

Promoviendo
la conservación marina
a través de la participación
comunitaria



RESULTADOS DE MONITOREO EN LA
RED DE ZONAS DE REFUGIO
PESQUERO DE LA S.C.P.P. COZUMEL
2012-2016



Promoviendo
la conservación marina
a través de la participación
comunitaria



Esta publicación debe citarse como:

Fulton S, Caamal J, Marcos S, Goldman N, y Ayer A. 2017. Resultados del Monitoreo en la Red de Zonas de Refugio Pesquero de la S.C.P.P. Cozumel, 2012-2016. Comunidad y Biodiversidad A.C. Guaymas, Sonora, México.



ARRECIFE MESOAMERICANO

Calle Carey SM10 M24 L10,
C.P. 77580
Puerto Morelos, Quintana Roo
México
+52 (998) 882-2894

PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

Francisco I. Madero # 2054
Local C (entre Rosales y Allende),
Col. Centro, C.P. 23000
La Paz, B.C.S.,
México.
+52 (612) 122-4093

REGIÓN DE LAS GRANDES ISLAS

Calle Isla del Peruano #215,
Col Lomas de Miramar, CP 85448
Guaymas, Sonora,
México.
+52 (622)22 44989
+52 (622)22 24990

CIUDAD DE MÉXICO

Popocatepetl #28,
Despacho 1,
Col. Hipódromo Condesa,
C.P. 06100,
Distrito Federal,
México.
+52 (55) 5574-7909

Resumen Ejecutivo

El 30 de noviembre del 2012 la Sociedad de Producción Pesquera Cozumel (SCPP Cozumel) del Estado de Quintana Roo, México, estableció una red de ocho Zonas de Refugio Pesquero (ZRP), protegiendo de la pesca 1,048.76 hectáreas. El decreto se logró debido al trabajo conjunto entre los socios de la Alianza Kanan Kay. Los pescadores decidieron dejar de pescar en ciertas áreas por un periodo de cinco años, con la finalidad de que las poblaciones de peces y otras especies de interés comercial se pudieran recuperar, y con esto ayudar a promover una pesca responsable.

La participación de los pescadores en el proceso de monitoreo es de suma importancia ya que fue una decisión de la comunidad establecer los refugios pesqueros. Comunidad y Biodiversidad A.C. (COBI) realizó cursos de buceo y talleres de monitoreo biológico en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an en el 2012. La técnica de monitoreo fue estandarizada para uso en todas las zonas de refugio pesquero en el Caribe Mexicano y es comparable con las otras técnicas de monitoreo utilizadas en la región. Para asegurar que los pescadores recolectan datos precisos, se realizaron actualizaciones en las técnicas de registro de datos antes de cada periodo de monitoreo.

Se han realizado monitoreos de biodiversidad en las ZRP, cada uno con un sitio de control ubicado en un área de pesca cercana con condiciones biofísicas similares. Así mismo se ha completado el monitoreo biológico de corales, peces, cobertura béntica, invertebrados clave y megafauna, con datos pesqueros de langosta y un ejercicio de percepción por parte de los pescadores, en torno a las zonas de refugio pesquero.

A pesar que las ZRP de la SCPP Cozumel son pequeñas, se han documentado resultados muy positivos en cuanto a la abundancia y densidad de langosta (*Panulirus argus*), la especie de mayor importancia para la cooperativa. La densidad de langosta ha aumentado en todas las ZRP con hábitat adecuado, en algunas más que en otras, pero en promedio se ha aumentado 380 % sobre la línea base. Para generar los datos necesarios para tomar decisiones sobre las ZRP, casi todos los socios de la SCPP Cozumel (98 %) han participado en actividades relacionadas a las ZRP. Se ha completado 1,212 transectos de monitoreo, se ha implementado un programa de vigilancia comunitaria y se ha llevado a cabo acciones de control de especies invasoras (pez león).

En diciembre del 2016, se realizó un taller para evaluar los resultados de los refugios pesqueros. Los socios de la cooperativa pudieron conocer todos los resultados del monitoreo biológico y evaluar si estos resultados están reflejando un beneficio. De manera unánime los socios votaron a favor de la renovación de los refugios pesqueros por cinco años más.

Resumen Ejecutivo.....	4
Introducción.....	6
Metodología	8
Monitoreo de arrecifes coralinos	8
Monitoreo de megafauna	9
Especies invasoras	10
Pesca de langosta.....	11
Percepciones de las ZRP	12
Resultados y Discusión.....	13
Peces	13
Corales	14
Invertebrados.....	15
Megafauna	16
Especies invasoras	19
Pesca de langosta.....	20
Percepciones de las ZRP	20
Conclusiones	22
Agradecimientos.....	23
Referencias.....	24

Introducción

El 30 de noviembre del 2012 la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel (SCPP Cozumel) del Estado de Quintana Roo, México, estableció una red de ocho Zonas de Refugio Pesquero (ZRP), protegiendo de la pesca 1,048.76 hectáreas (Figura 1). Las ZRP fueron las primeras establecidas en el Caribe Mexicano, y la segunda red de ZRP en el país. El decreto se logró debido al trabajo conjunto entre los socios de la Alianza Kanan Kay¹. Los pescadores decidieron dejar de pescar en ciertas áreas por un periodo de cinco años, con la finalidad de que las poblaciones de peces y otras especies de interés comercial se pudieran recuperar y con esto ayudar a promover una pesca responsable.

