde oscuro significa que se estimó la talla en la categoría correcta. El color verde claro significa que se estimó en una categoría menor de talla. El color gris representa la falta de datos. Los buzos de Punta Herrero han aprobado el ejercicio, estimando de forma correcta la talla de los peces. En algunos casos la diferencia fue mínima y esto colocó los valores de tallas en la categoría inferior inmediata, lo cual indica que se debe trabajar más con los buzos para mejorar la estimación de tallas.

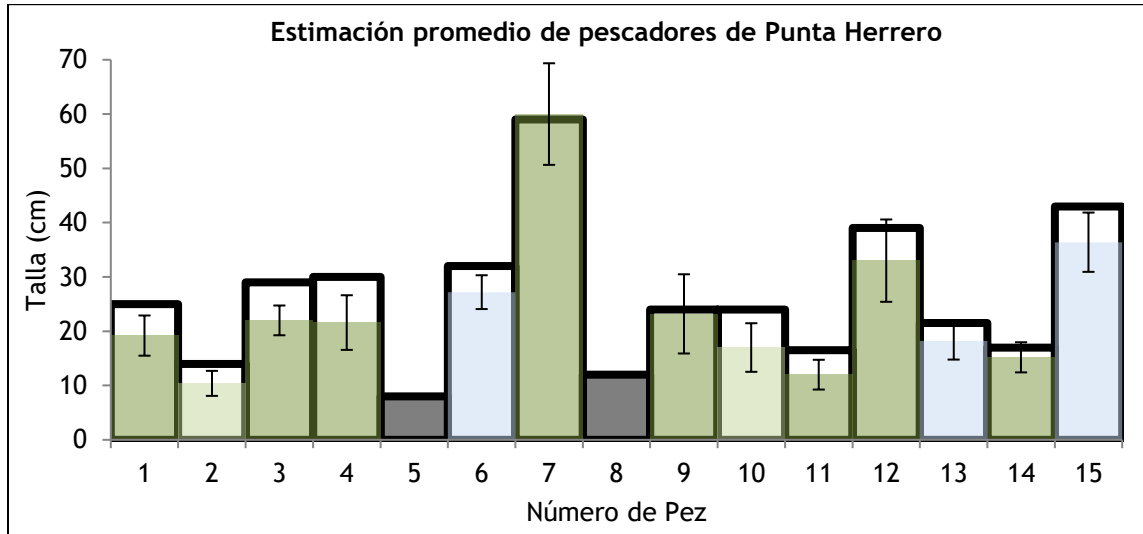


Figura 4. Evaluación de las capacidades de los buzos de la cooperativa José María Azcorra en el monitoreo de peces y estimación de tallas.

Resultados

Generales

En esta sección se presenta un resumen de los datos de interés particular de los refugios pesqueros Faro Langosta y Anegado de Chal, y la reserva comunitaria Manchón. Debido a que el Faro se monitorea con la técnica de buceo errante y no con transectos como los otros tres refugios, los resultados no son equiparables y serán presentados en una sección posterior específica para el refugio. Los resultados del monitoreo comprenden el periodo de 2012 (línea base) a 2017. Durante el periodo de vigencia de las ZRP se espera observar algunos cambios en la diversidad. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que algunos cambios en los ecosistemas marinos, como el aumento de la cobertura de coral, no ocurren a corto plazo. No obstante, el presente reporte evidencia los cambios registrados principalmente en la abundancia de especies de peces e invertebrados de interés comercial.

Las campañas de monitoreo que se realizaron en Punta Herrero fueron seis: noviembre de 2012, abril de 2013 (los datos de buceo errante para 2013 se tomaron en octubre), marzo de 2014, abril de 2015, abril de 2016 y septiembre de 2017. Se recabaron datos en ocho sitios de monitoreo (cinco dentro de los refugios y tres dentro de los sitios control). Para todos los sitios

se tomaron datos año con año, sin embargo en Anegado de Chal solo se recabaron datos en tres campañas de monitoreo debido a que el mal tiempo no lo permitió en todas.

Aun cuando los refugios se decretaron en septiembre de 2013, se tomó la campaña de noviembre de 2012 como la línea base ya que contar con datos de una serie de tiempo más amplia nos permitió identificar con mayor facilidad el estado inicial de los sitios y los cambios que pudieron haber ocurrido dentro de los refugios, posteriormente a su establecimiento. Participaron al menos 10 buzos monitores comunitarios y siete capitanes, con sus respectivas embarcaciones; y se contó con el apoyo del personal administrativo de la RBSK para el desarrollo de las actividades.

Cada sitio de monitoreo dentro del refugio pesquero o área de no pesca de la RBSK tiene un sitio control ubicado fuera del refugio (a excepción del Faro, en donde se monitorean dos puntos, Norte y Sur). El control debe ser un sitio biológica y físicamente parecido al área de refugio pesquero pero abierto a la pesca. Se usa el control para conocer si los cambios que estamos observando dentro del refugio son causados por la no pesca o por alguna otra razón.

En todo este tiempo de monitoreo se logró registrar: a) 26,393 peces en 318 transectos, b) 1,539 invertebrados en 339 transectos, c) 1,975 corales en 173 transectos, d) 21,120 registros de sustrato en 176 transectos y e) 25 buceos errantes.

De las 27 especies de corales en la lista de monitoreo, de 2012 a 2017, solo para 16 de ellas se registraron más de dos colonias (Figura 5): para tres especies se registraron más de 50 colonias, para cinco especies se registraron más de 15 colonias y para ocho especies, entre tres y 13 colonias. Las especies más abundantes tanto en refugios como en sitios control fueron *Agaricia agaricites* (31%), *Porites sp.* (20%) y *Siderastrea siderea* (12%).

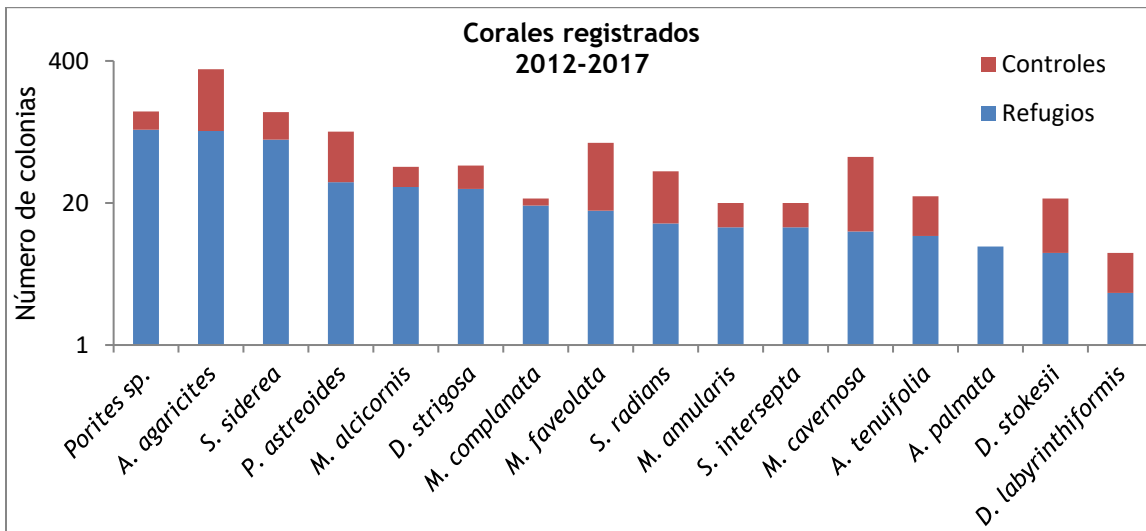


Figura 5. Especies de corales con al menos dos colonias registradas en la RBSK, del periodo 2012-2017, en Faro Langosta, Anegado de Chal y Manchón (Refugios) y sus respectivos sitios control (Controles).

En el caso de los invertebrados clave, los erizos fueron los más registrados dentro de los refugios (985 individuos), seguido por las langostas (141 individuos) y camarón boxeador (87 individuos) (Figura 6).

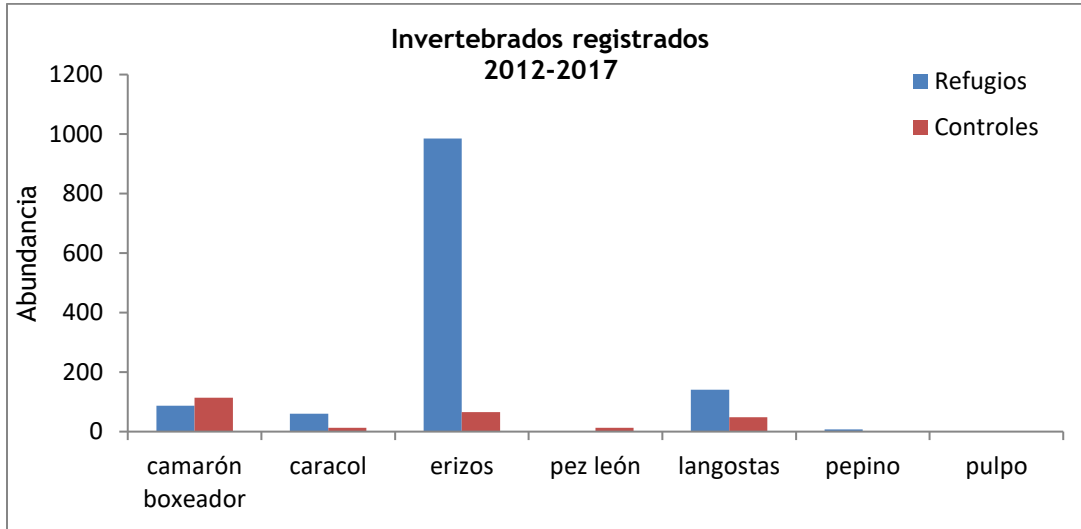


Figura 6. Especies de invertebrados registrados en la RBSK, del periodo 2012-2017, en Faro Langosta, Anegado de Chal y Manchón (Refugios) y sus respectivos sitios de control (Controles).

Los datos de sustrato recabados dentro de los refugios y sitios control sugieren, de forma general, una cobertura de 61% de macroalgas, 8% de elementos abióticos (escombro, pavimento y arena), 7% de coral duro y 7% de algas calcáreas.

Los datos que los buzos monitores registraron durante el monitoreo de los sitios indican que la biomasa total de peces ha disminuido en los tres refugios (Figura 7). Sin embargo, en el sitio control del Manchón se registró un aumento de biomasa en los dos últimos años de monitoreo, con respecto a la línea base. Estos datos pueden ser indicios de un efecto de desborde de peces del refugio al control.

No obstante a la disminución de biomasa total de peces dentro de los refugios, el Manchón fue el sitio en el que se registró la mayor biomasa total de peces año con año y en 2012, como línea base, se registró la mayor biomasa (280 g/m²) de todo el periodo de monitoreo 2012-2017.

¿Qué es “Biomasa Total”?

Biomasa total es la suma de la biomasa (o peso) de todos los peces que los buzos registran en un sitio. Se mide en gramos por metro cuadrado (g/m²). Se usa biomasa como un indicador, más que el número de peces, porque la biomasa no solo toma en cuenta el número de peces sino también su tamaño.

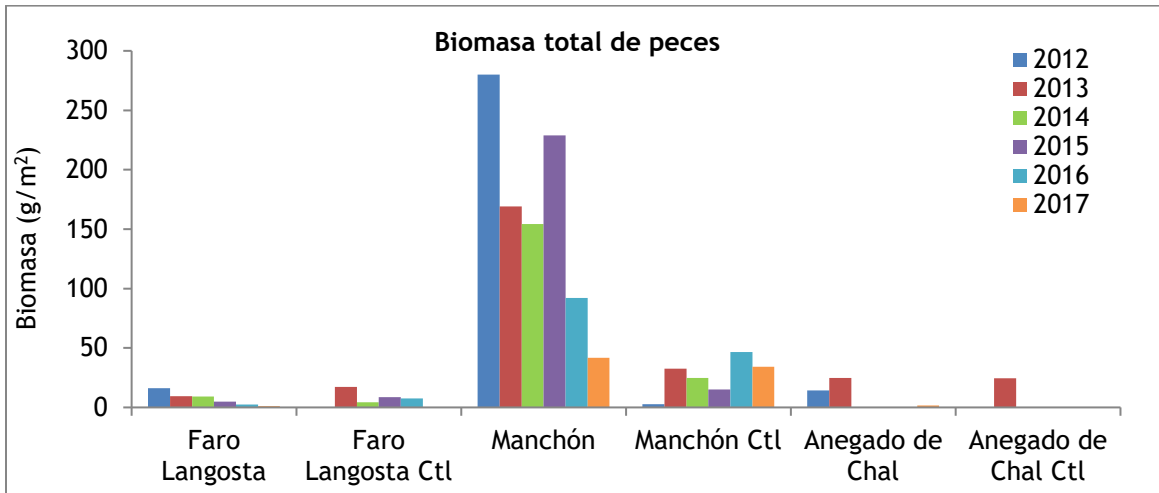


Figura 7. Biomasa total de peces de todas las especies registradas en los sitios de monitoreo. Incluye las ZRP dentro de la RBSK, la reserva comunitaria y sus respectivos sitios control (Ctl).

La biomasa de peces de interés comercial, meros (*Serranidae*) y pargos (*Lutjanidae*), fue menor dentro de los refugios que dentro de los sitios control (Figura 8). 2013 fue el año en que se registró la mayor biomasa de meros y pargos, tanto en refugios como sitios control (23.8 y 31.7 g/m², respectivamente). Estos datos reflejan principalmente un aumento de pargos y no de meros. En años posteriores la biomasa de meros y pargos disminuyó, al igual que la biomasa total de peces (Figura 7).

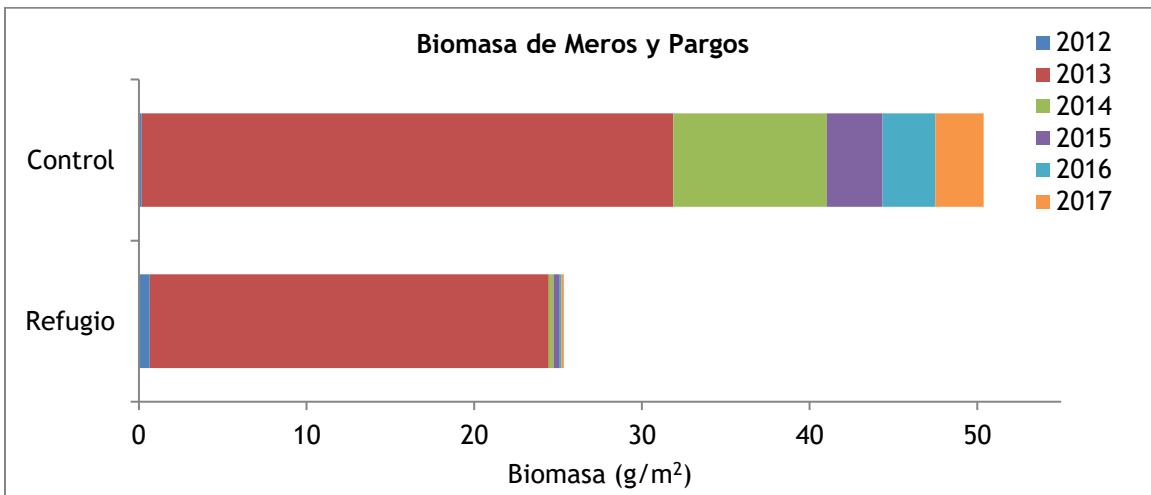


Figura 8. Biomasa de meros (*Serranidae*) y pargos (*Lutjanidae*) en refugios y sitios control, de 2012-2017.

En la Tabla III se especifica de forma independiente y más detallada, la biomasa de meros y pargos. Los datos indican que en Faro Langosta la biomasa de meros fue mayor que la biomasa de pargos en los dos años posteriores al decreto de los refugios, y menor, en 2016 y 2017. En Anegado de Chal la biomasa de meros fue mayor que la de pargos en todos los años en que se recabó información y solo en 2013 los buzos registraron pargos. Finalmente, en el Manchón la biomasa de pargos fue mucho mayor que la biomasa de meros en todos los años de monitoreo. Además, el Manchón fue el sitio en que se registró el mayor número de peces comerciales, casi en su totalidad fueron pargos.

Tabla III. Número de meros y pargos, y su biomasa, de 2012 a 2017 dentro de los refugios pesqueros. (ND= datos no recabados).

		Numero de peces / gm ²					
		2012	2013	2014	2015	2016	2017
Faro Langosta	Meros	0 / 0	1 / 0.10	4 / 0.28	6 / 0.33	0 / 0	1 / 0.08
	Pargos	5 / 0.30	0 / 0	0 / 0	0 / 0	5 / 0.13	5 / 0.06
Anegado de Chal	Meros	1 / 0.33	19 / 5.05	ND	ND	ND	1 / 0.01
	Pargos	0 / 0	6 / 6.10	ND	ND	ND	0 / 0
Manchón	Meros	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	1 / 0.01	0 / 0
	Pargos	86 / 14.40	374 / 30.63	366 / 23.00	563 / 29.43	530 / 12.20	154 / 8.87

Zona de Refugio Pesquero el Faro y Faro Langosta

Los refugios el Faro y Faro Langosta se localizan sobre una zona de cantil, en que aumenta la profundidad conforme se aleja de la costa (Figura 9). El refugio Faro Langosta comienza en la cresta arrecifal y termina a 400 metros de la costa, a una profundidad de aproximadamente 12 metros. A partir de ahí comienza la zona profunda, que abarca las aguas hasta donde termina la concesión de la cooperativa. Es en esta zona profunda donde se localiza el refugio el Faro. La pesca de langosta está permitida en la parte somera.



Figura 9. Ubicación de los puntos de monitoreo de Faro Langosta y El faro (Norte y Sur).

Aunque el Faro Langosta está ubicado en la zona arrecifal, la zona es de baja complejidad. Probablemente debido a los impactos de huracanes, especialmente del huracán Dean en el 2007, la zona tiene una baja cobertura de corales y las colonias que hay son pequeñas. En el pasado la zona soportó una cobertura de coral más alta, principalmente del coral cuerno de alce (*Acropora palmata*).

El Faro empieza a los 12 metros de profundidad y la sección entre los límites seguros del buceo está dominada por gorgonias, hasta una profundidad de 20 metros; a partir de allí predominan las esponjas grandes. Las esponjas están orientadas con la fuerte corriente en dirección de sur a norte. El sitio es conocido por sus agregaciones reproductivas de peces (meros y cabrillas) y también cuenta con números altos de peces grandes, como la palometa (*Trachinotus falcatus*) y varias especies de jurel (*Caranx latus*, *Caranx bartholomaei*).

Agregaciones reproductivas de peces

Utilizando equipo de batimetría, en enero de 2013 y enero de 2014 se recorrió en embarcación el área de estudio, registrando la profundidad y coordenadas. En la Figura 10 se muestra el recorrido realizado durante varias horas de trabajo; las líneas negras están formadas por miles

de puntos individuales donde el equipo batimétrico registró la profundidad. En total son 256,318 registros de profundidad. Utilizando estos datos y un software de SIG (Sistemas de Información Geográfica) se pudo elaborar un mapa tridimensional del área (Figura 11).

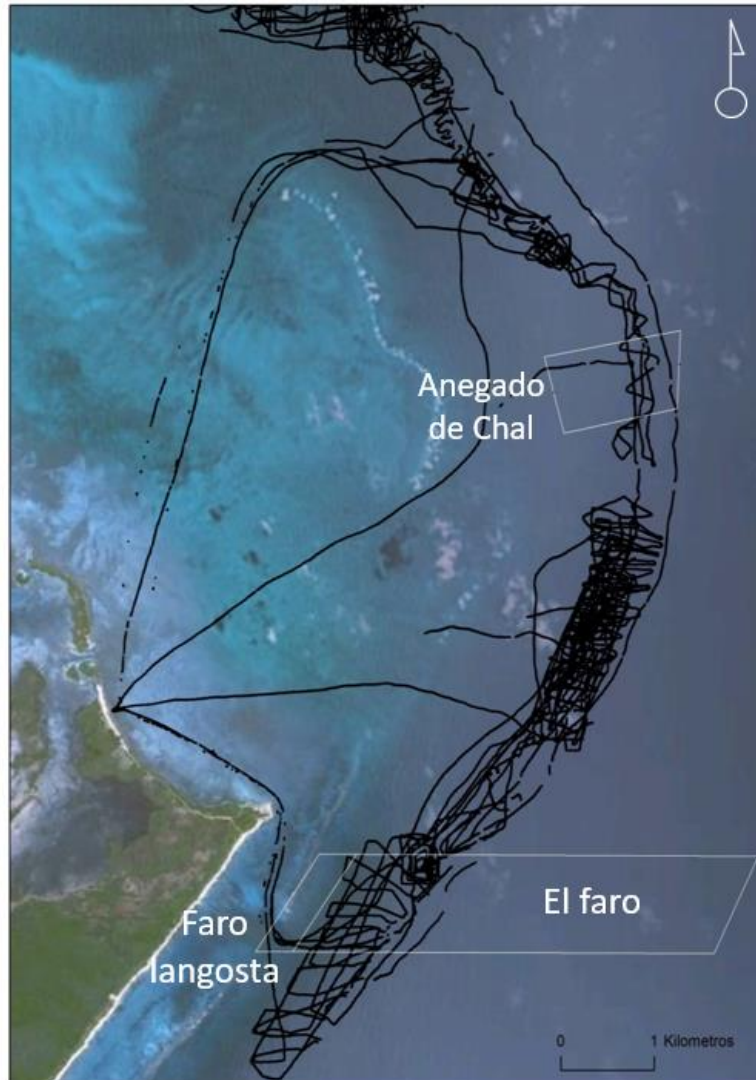


Figura 10. Rutas de las embarcaciones durante el registro de datos batimétricos en enero de 2013 y enero de 2014. Las líneas están formadas por puntos individuales; cada uno representa un registro de profundidad.

El levantamiento batimétrico adaptable es el método con el cual se crean mapas batimétricos de los sitios de agregación utilizando una sonda de haz simple.

Con ayuda de una embarcación se hace un recorrido sobre la zona donde se ha reportado la agregación y se levantan datos de profundidad y estructura del fondo, procurando capturar gran densidad de puntos en las áreas en que la pendiente varía rápidamente (en la pared o cantil).

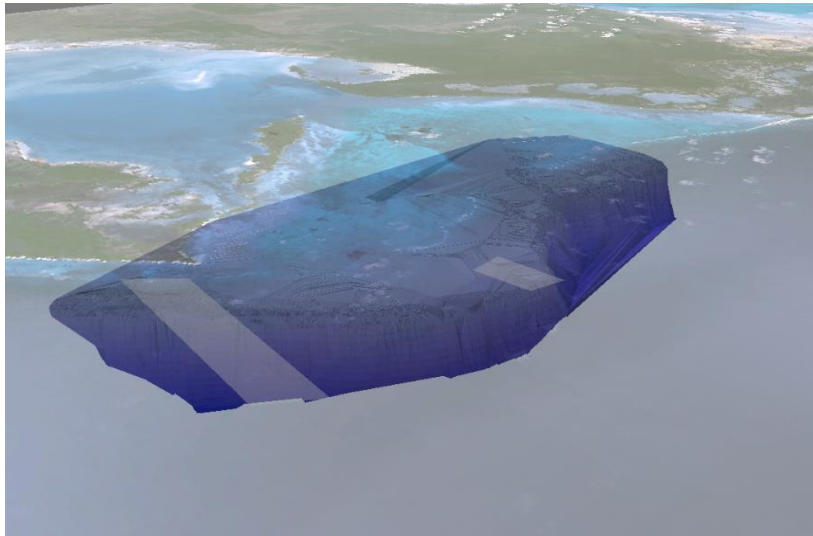


Figura 11. Mapa batimétrico de la parte profunda frente a Punta Herrero. Las áreas blancas son los refugios pesqueros. El mapa no incluye los sitios de agregaciones ya que la información es potencialmente sensible.

El Faro y Anegado de Chal fueron establecidos como refugios con el conocimiento de que en sus zonas profundas protegerían sitios de agregaciones reproductivas de peces, aunque el sitio donde los peces desovan puede moverse en el tiempo. El último estudio de estas agregaciones fue en el 2009⁴. Después de la declaración de los refugios pesqueros, los pescadores volvieron a monitorear los sitios de agregación para definir exactamente el sitio de desove y evaluar el impacto de los refugios sobre los peces presentes.

Un componente importante en el estudio de los sitios de agregación son los mapas batimétricos. Comúnmente las agregaciones se encuentran cerca de las caídas a aguas más profundas, llamadas “cantiles”. Para poder localizar un cantil y conocer más de los refugios, en enero de 2012 los pescadores comenzaron a mapear diferentes sitios, en colaboración con COBI y el Dr. William Heyman, un experto en agregaciones de peces.

En enero de 2014 todo el trabajo del año anterior dio resultados. El fish finder sonó, marcando un cardumen de peces a una profundidad de entre 25 y 35 m. Cuando los buzos bajaron a investigar encontraron entre 30 y 50 meros (*Epinephelus striatus*) al pie de una pequeña pared (Figura 12). Los meros presentaban un cambio de coloración de café, a su color de reproducción, blanco y negro. Este sitio está ubicado fuera de los refugios, pero en los siguientes días los buzos encontraron una agregación más grande de mero en El Faro, justo en el sitio que fue reportado en el estudio previo. En este sitio se encontraron más meros (entre 50 y 100 individuos) y en los siguientes dos meses, unos días después de la luna llena, el equipo de monitoreo volvió a observar los meros en el mismo sitio. Además, en marzo de 2014 los buzos notaron la presencia de muchas cabrillas aleta amarilla, también con colores de reproducción.

⁴ ASK y COBI, 2010

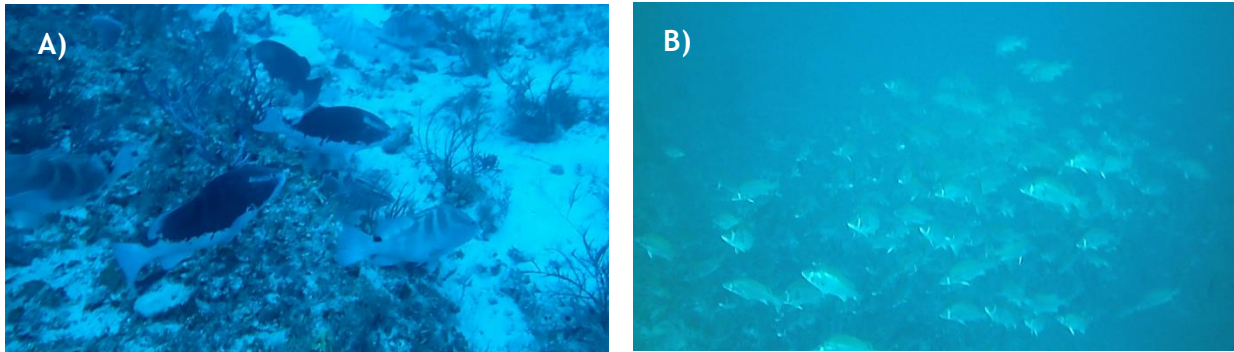


Figura 12. Agregaciones reproductivas de peces avistadas. A) Cambios de coloración asociados al desove en *Epinephelus striatus*. B) Agregación de *Lutjanus jocu* (Lutjanidae).