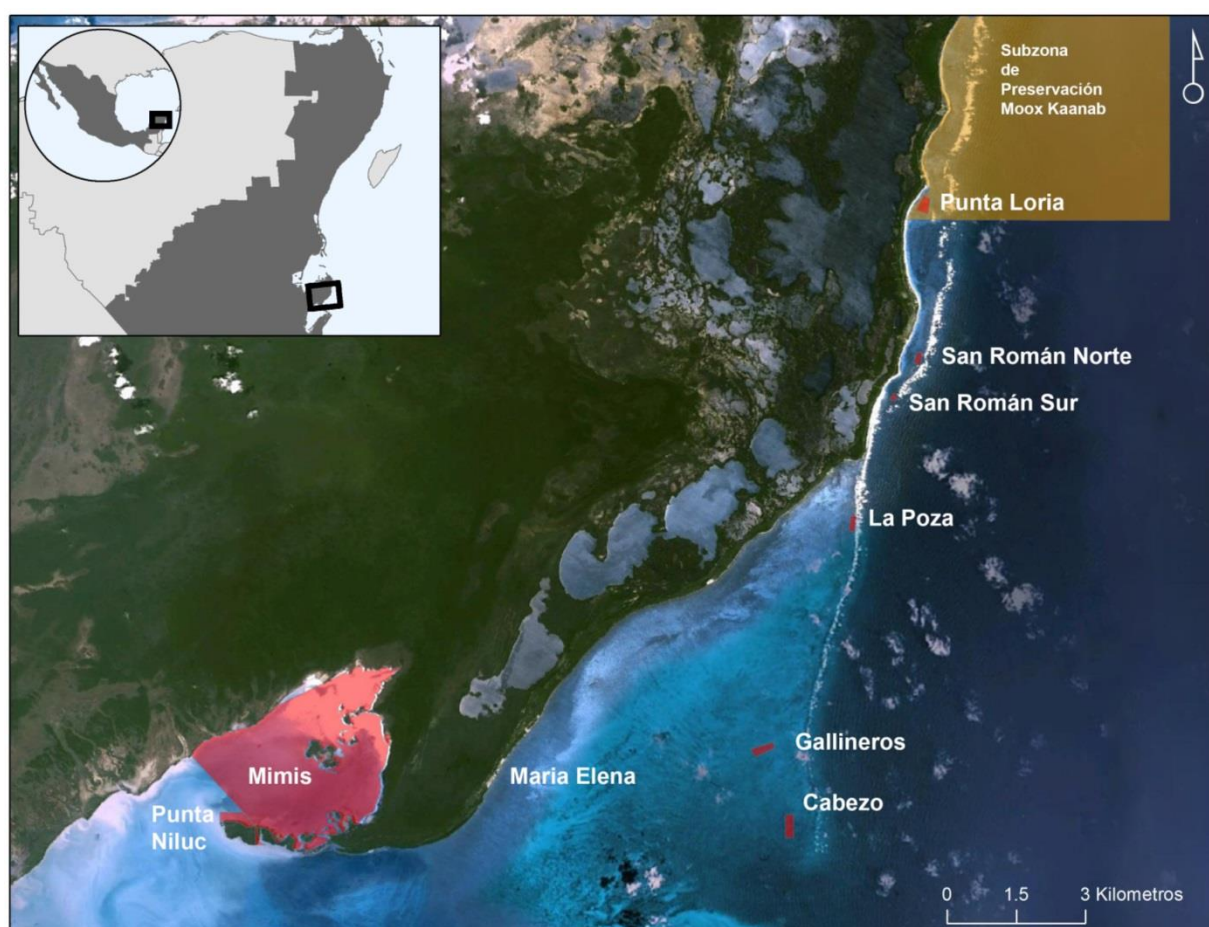


Figura 1 Ubicación de los refugios pesqueros de la SCPP Cozumel en Quintana Roo, México

El Estudio Técnico Justificativo para el establecimiento de las ZRP en la Bahía de Espiritu Santo propuso los siguientes objetivos:

1. Contribuir a recuperar las poblaciones de especies objetivo de las pesquerías, como langosta, caracol rosado y varias especies de peces, ayudando al reclutamiento, el crecimiento y la densidad para mejorar su éxito reproductivo.
2. Contribuir a mejorar la productividad pesquera a mediano plazo recuperando la biomasa.