En el refugio Anegado de Chal no se ha podido verificar la presencia de la agregación de pargo llorón reportada en el 2009, pero se espera ver resultados distintos durante próximos monitoreos. Cabe mencionar que entre los dos refugios se encontró otro sitio de agregación de pargo llorón (Figura 12) que actualmente no está protegido. En varias ocasiones los buzos vieron un cardumen de entre 500 y 1,000 pargos, y en una ocasión pudieron documentar al desove.

a) El Faro

Especies de Interés Comercial

Este refugio es monitoreado solo con la técnica de buzo errante, debido a que abarca un área de 428 hectáreas y de esta forma, se puede hacer un muestreo más representativo en la zona. Además las condiciones de profundidad y los límites de descompresión del buceo autónomo no permiten llevar a cabo la técnica de monitoreo con transectos. Se monitorean dos puntos dentro del refugio: Norte y Sur. Se registran las especies de interés comercial durante un buceo de 30 minutos (Hernández Velasco et al. 2018) y los datos que se obtienen son las especies y el número de individuos de cada especie (peces, invertebrados, rayas y tiburones). Los monitores registran principalmente peces (Tabla IV), pero también langosta (*Panulirus argus*) y caracol (*Lobatus gigas*). La técnica de buzo errante no es tan exacta como las técnicas de monitoreo con transectos, porque, aunque cada buceo es de 30 minutos, los buzos no siempre abarcan la misma distancia.

Tabla IV. Grupos de peces que los monitores registran tanto en buceo errante como en transectos

Nombre Científico	Nombre Común	¿Interés Comercial?
<i>Lachnolaimus sp.</i>	Boquinete	Sí
Haemulidae	Chac-chi	Algunas
Acanthuridae	Lancero	No
Scaridae	Loro	No
Chaetontidae	Mariposa	No
Serranidae	Mero y Cabrilla	Sí
Lutjanidae	Pargo	Sí

<i>Pterois sp.</i>	Pez León	Sí
“Plateado”	Jurel, Baracuda, Sierra, Palometa, Coronado, etc.	Sí

El punto de monitoreo Faro Norte está ubicado cerca del sitio de agregaciones reproductivas de peces, mientras que el punto Faro Sur, está ubicado al límite Sur del refugio. Se ha observado que el área Sur es más diversa que el área Norte, sin embargo en el punto Norte se han registrado más peces grandes, como la palometa, abadejo e inclusive la cherna (*Epinephelus itajara*).

En el Faro Norte se registró un aumento de la biomasa total de peces en 2014, al año siguiente del decreto de los refugios; y esta ha ido disminuyendo y aumentando año con año a partir de entonces. En el Faro Sur, la biomasa total de peces disminuyó en 2014 y en 2015 aumentó considerablemente, sin embargo, para 2016 de nuevo volvió a disminuir y en 2017 solo aumentó muy poco con respecto al valor registrado en 2016.

De 2012-2017, en el Faro Norte el grupo de peces que más registraron los buzos monitores comunitarios fue el de los plateados, seguido por los xcochines y los pargos (Figura 13). En este punto de monitoreo se registraron meros de las especies *Epinephelus striatus* (mero), *Epinephelus guttatus* (cabrilla payaso), *Mycteroperca bonaci* (abadejo), *Mycteroperca venenosa* (cabrilla grande) y *Mycteroperca phenax* (escobillo). Los peces plateados registrados fueron principalmente jurel ojón (*Caranx latus*), chopo (*Kyphosus sectatrix*) y palometa (*Trachinotus falcatus*). Se registraron muy pocas langostas y solo un caracol.

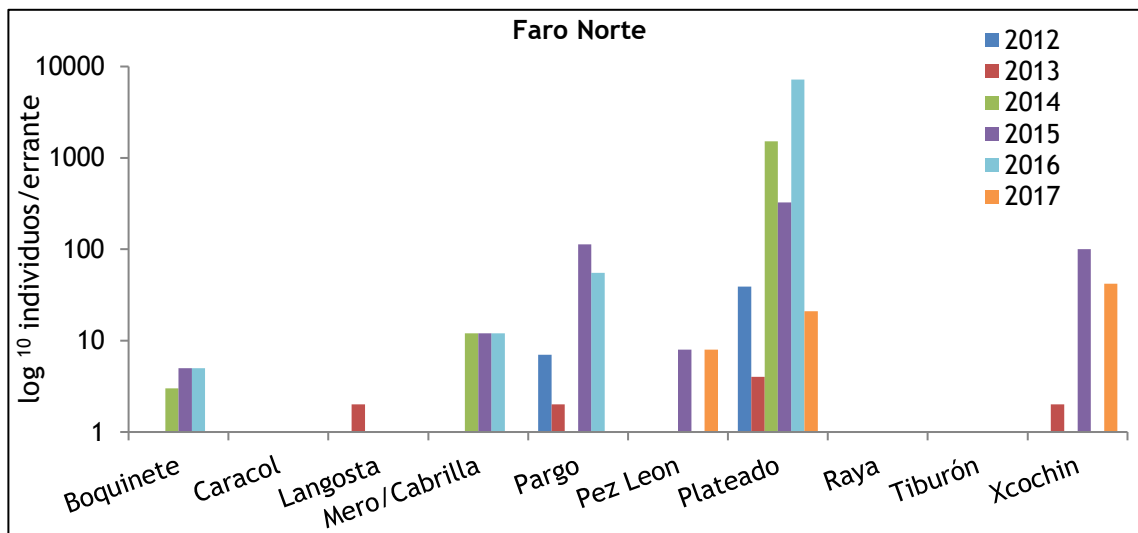


Figura 13. Especies de interés comercial observadas durante el buceo errante en el sitio de monitoreo Faro Norte. Se presentan los datos de abundancia en escala logarítmica.

En el Faro Sur, de 2012-2017, el grupo de peces más registrado fue el de los xcochines, seguido por meros y cabrillas, y plateados (Figura 14). Los buzos monitores registraron principalmente las especies de xcochines *Balistes vetula*, *Melichthys niger* y *Canthidermis sufflamen*; meros *Epinephelus guttatus* y *Epinephelus striatus*; cabrilla *Cephalopholis fulva*; plateado *Caranx ruber* y boquinete *Lachnolaimus maximus*. Se registraron pocas langostas y en este sitio se observó mucho más caracol que en el Faro Norte.

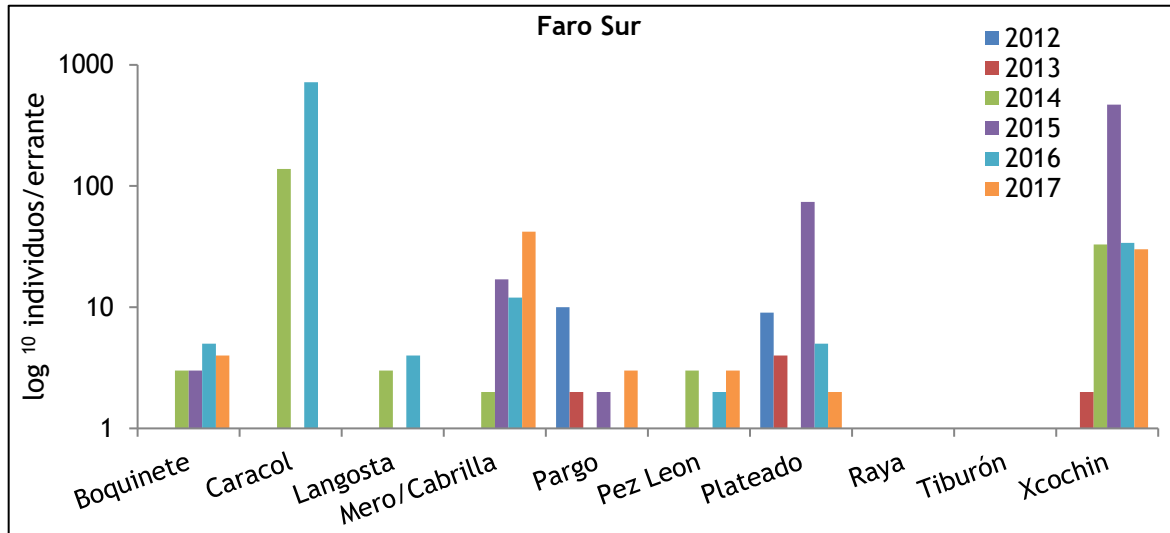


Figura 14. Especies de interés comercial observadas durante el buceo errante en el sitio de monitoreo Faro Sur. Se presentan los datos de abundancia en escala logarítmica.

El punto de monitoreo Faro Norte está ubicado cerca del sitio de agregaciones reproductivas de peces, mientras el punto de monitoreo Faro Sur está ubicado al límite sur del refugio. Hemos observado que el área sur es más diversa que el área norte, debido principalmente al tipo de hábitat relacionado con la profundidad, sin embargo, el sitio Norte tiene más peces grandes, como la palometa (*Trachinotus falcatus*), abadejo (*Mycteroperca bonaci*) e inclusive la cherna (*Epinephelus itajara*).

b) Faro Langosta

Peces

Los datos de monitoreo de Faro Langosta indican que el sitio es poco diverso en peces, ya que no solo presenta baja biomasa de peces de interés comercial, sino también de peces arrecifales como loros, lanceros y chac-chi. La biomasa total de peces dentro del refugio ha disminuido: la línea base comenzó con 16.3 g/m² y a partir de entonces, ha ido disminuyendo año con año, hasta llegar a una biomasa total de 1.2 g/m² en septiembre de 2017. La biomasa total de peces dentro del sitio control también ha disminuido, de 17.2 a 7.5 g/m², y aun cuando es mayor que dentro del refugio, se ha observado una tendencia similar en ambos respecto a la disminución año con año. Cabe destacar que la cobertura de coral en el sitio es muy baja y refleja baja complejidad estructural (Figura 15).



Figura 15. Cobertura de coral del refugio Faro Langosta.

La complejidad de un sitio es importante porque los huecos y cuevas ofrecen refugios y áreas seguras a los peces para esconderse de los depredadores. Cuando no existen estos lugares, no se encuentran muchos peces pequeños, y como consecuencia, al no existir presas tampoco se encuentran peces más grandes. Esta situación no es un resultado directo de la sobreexplotación de los recursos pesqueros, ya que los mismos pescadores han reportado que en el sitio no hay mucha langosta debido a esta escasez de refugios, y que la zona es solo un área de transición por donde se desplaza la langosta. Tampoco se puede atribuir la disminución de la biomasa de peces al efecto de la pesca, dado que tanto en el refugio como en el control, se observó una tendencia similar de disminución gradual año con año. Sin embargo, se espera observar en un futuro aumentos de la biomasa total de peces.

En la biomasa de peces por grupos, dentro del refugio, se observó la misma tendencia de disminución gradual año con año (Figura 16). El grupo de los chac-chi fue el único para el que se registró una disminución más drástica. Cabe destacar que para el grupo de meros y cabrillas se registró un aumento de biomasa gradual de 2013-2015, sin embargo ésta disminuyó a partir de 2016.

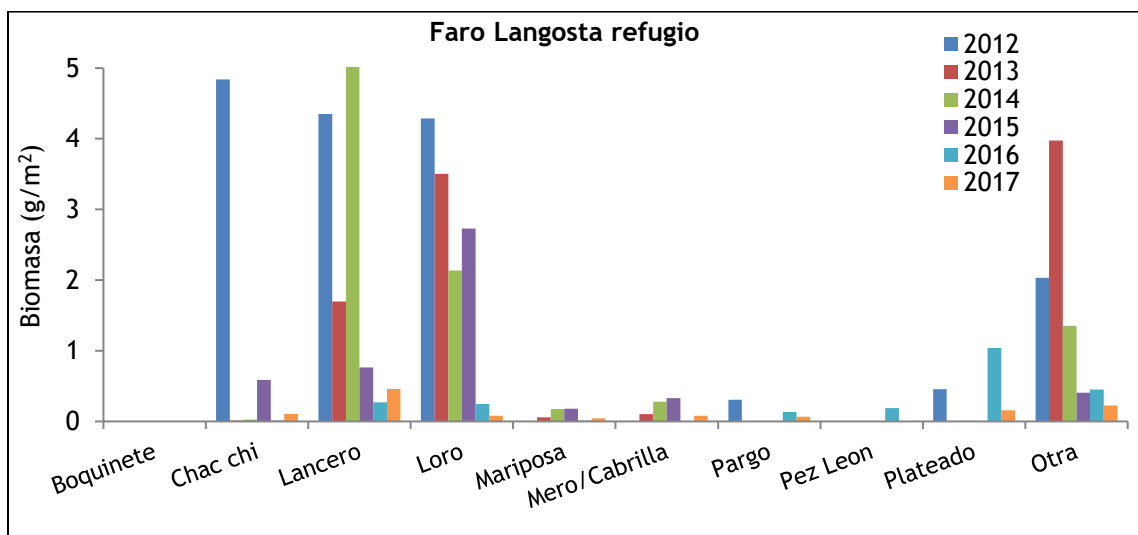


Figura 16. Biomasa de peces por familia para el Refugio Faro Langosta.

Dentro del sitio control, se registraron variaciones en las biomásas de peces por grupo (Figura 17). Los datos de 2017 no se presentan debido a que por condiciones de clima adverso no fue posible levantar los datos. Para el grupo de los lanceros, la biomasa registrada de 2013-2014 se había mantenido similar, sin embargo en 2015 ésta disminuyó y para 2016 volvió a aumentar. Para los chac-chi, se registró un aumento gradual de su biomasa de 2013-2015, sin embargo, comenzó a disminuir en 2016. Los grupos de peces comerciales en los que se registraron disminuciones más drásticas de su biomasa fueron los meros y cabrillas, y los plateados.

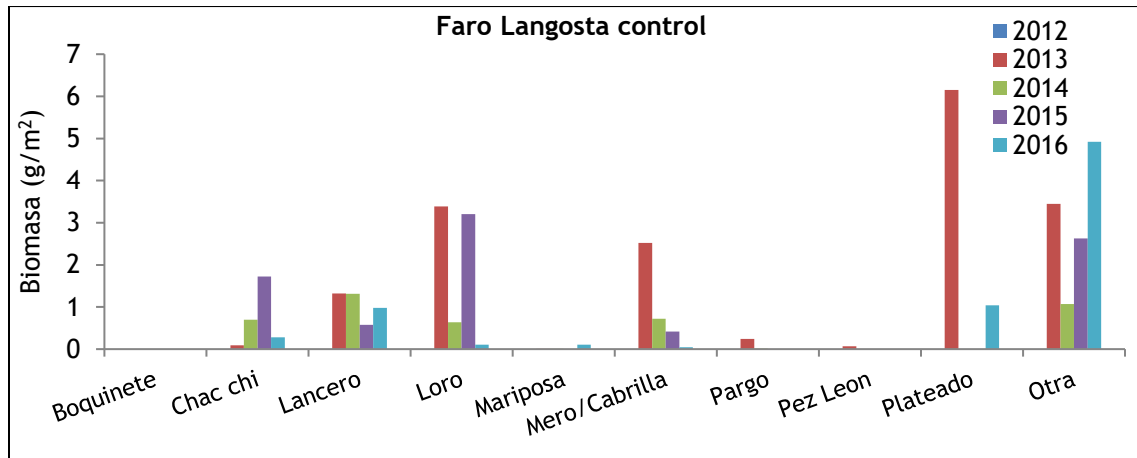


Figura 17. Biomasa de peces por familia para el sitio control de Faro Langosta.

Especies de Interés Comercial

Dentro del refugio Faro Langosta se llevó a cabo el monitoreo con la técnica de buzo errante en dos años: 2012 y 2014 (Figura 18). En el primer año, los buzos registraron 152 individuos de interés comercial, entre los que se incluyen 38 langostas y 97 pargos principalmente canchic (*Lutjanus apodus*) y rubia (*Ocyurus chrysurus*). Para 2014 solo se registraron cuatro individuos en total; una barracuda (*Sphyraena barracuda*), un pargo lunar (*Lutjanus analis*) y dos cabrillas pequeñas. El monitoreo de noviembre de 2012 se realizó un año antes del decreto del refugio pesquero y en una época diferente a la del año del monitoreo en marzo 2014.

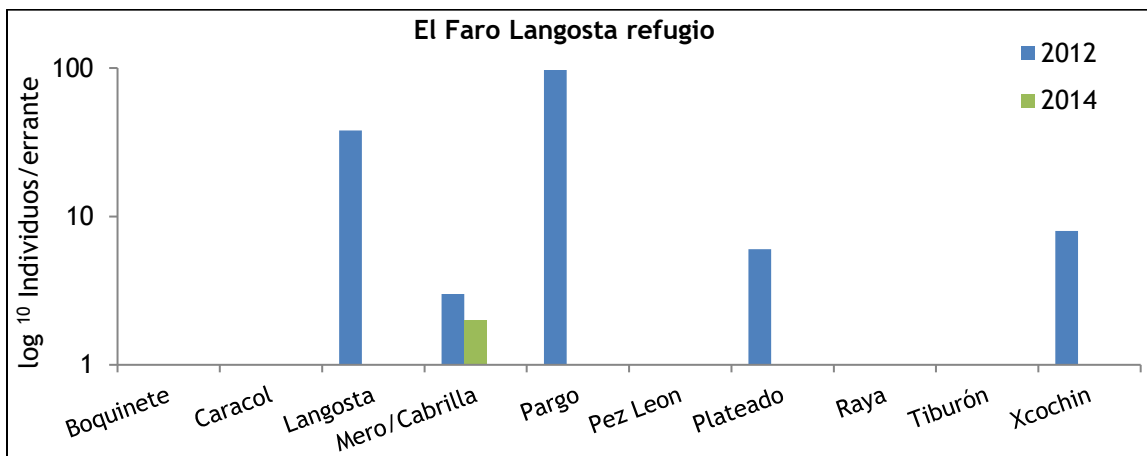


Figura 18. Especies de interés comercial observadas durante el buceo errante en el Faro Langosta. Los datos se presentan en escala logarítmica para que puedan ser comparables entre sí.

En el sitio control de Faro Langosta se registraron datos en dos años, 2013 y 2014 (Figura 19). En 2013 el grupo más registrado fue el de los meros y cabrillas (12 peces), seguido por plateados, pargos y xcochines (los tres, con seis peces cada uno); se registraron seis langostas. Para el año siguiente, el número de meros y cabrillas aumentó más del doble (28 peces), y el registro de xcochines también aumentó de forma considerable (69 peces). En 2014 también se registraron muchas más langostas que en el año 2013 (21 langostas).

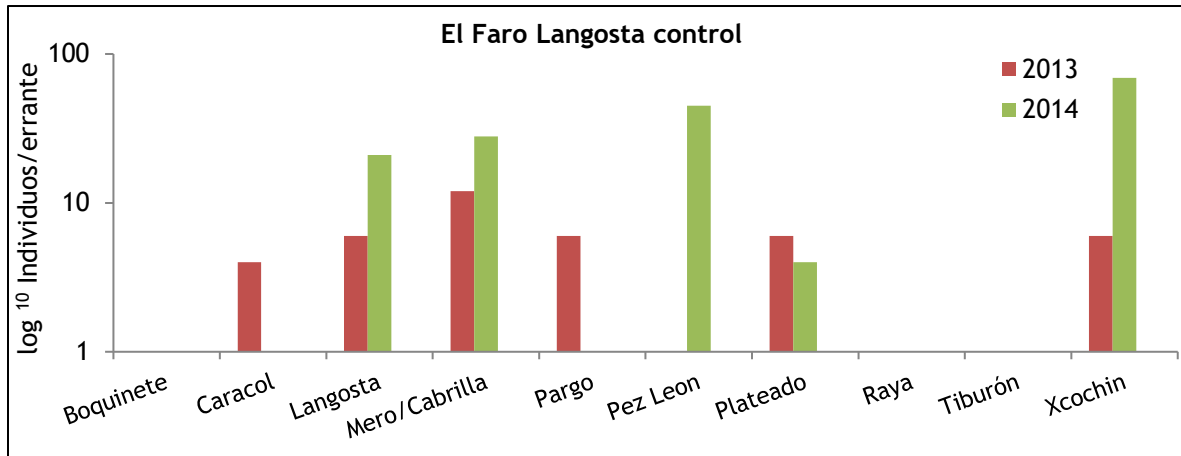


Figura 19. Especies de interés comercial observadas durante el buceo errante en el sitio control del Faro Langosta. Los datos se presentan en escala logarítmica para que puedan ser comparables entre sí.

Invertebrados

Una señal positiva para la recuperación del sitio Faro Langosta es la densidad del erizo de largas espinas *Diadema antillarum* (Figura 20). La población de este erizo disminuyó mucho durante los años 80 debido a una enfermedad y apenas se está empezando a recuperar en algunas partes del Caribe. Esta especie de erizo ayuda a controlar la cobertura de algas en el arrecife. La densidad promedio de 2012-2017 en el refugio fue de 161 erizos por hectárea y fue mayor que en el sitio control (112 erizos/hectárea). Se registraron bajas densidades de los demás invertebrados de interés comercial, tanto en el refugio como en el sitio control. Se encontró poca langosta y poco caracol en general, sin embargo, en 2016, se reportó la mayor densidad de caracol (533 individuos/hectárea), dentro del refugio. Cabe mencionar que en esta área la pesca de langosta está permitida por lo que no se espera ver cambios en la población.



Figura 20. *Diadema antillarum* (erizo de largas espinas).

Corales y Cobertura Béntica

El promedio de cobertura de coral duro en el refugio Faro Langosta, de 2012-2017, es bajo (3.31%), comparado con el promedio de cobertura reportado para el Caribe⁵ o el de la Reserva de Sian Ka'an⁶. La cobertura de macroalgas (algas carnosas y tapetes de algas mezclados con sedimento) es extremadamente alta y ha aumentado en cada periodo de monitoreo, tanto en el refugio (Figura 21), como en el sitio control (Figura 22). Con la ausencia de altas densidades de peces loros y lanceros, es poco probable que la cobertura de macroalgas disminuya a corto plazo. Cabe mencionar que este es un sitio impactado por huracanes y por ello, ha estado expuesto a diversas perturbaciones ambientales.

Tabla V. Tipos de organismos que cubren el fondo.

Nombre	Descripción	¿Bueno o malo para el arrecife?
Coral Blando	Corales suaves que se mueven con las corrientes.	Bueno
Coral Duro	Corales duros. Parecen piedras pero son animales.	Bueno
Esponja	Pueden ser esponjas incrustantes o erectas.	Depende de la especie
Macroalgas	Algas carnosas o suaves, que crecen individualmente o como tapetes.	Malo en altas densidades
Algas Calcáreas	Algas pequeñas con hojas duras.	Malo en altas densidades
Algas Coralinas	Algas que crecen de forma incrustante y parecen piedras.	Bueno

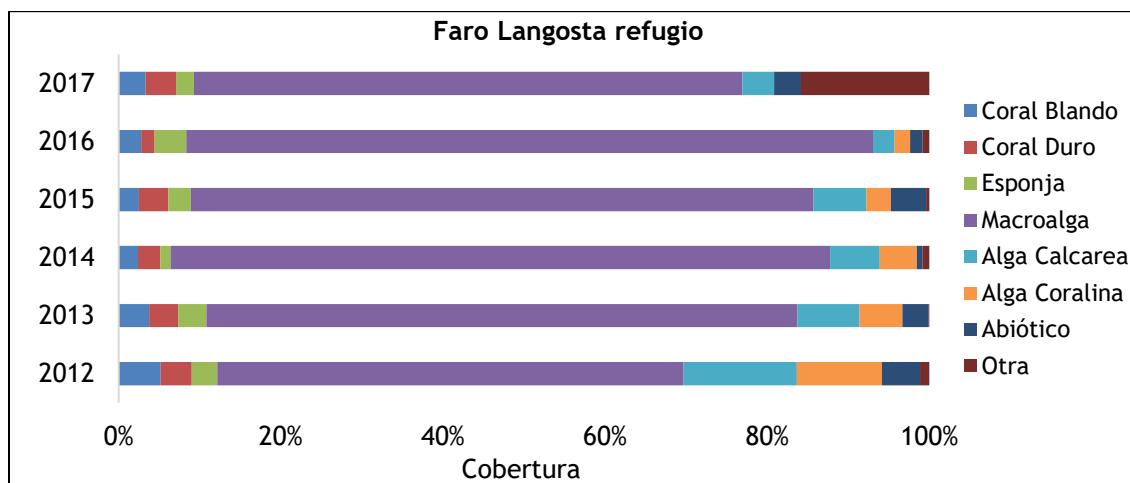


Figura 21. Cobertura béntica en el refugio Faro Langosta, de 2012 a 2017.

⁵ Gardner et al. 2003

⁶ RBASK-PROMOBI, 2011

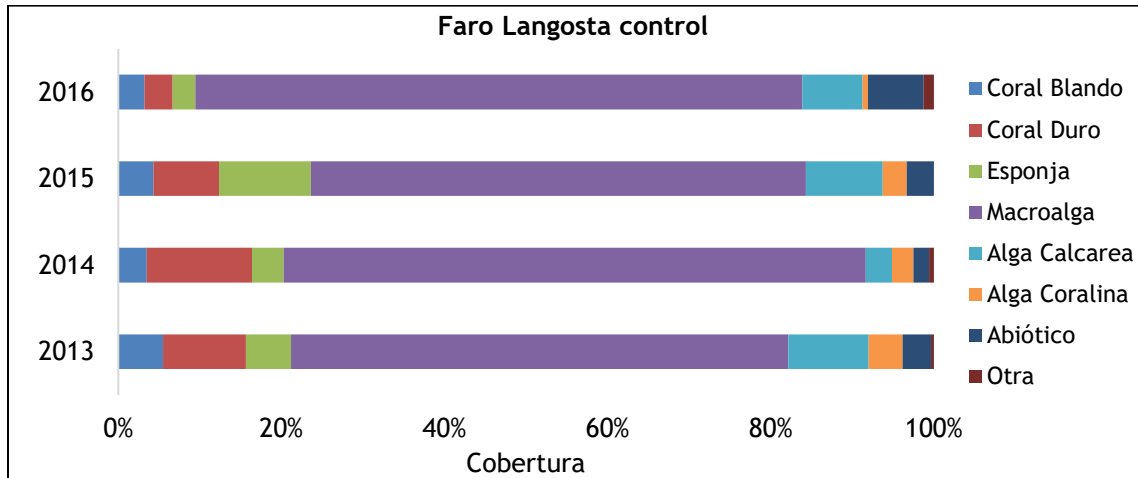


Figura 22. Cobertura béntica en el sitio control de Faro Langosta, de 2013 a 2016. No se presentan los datos de 2012 y 2017 debido a que por cuestiones de mal tiempo, no se pudo llevar a cabo el monitoreo.

Las especies de corales duros más comunes en el refugio Faro Langosta fueron aquellas más resistentes a los cambios, como el coral de bola (*Siderastrea siderea*), el coral de lechuga (*Agaricia agaricites*) y el coral de coliflor (*Porites astreoides*) (Figura 23). En promedio los buzos registraron 36 colonias de coral duro en el monitoreo. Las colonias registradas por lo general fueron pequeñas debido a las perturbaciones que han experimentado.

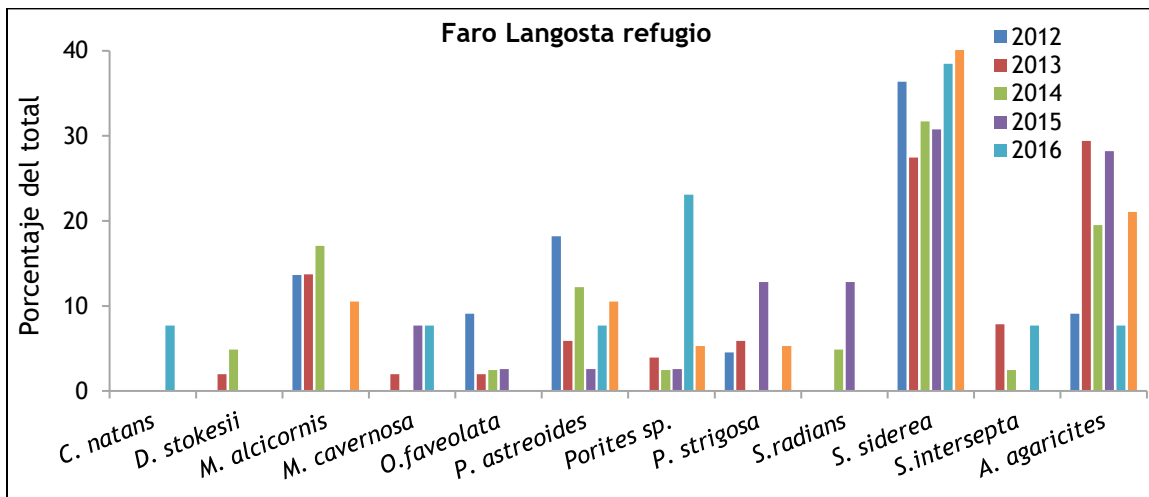


Figura 23. Abundancia de corales dentro del Refugio Faro Langosta, en términos de porcentaje.

El Faro Langosta control, ubicado al norte del refugio, tiene una distribución de especies muy parecida al refugio; aunque con una cobertura de coral promedio más alta (8.65%), muy cercana a la cobertura de coral promedio reportada para la región. De 2012 a 2017 los buzos registraron en promedio 43 colonias de coral. Las especies más registradas fueron las mismas que en el refugio, aunque no con el mismo porcentaje de cobertura: el coral de lechuga (*Agaricia agaricites*), el coral de bola (*Siderastrea siderea*) y el coral de coliflor (*Porites astreoides*) (Figura 24).

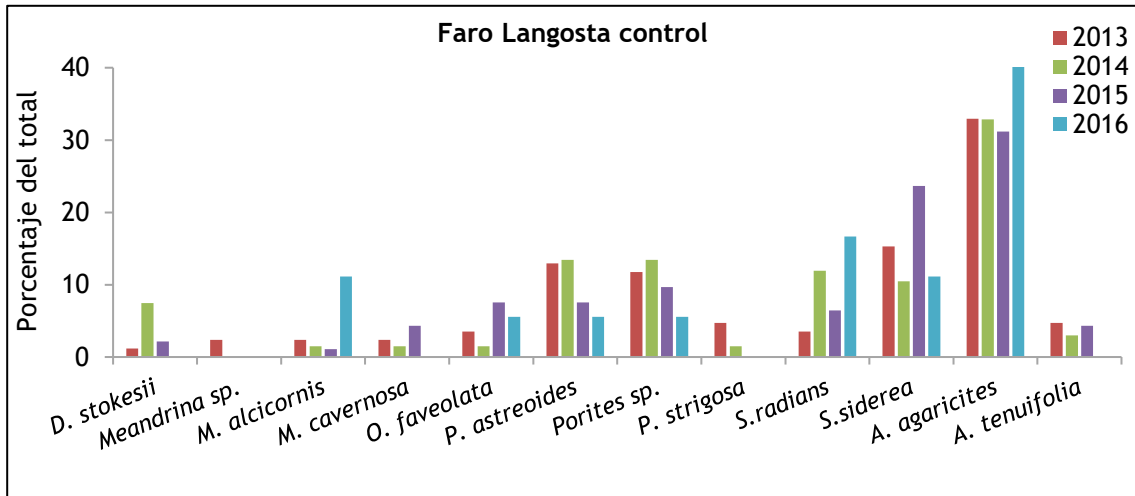


Figura 24. Abundancia de corales dentro del sitio control de Faro Langosta, en términos de porcentaje. No se muestra información de los años 2012 ni 2017 debido a que por cuestiones mal tiempo, no se pudo llevar a cabo el monitoreo.

c) Anegado de Chal

El refugio Anegado de Chal se decretó para proteger un sitio de agregación de pargo llorón (*Lutjanus jocu*) documentado en el 2009 por un equipo de pescadores de la cooperativa y buzos de COBI⁷. El refugio tiene una profundidad mínima de 20 metros y llega a más de 200 metros. El equipo de buzos de la cooperativa realizó dos monitoreos con transectos en el refugio para formar la línea base, uno en noviembre de 2012 y el siguiente, en abril de 2013. Sin embargo, en años posteriores no se continuó debido a que la profundidad se encuentra cerca de los límites del buceo seguro. Solo se llevó a cabo monitoreo con transectos hasta 2017, para cerrar la línea base, pero siempre respetando las reglas del buceo seguro. También se realizó monitoreo con la técnica de buzo errante, para identificar especies de interés comercial, en 2012, 2013, 2014 y 2015; los monitoreos de 2016 y 2017 no se pudieron llevar a cabo debido a que el mal tiempo impidió el trabajo en la zona.

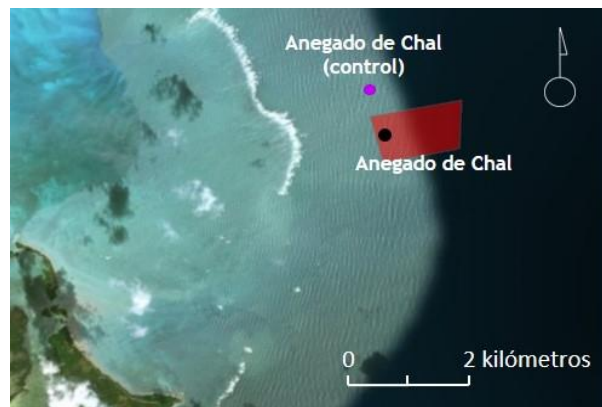


Figura 25. Ubicación de los puntos de monitoreo de Anegado de Chal (refugio y control).

Peces

El promedio de biomasa total registrado en el refugio Anegado de Chal, de 2012-2017, con el método de transectos, fue de 6.7 g/m². La biomasa promedio de peces de interés comercial

⁷ ASK/COBI

(pargos, meros y chac-chi) fue de 1.6 g/m². En particular, se observó un aumento de biomasa de chac-chi, meros y cabrillas, y pargos de 2012 a 2013, solo un año después del establecimiento del refugio; sin embargo, disminuyó en 2017 (Figura 26). El grupo de peces más registrado fue el de los plateados (112 peces), seguido por el de los chac-chi (60 peces).

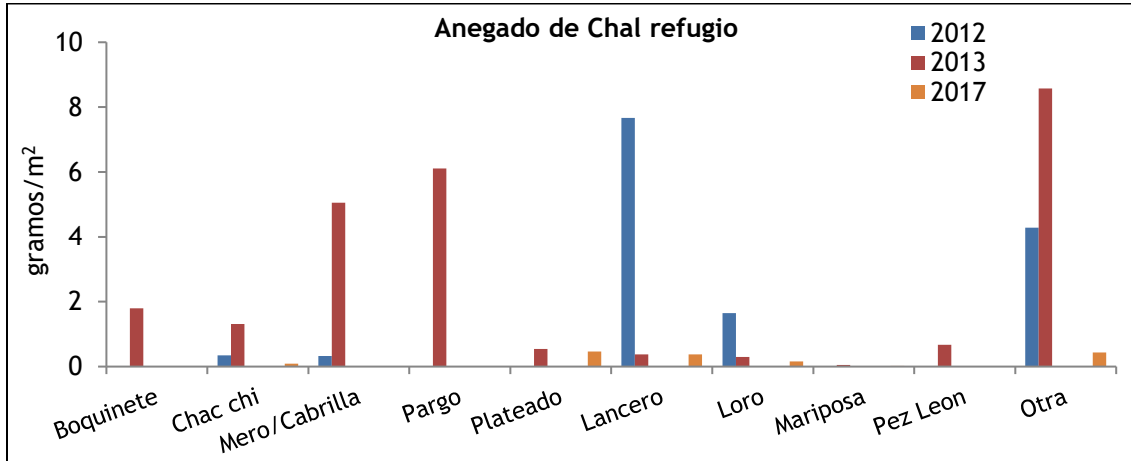


Figura 26. Biomasa de peces, por grupos, dentro del refugio Anegado de Chal, de 2012 a 2017.

Especies de interés comercial

Los resultados del monitoreo con la técnica de buzo errante indican que la familia de peces más común registrada en el refugio Anegado de Chal fue la de los xcochines (Figura 27). Las dos especies de xcochines más registradas fueron el xcochin azul (*Balistes vetula*) y el xcochin blanco (*Canthidermis sufflamen*). Los xcochines azules se encuentran comúnmente cerca del fondo del mar y los xcochines blancos en la columna de agua. Con esta metodología se detectó una mayor biomasa de meros y cabrillas, y pargos, que con el método de transectos. Sin embargo, también se registró una disminución de biomasa de meros y cabrillas de 2013 a 2015; no así para los pargos, para los cuales se mantuvo constante la biomasa reportada de 2012-2014 y se registró disminución en 2015.

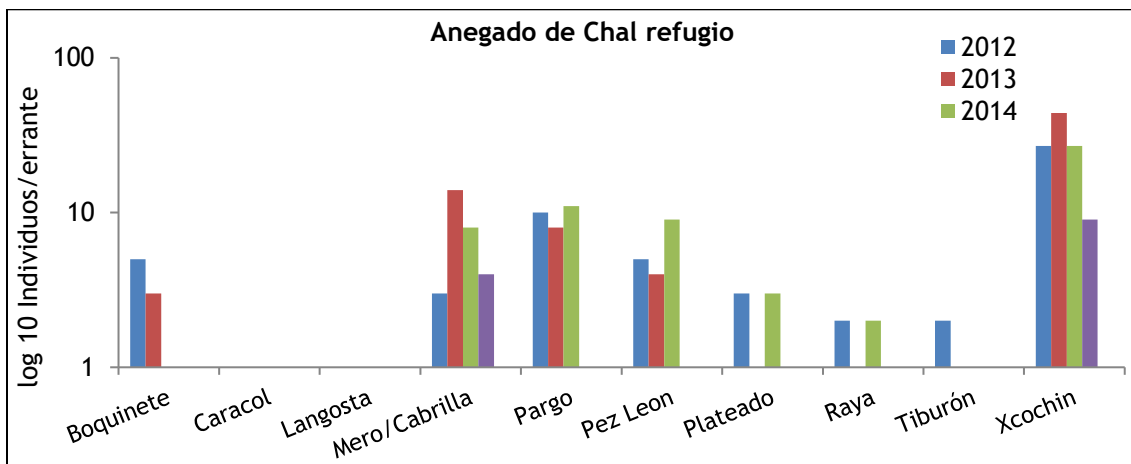


Figura 27. Grupos de interés comercial registrados en el refugio Anegado de Chal, de 2012 a 2017.

El refugio Anegado de Chal es el único donde se registraron varios boquinetes (*Lachnolaimus maximus*), con cinco individuos en 2012 y dos en 2013. Los boquinetes observados fueron ejemplares de gran tamaño (alrededor de 50 cm). En cada monitoreo los buzos registraron varias especies de mero; el mero del caribe (*Epinephelus striatus*) y el abadejo (*Mycteroperca bonaci*) fueron los más comunes.

Aunque el lugar es conocido como un sitio de agregación, hasta el momento no se ha podido encontrar de nuevo el sitio de desove de pargo que se encontró en el 2009. Cabe mencionar que los monitoreos no se realizaron en el periodo de desove de los pargos (mayo-julio), lo cual impidió recabar más información al respecto. Los pargos vistos en el refugio pertenecen a especies de talla grande, como el pargo llorón (*Lutjanus jocu*) y el pargo lunar (*Lutjanus analis*). En el sitio control se registró principalmente canchic (*Lutjanus apodus*).

El sitio control de Anegado de Chal se monitoreó con la técnica de buzo errante solo en 2013, 2014 y 2015 (Figura 28). El grupo más abundante fue el de los pargos, seguido por plateados, meros y cabrillas, y xcochines. La biomasa de pargos se mantuvo casi constante, mientras que la de meros y cabrillas, y xcochines, disminuyó; sin embargo, la biomasa de plateados que se registró en 2015 fue mucho mayor que la registrada en 2013 y más aún, que la registrada en 2014. En este sitio tampoco se registró caracol ni langosta.

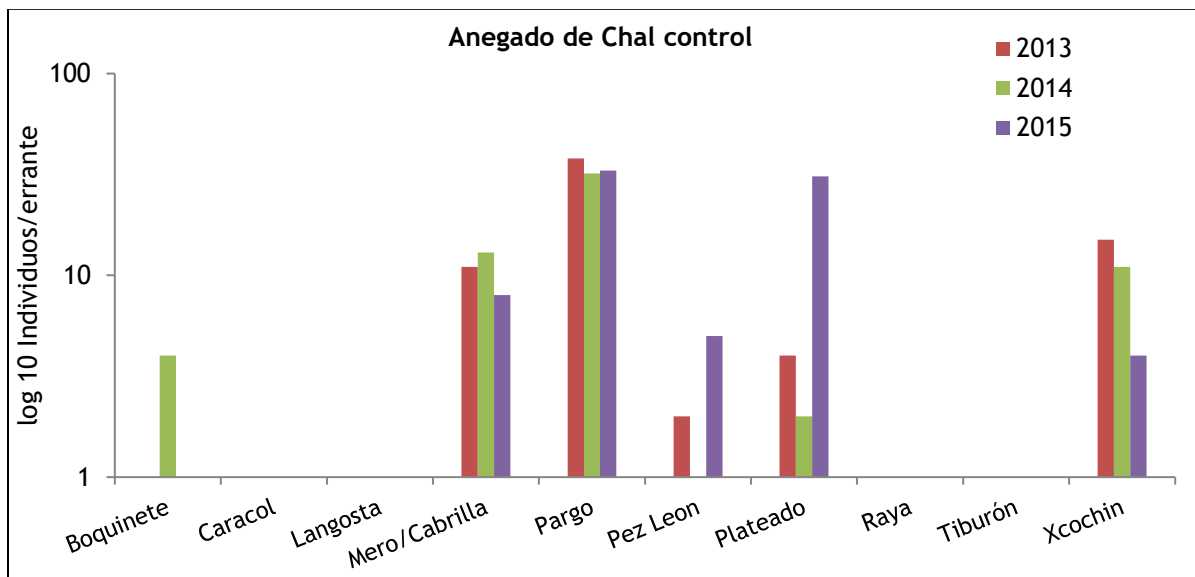


Figura 28. Grupos de interés comercial registrados en el sitio control de Anegado de Chal, de 2012 a 2017.

Invertebrados

El refugio Anegado de Chal no cuenta con una alta densidad de invertebrados de interés comercial, ya que las formaciones arrecifales con poca complejidad estructural no son favorables para la langosta ni para el caracol. Es muy poco probable que la baja densidad de estas especies se deba a la pesca, ya que en el sitio no se lleva a cabo porque lo impide la profundidad. Un suceso interesante que los buzos registraron en abril 2013, fue la presencia de una alta densidad de camarón boxeador (*Stenopus hispidus*). El camarón boxeador es un

camarón limpiador que vive en huecos del arrecife y se alimenta de los parásitos y bacterias de los peces. Una teoría de la presencia del camarón boxeador es que se encuentra en sitios con altas densidades de peces grandes (como los meros y pargos), ya que proveen servicio de limpieza a estas especies.

Corales y cobertura béntica

Los datos recabados sobre cobertura béntica, de 2012-2017, muestran que el refugio Anegado de Chal se encuentra dominado por macroalgas (macroalgas carnosas y tapetes algales con sedimento). En 2017 la cobertura de macroalgas llegó a 75% (Figura 29). El sitio no es un hábitat arrecifal; se registró muy poca cobertura de coral duro y de 2012 a 2017 disminuyó de 2.7% a 1.4%. No se presentan los datos de 2014-2016 debido a que el mal tiempo impidió llevar a cabo el monitoreo.

En el sitio control de Anegado de Chal se registró una cobertura de macroalgas mayor a 80%, en el único año que se pudo llevar a cabo el monitoreo, 2013 (Figura 30). Sin embargo, en el sitio control se registró una mayor cobertura de coral duro (9.7%) que en el refugio.

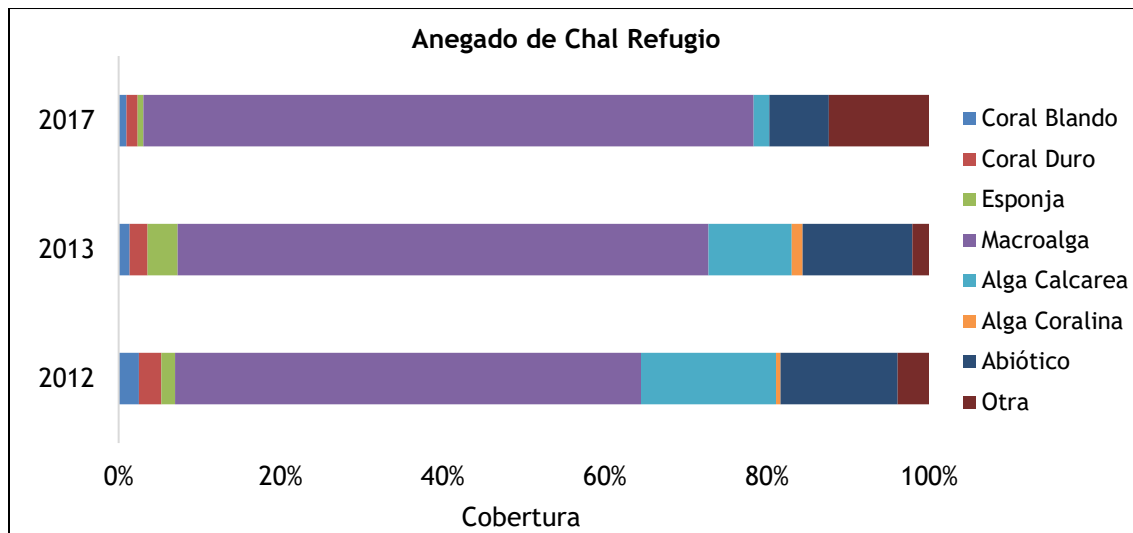


Figura 29. Cobertura del fondo marino en el refugio Anegado de Chal, de 2012-2017.

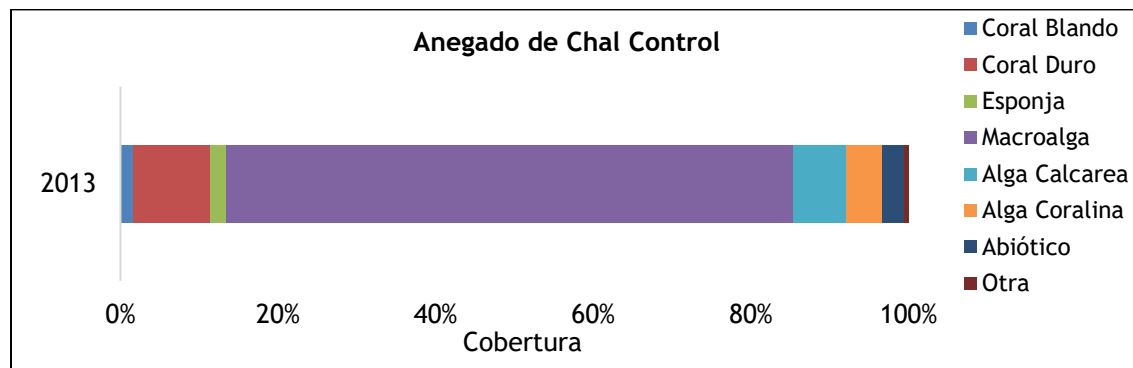


Figura 30. Cobertura del fondo marino en el sitio control de Anegado de Chal en 2013.

La diversidad de corales observada en el refugio Anegado de Chal fue baja (Figura 31). En noviembre de 2012 solo se encontraron cuatro especies de coral: coral de chipote (*Orbicella faveolata*), coral de bola (*Siderastrea siderea*), coral de panal (*Stephanocoenia intersepta*) y coral de lechuga (*Agaricia agaricites*). En abril 2013, solo se registraron cinco especies. El refugio está ubicado sobre la plataforma, antes de llegar al cantil y presenta poca complejidad y diversidad de corales. Sin embargo, debido a su ubicación cerca de las aguas profundas, existe una alta diversidad de peces grandes como los meros, pargos y xcochines. El sitio control presenta una cobertura y diversidad de coral duro más alta que el refugio. El sitio está dominado por el coral de chipote (*Orbicella faveolata*) que representa casi el 50 % de las colonias de coral (Figura 32).

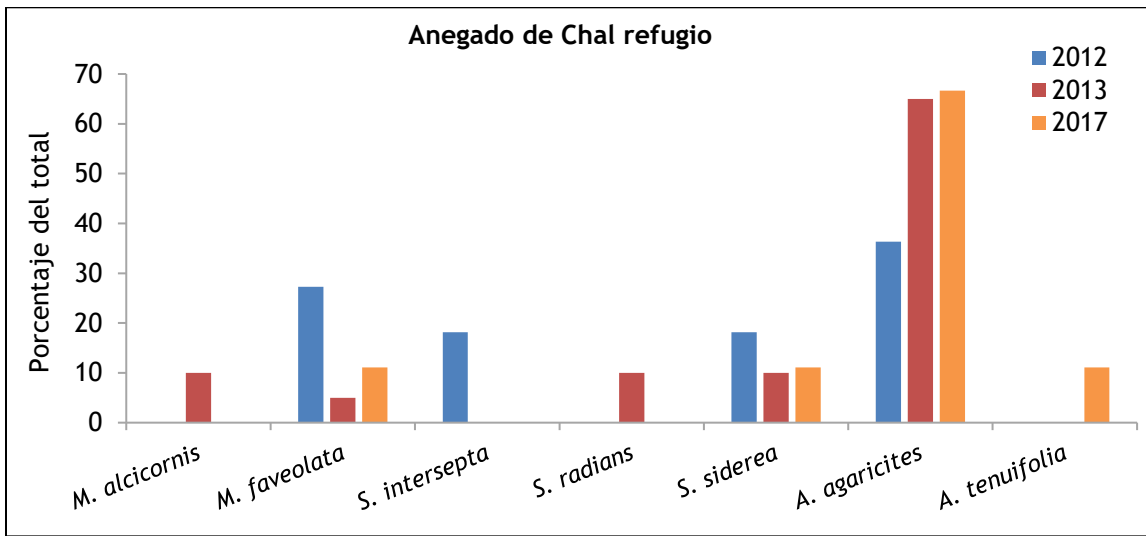


Figura 31. Especies de corales más abundantes en el refugio Anegado de Chal.

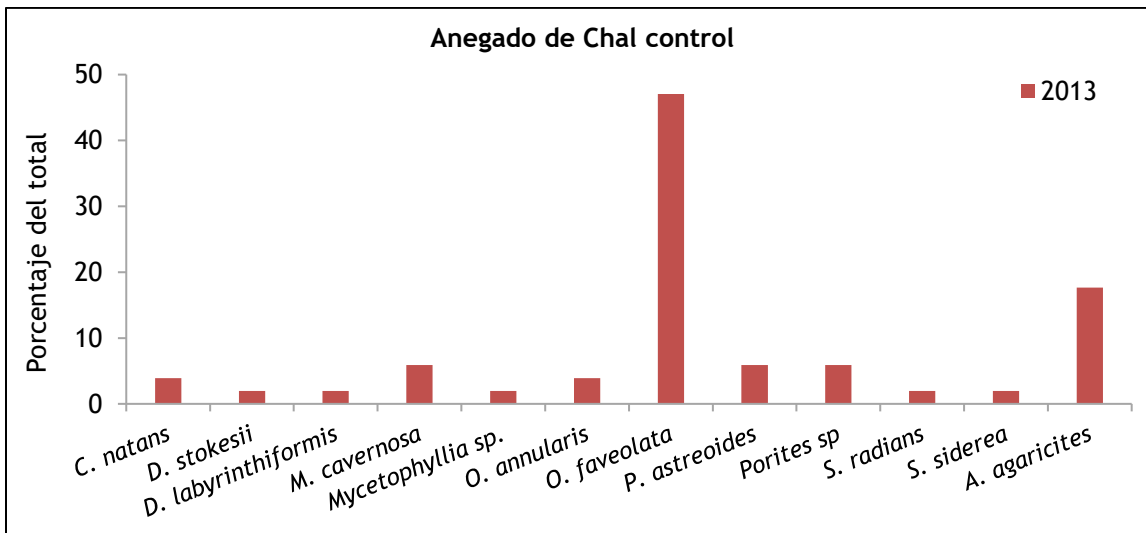


Figura 32. Especies de corales más abundantes en el sitio control de Anegado de Chal. Se presentan los datos del único año en que se pudo llevar a cabo el monitoreo.

d) Reserva comunitaria “Manchón”

El sitio Manchón no es un refugio pesquero oficialmente decretado, sin embargo es un área en la que la cooperativa no pesca debido al potencial que tiene para el desarrollo de actividades turísticas. El Manchón es ideal para actividades con snorkel, ya que está ubicado cerca de la comunidad de Punta Herrero y cuenta con muchas especies de peces y corales. Los peces son de especies arrecifales y juveniles de especies más grandes, como los pargos. Los arrecifes de parche son someros, con profundidades entre cuatro y cinco metros, rodeados por pastos marinos. El monitoreo de este sitio se ha realizado con la finalidad de evaluar la situación actual en la que se encuentra y establecer una línea base, para hacer futuras comparaciones si es que se desarrollan actividades turísticas, y determinar el impacto que éstas podrían tener en el arrecife. El sitio control está ubicado sobre un arrecife de parche, cerca del canal que conecta la Bahía del Espíritu Santo con el mar y próximo al límite norte del área de pesca de la cooperativa.



Figura 33. Ubicación de los puntos de monitoreo de la reserva comunitaria Manchón y su sitio control.

Peces

La biomasa total promedio de peces en el Manchón, de 2012-2017, fue muy alta (161 g/m²) (Figura 34). La biomasa promedio de peces de interés comercial en la región (pargos, meros y cabrillas, y chac-chi) fue alta también (151 g/m²). El sitio estuvo dominado por chac-chi (*Haemulidae*) (Figura 34) y las especies más registradas fueron el matagato (*Haemulon plumierii*) y el chac-chi francés (*Haemulon flavolineatum*) (Figura 35). El segundo grupo más registrado fue el de los pargos, y las especies más abundantes fueron el canchic (*Lutjanus apodus*) y el pargo llorón (*Lutjanus jocu*). Los buzos registraron en su mayoría, peces de tallas pequeñas, por lo cual es probable que este sitio sea un área de crianza de peces, que ocupan antes de migrar a los arrecifes más lejanos.



Figura 34. Reserva comunitaria Manchón.

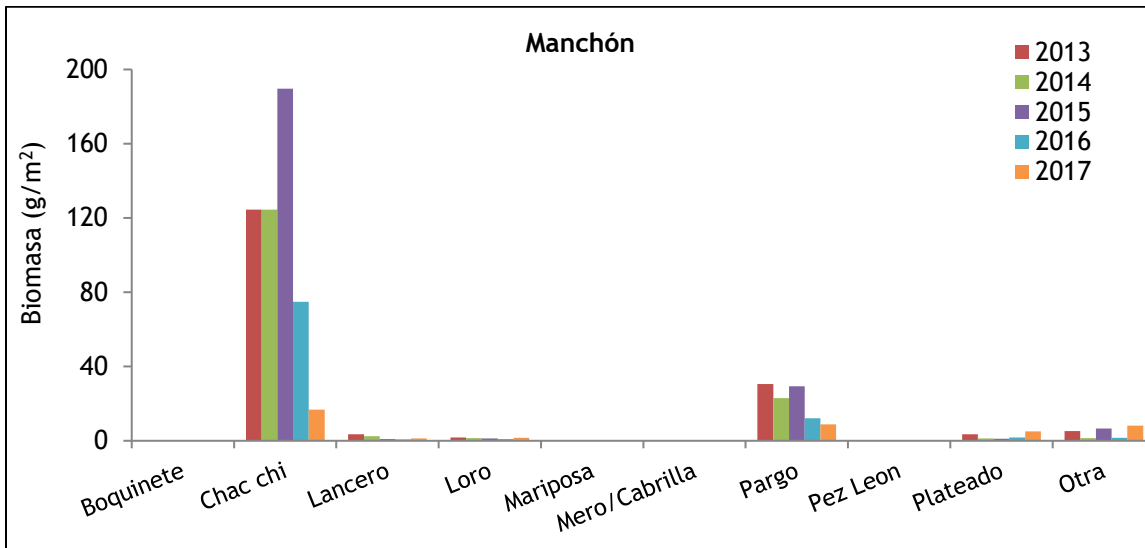


Figura 35. Biomasa de peces por grupo de importancia comercial y ecológica en el Manchón.

En el sitio control del Manchón, los tres grupos de peces para los que se registró mayor biomasa, de 2012-2017, fueron chac chi y pargos (Figura 36). Se observó un aumento considerable en la biomasa de chac chi de 2015 a 2016, y aun cuando en 2017 disminuyó, sigue siendo bastante alta, comparada con los valores de biomasa registrados como línea base. Por el contrario, la biomasa de pargos registrada en 2017 fue considerablemente menor que la biomasa registrada como línea base.

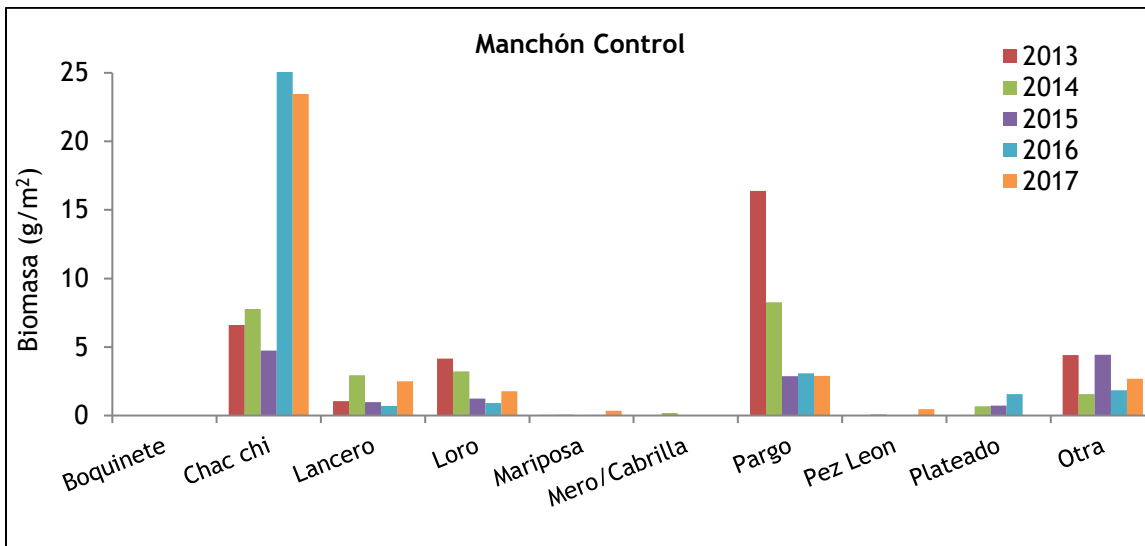


Figura 36. Biomasa de peces por grupo de importancia comercial y ecológica en el sitio control de la reserva comunitaria Manchón.

Especies de interés comercial

El monitoreo con la técnica de buceo errante en el Manchón (reserva y control) se llevó a cabo solo en dos años (2012 y 2014), debido a que en los demás años el mal tiempo no lo permitió. En la reserva el grupo más registrado fue el de los pargos, seguido por el de los plateados (Figura 37). La biomasa de pargos aumentó casi 10 veces de 2012 a 2014. También se registró un aumento de la biomasa de plateados, aunque no tan grande como con los pargos. En el sitio control del Manchón (Figura 38) se registró más caracol y langosta. También se registró boquinete (*Lachnolaimus maximus*), pargos y plateados, pero en menor abundancia que en el Manchón. Además, la biomasa de pargos registrada en 2014 disminuyó con respecto a la línea base.

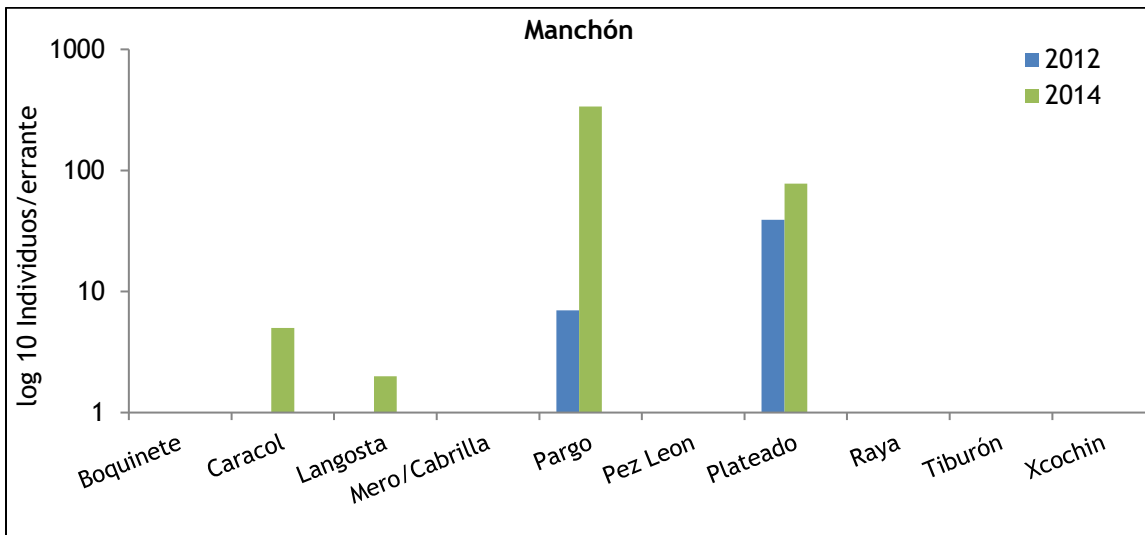


Figura 37. Grupos de interés comercial observados durante los buceos errantes en el Manchón.

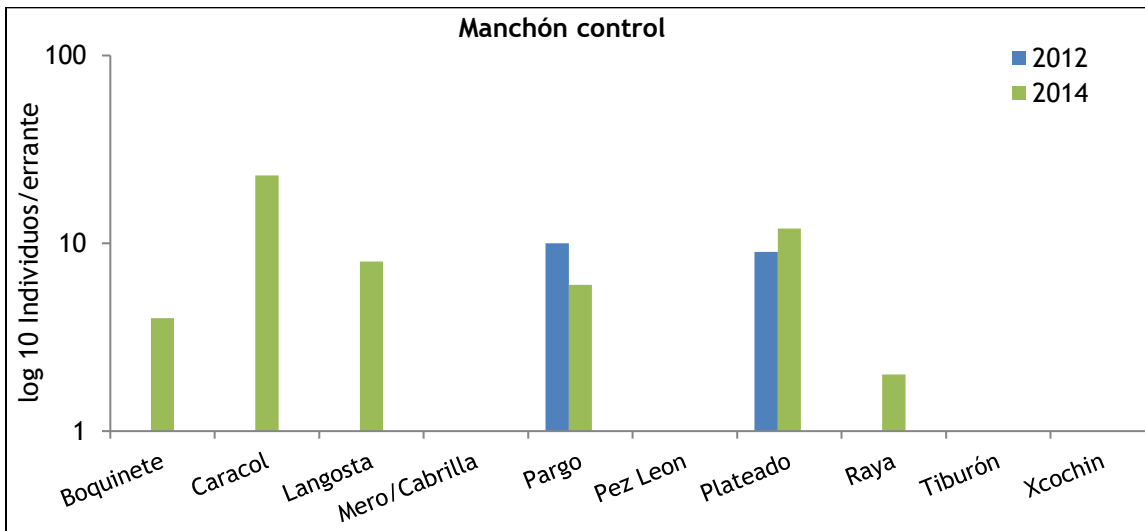


Figura 38. Grupos de interés comercial observados durante los buceos errantes en el sitio control del Manchón.

Invertebrados

La reserva comunitaria Manchón fue el sitio más diverso y con las poblaciones de invertebrados más numerosas de todos los sitios monitoreados. La densidad del erizo de espinas largas (*Diadema antillarum*) fue bastante alta; de 2012-2017 la densidad promedio fue de 2,427 individuos/hectárea. Este sitio podría ser clave para la repoblación de esta especie a escala local. *D. antillarum* sufrió una enfermedad en los años 80 y la abundancia de su población no se ha recuperado en su totalidad desde entonces. Desempeña un papel muy importante en el ecosistema porque se alimenta de las algas que crecen en el arrecife, liberando espacio para la proliferación de los corales. Es importante seguir con el monitoreo de esta especie de erizo en el sitio e investigar el impacto que tienen sobre la abundancia de algas. En el sitio control se registró una baja densidad de *Diadema antillarum*, el promedio de 2012 a 2017, fue de 35 individuos/hectárea; mucho menor que la densidad registrada dentro de la reserva comunitaria.

Los buzos monitores también registraron una alta densidad de langosta en la reserva comunitaria. La densidad promedio, de 2012 a 2017, fue de 94 langostas/hectárea, y aumentó de 55 langostas/hectárea en 2012, a 167 langostas/hectárea en 2017. Esto puede ser un efecto de que los pescadores de Punta Herrero no han pescado en la zona desde hace tiempo.

Corales y Cobertura béntica

El promedio de la cobertura de coral en el Manchón, de 2012-2017, fue el más alto de todos los sitios monitoreados en Punta Herrero (9.93%), cercano al promedio de cobertura de coral reportada en el Caribe⁸. Sin embargo, se encontró dominado por macroalgas (Figura 39) con un promedio de cobertura elevado (46%) de 2012-2017. El aumento en la cobertura de macroalgas durante el periodo de monitoreo es preocupante. En el 2013 y 2014 las condiciones climatológicas provocaron un fuerte flujo de agua dulce de la bahía hacia el mar abierto. Este flujo de agua causó mucho daño a los arrecifes, especialmente los de la laguna arrecifal (Miguel García, Oceanus A.C Comunicación personal). Es posible que el aumento de macroalgas en el sitio sea el resultado de este fenómeno.

El sitio control del Manchón también se observó dominado por macroalgas en todos los periodos de monitoreo (Figura 40). El promedio de cobertura de macroalgas de 2012-2017 fue de 59%, mientras que el promedio de cobertura de coral fue de 8%.

⁸ Gardner et al. 2003

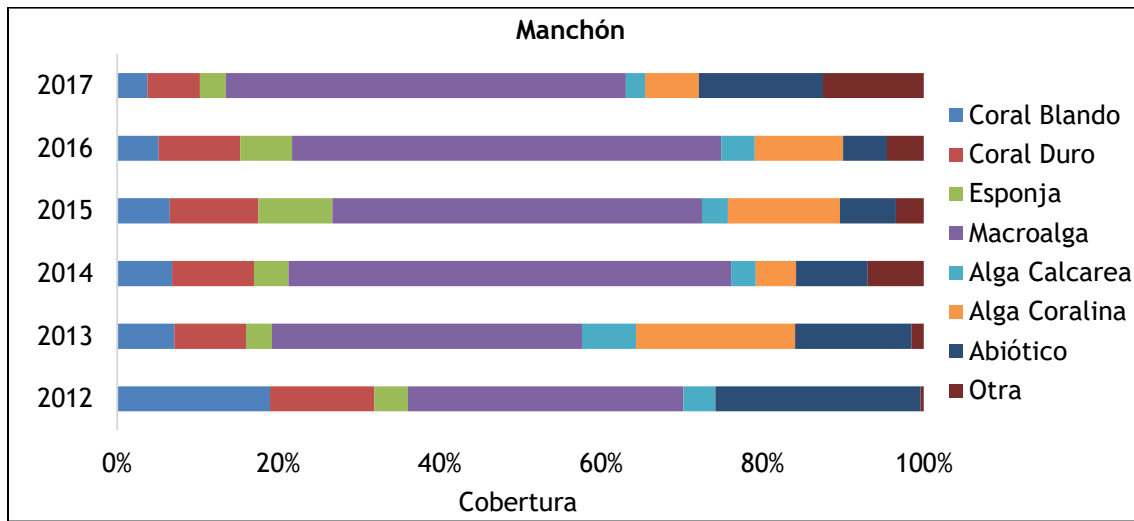


Figura 39. Cobertura béntica en la reserva comunitaria Manchón.

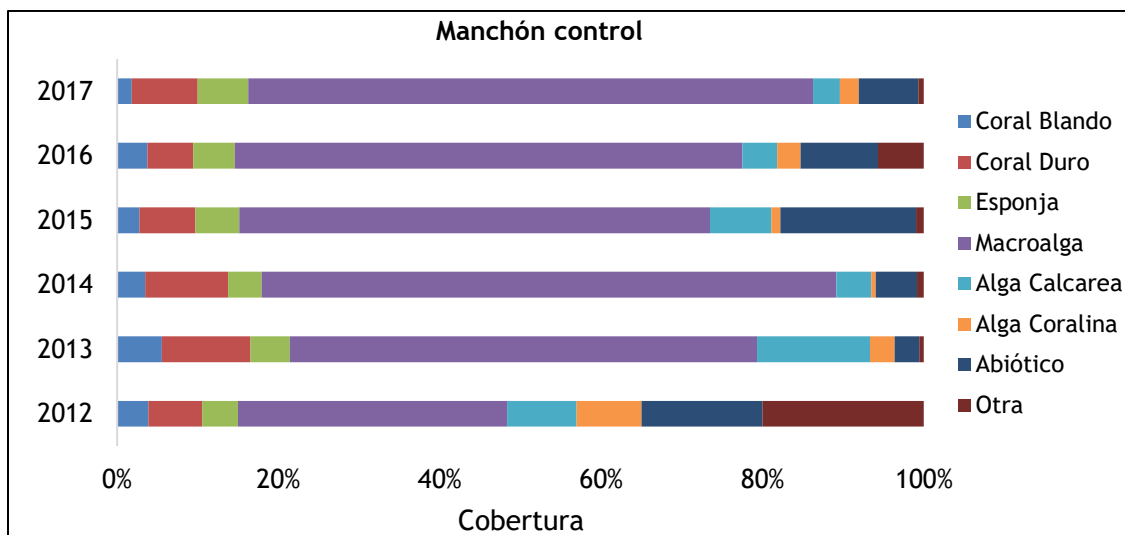


Figura 40. Cobertura béntica en el sitio control del Manchón.

En el Manchón se observó una alta diversidad de corales y los corales de *Porites sp.* fueron los más registrados en el monitoreo (Figura 41). En este sitio también se registraron varias colonias grandes de *Acropora palmata*, creciendo sobre esqueletos de *A. palmata* muerto, que es el sustrato dominante. El segundo grupo de corales con mayor registro fue de la especie *Agaricia agaricites*. Cabe destacar que esta especie de coral es oportunista y de las más resistentes a las perturbaciones ambientales. Otro dato importante es que en el Manchón también se registró la presencia de una de las principales especies constructoras de arrecife *Orbicella faveolata*.

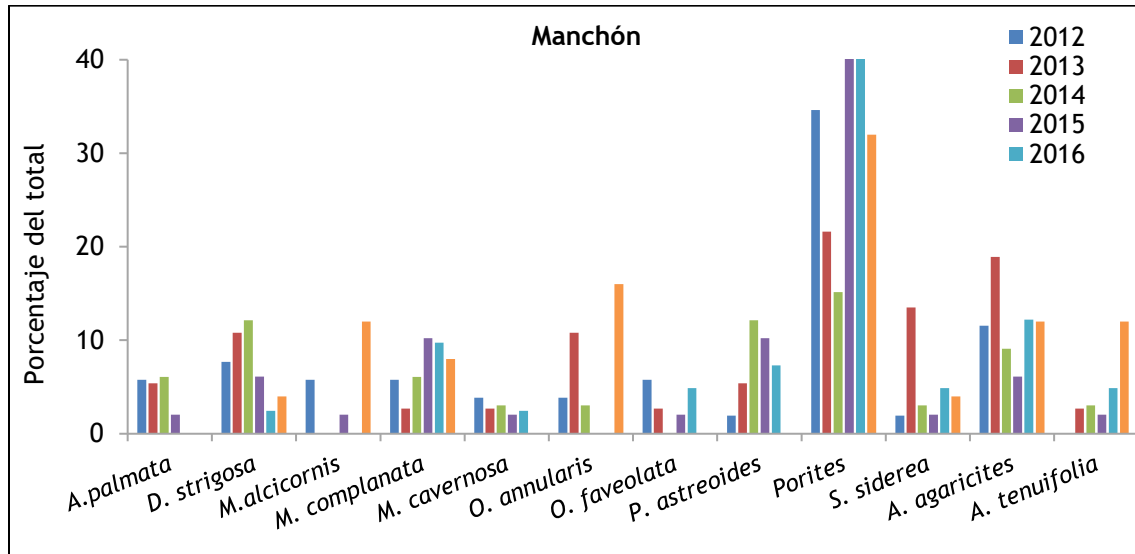


Figura 41. Especies de coral registrados en el Manchón y su abundancia.

En el sitio control se observó una dominancia de los corales de *Agaricia agaricites* en todos los años de monitoreo. La segunda especie más abundante fue *Monstastrea cavernosa* (62%), seguida por *Porites astreoides* (56%). En este sitio también se registró la presencia del constructor arrecifal *Orbicella faveolata*, aunque con mayor abundancia que en su contraparte, el Manchón.

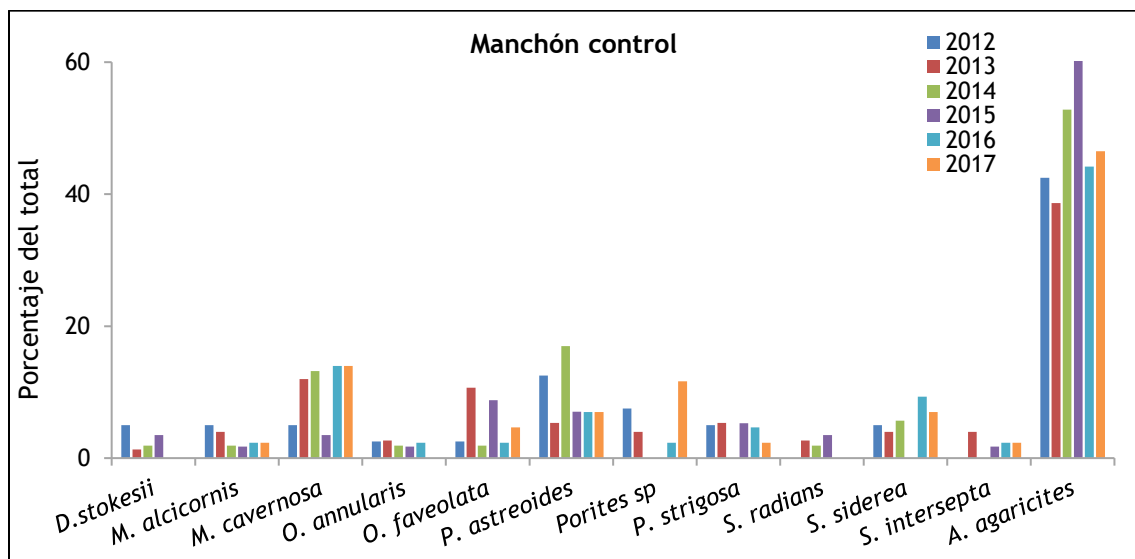


Figura 42. Especies de coral registrados en el sitio control del Manchón y su abundancia.

Conclusiones

Los resultados del monitoreo que la SPP José María Azcorra y COBI llevaron a cabo, para el periodo 2012-2018, indican que:

- Dentro de los refugios Faro, Faro Langosta y reserva comunitaria Manchón, la biomasa total de peces (importancia comercial y ecológica) fue mayor que en los sitios control.
- La biomasa de meros y pargos fue mayor en los sitios control que dentro de los refugios.
- Dentro de los refugios se observó mayor abundancia de corales e invertebrados que en los sitios control.
- La reserva comunitaria Manchón fue el sitio en que se registró la mayor biomasa total de peces año con año y los grupos más abundantes fueron los chac-chi, pargos y plateados.
- Se registraron muy pocos meros y cabrillas. Sin embargo, Manchón fue el sitio con mayor abundancia y biomasa de pargos, de todos los refugios monitoreados. En su contraparte, el sitio control, se registró un importante aumento de la biomasa de chac-chi en 2016 y 2017, con respecto a la línea base, y de forma general, se registró una mayor biomasa de pargos que en la reserva comunitaria. Esto puede representar un efecto de repoblamiento de peces que provienen del sitio protegido de la pesca.
- El sitio control de Faro Langosta fue donde más meros y cabrillas se registraron de 2012-2017 con la metodología de transectos. El Faro fue el sitio con mayor registro de meros y cabrillas en buceos errantes.
- La mayor abundancia y densidad (individuos/hectárea) de langosta (*Panulirus argus*) y caracol (*Lobatus gigas*) se registró en el Manchón. También se registró una elevada abundancia de langosta en los buceos errantes dentro del sitio control del Manchón.
- El sustrato estuvo dominado por macroalgas, e inclusive, en algunos años se registró hasta un 80% de cobertura de macroalgas. Esto representa una amenaza para la salud del arrecife, ya que una elevada cobertura de macroalgas impide el establecimiento y crecimiento de los corales, debido a la competencia por espacio en el sustrato.
- Los datos de invertebrados que se tomaron sugieren una densidad bastante alta de erizos *Diadema antillarum* en el Manchón, lo cual puede significar una posibilidad de recuperación de la salud de arrecife en el sitio y zonas circundantes.

Referencias

- ASK (Amigos de Sian Ka'an) y COBI (Comunidad y Biodiversidad). 2010. Protección de Agregaciones de Peces en Sian Ka'an. Informe técnico para PNUD. Quintana Roo, México. Amigos de Sian Ka'an and Comunidad y Biodiversidad.
- Darwall, W. R. y Dulvy, N. K. 1996. An evaluation of the suitability of non-specialist volunteer researchers for coral reef fish surveys. Mafia Island, Tanzania—a case study. *Biological Conservation*, 78(3), 223-231.
- Fulton, S, Caamal, J. Ribot, C., Lucas, B., Garcia, C., Bourillon L., y Flores, E. 2013. Coral reef monitoring with fishers participation in Quintana Roo, Mexico: building social capital to preserve marine ecosystems. *Proceedings of the 66th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*.
- Gardner, T. A., Côté, I. M., Gill, J. A., Grant, A., y Watkinson, A. R. 2003. Long-term region-wide declines in Caribbean corals. *Science*, 301(5635), 958-960

- Harding, S., Lowery, C. y Oakley, S. 2000. Comparison between complex and simple reef survey techniques using volunteers: is the effort justified? Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia.
- Hassell, N.S., Williamson, D.H., Evans, R.D. y Russ, G.R. 2013 Reliability of Non-Expert Observer Estimates of the Magnitude of Marine Reserve Effects. *Coastal Management*, 41:4, 361-380.
- Healthy Reefs Institute, 2012. 2012 Report Card for the Mesoamerican Reef. Healthy Reefs Initiative. www.healthyreefs.org
- Hernández Velasco, A, Caamal, J, Suarez, A, Pérez Alarcón, F, y Fulton, S. 2018. Protocolo de Monitoreo para reservas marinas. Comunidad y Biodiversidad A.C., Guaymas, Sonora.
- INAPESCA 2011. Evaluación de la abundancia de *Strombus gigas* en Banco Chinchorro y cálculo de la cuota de pesca para la temporada 2011-2012.
- Mumby, P.J., Harborne, A.R., Raines, P.S. y Ridley, J.M. 1995. A critical assessment of data derived from Coral Cay Conservation volunteers. *Bulletin of Marine Science* 56 (3): 737-751.
- Pattengill-Semmens, C. V., y Semmens, B. X. 1998. Fish census data generated by non-experts in the Flower Garden Banks National Marine Sanctuary. *Journal of Gulf of Mexico Science* 2, 196-207.
- RBASK-PROMOBI, 2011. Programa de monitoreo del coral cuerno de alce (*Acropora palmata*) en la Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an, en el Estado de Quintana Roo (Protocolo de Monitoreo No.25).