¹ www.alianzakanankay.org

3. Ayudar a aumentar la resiliencia de los ecosistemas y de la pesca ante perturbaciones climáticas o presiones antropogénicas.
4. Aumentar la protección del hábitat, la biodiversidad y los procesos ecológicos de los ecosistemas coralinos, de la laguna arrecifal y de los humedales, con la restauración de sus funciones tróficas de importancia para las especies comerciales pesqueras.

El Diario Oficial de la Federación (Secretaría de Gobernación 2012) considera *“Que el establecimiento de una red de Zonas de Refugio en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Sian Ka’an es una medida complementaria que contribuye a la conservación y aprovechamiento sustentable de las especies de interés comercial dentro de la Reserva, ya que constituye una nueva delimitación de polígonos específicos para la conservación de reservas biológicas pesqueras, en donde se han registrado procesos de reproducción, alumbramiento y crianza de varias especies que sustentan pesquerías locales, por lo que la reducción de la mortalidad por pesca en estas importantes zonas y su manejo pesquero diferenciado se reflejará en el crecimiento de biomasa que puede dispersarse hacia las zonas de pesca adyacentes”*.

Desde el establecimiento de las ZRP se han ejecutado acciones de monitoreo biológico, pesquero y social. Los pescadores han sido capacitados para tener las capacidades de levantar datos de calidad que contribuyan a la elaboración de reportes que hasta el momento han sustentado el beneficio de los refugios. Las acciones de monitoreo deben ayudar a evaluar si las ZRP están logrando sus objetivos y permitir la toma de decisiones para un manejo adaptativo.

Metodología

Para la evaluación del éxito de una ZRP, es de suma importancia contar con datos que permitan conocer el estado de la comunidad biológica para poder evidenciar la tasa de recuperación del ecosistema y las especies que se benefician. Se establecieron las ocho ZRP en el área de pesca de la SCPP Cozumel en noviembre 2012. Este reporte presenta los resultados del programa de monitoreo biológico que se ha llevado a cabo en los sitios de no pesca y sus sitios de control que siguen abiertos a la pesca. Debido a los diferentes ambientes, hábitats y especies objetivos de las ZRP, se han aplicado diferentes técnicas de monitoreo para evaluar el cumplimiento de los objetivos de las ZRP.

Monitoreo de arrecifes coralinos

El monitoreo de las ZRP en áreas arrecifales se ha llevado a cabo de manera anual desde el 2013 (Tabla 1) utilizando un protocolo de monitoreo estandarizado para zonas de refugio pesquero en arrecifes coralinos². Existen ocho sitios de monitoreo de los cuales cinco son zonas de refugio pesquero y tres son sitios de control (Figura 2). Los sitios de control son sitios donde la pesca está permitida y presentan características parecidas a los sitios de refugio pesquero en términos de hábitat, estructura arrecifal etc. Debido a que las dos ZRP de San Román (Norte y Sur) representan un hábitat único (están ubicadas en un quebrado en el arrecife) estos dos sitios no cuentan con un control, y por su cercanía, se han monitoreado las dos ZRP como si fuera un solo sitio. La ZRP La Poza también cuenta con arrecife de coral pero debido a su poca profundidad (menos de 0.5 m) y cercanía a la rompiente (cresta arrecifal), no se han aplicado los mismos protocolos de monitoreo por cuestiones de seguridad. En cada sitio se realizaron 10 transectos de peces e invertebrados y seis transectos de corales y cobertura béntica (Fulton et al. 2015).

Tabla 1 Fechas y participantes de los monitoreos arrecifales

Fechas de Actividad	Participantes
25 Enero 2013 - 2 febrero 2013	SCPP Cozumel: Pablo Catzim Pech, José Luis Chan Caamal, Noé Castellanos Marrufo, Miguel Jesus Tun Catzim COBI: Stuart Fulton, Jacobo Caamal
24-27 Mayo 2013	SCPP Cozumel: Pablo Catzim Pech, José Luis Chan Caamal, Miguel Jesus Tun Catzim COBI: Stuart Fulton, Jacobo Caamal
14-18 Marzo 2014	SCPP Cozumel: Pablo Catzim Pech, José Luis Chan Caamal, Noé Castellanos Marrufo, Miguel Jesus Tun Catzim COBI: Stuart Fulton, Jacobo Caamal
19-22 Marzo 2015	SCPP Cozumel: Pablo Catzim Pech, José Luis Chan Caamal COBI: Jacobo Caamal
14-18 Abril 2016	SCPP Cozumel: Pablo Catzim Pech, José Luis Chan Caamal, Martin Leon, Carlos Alberto Tziu COBI: Jacobo Caamal, Sergio Marcos, Ernesto Galestum

²http://www.alianzakanankay.org/wp-content/uploads/2016/04/Protocolo-de-Monitoreo-para-Refugios-Pesqueros_SF11mar15.pdf

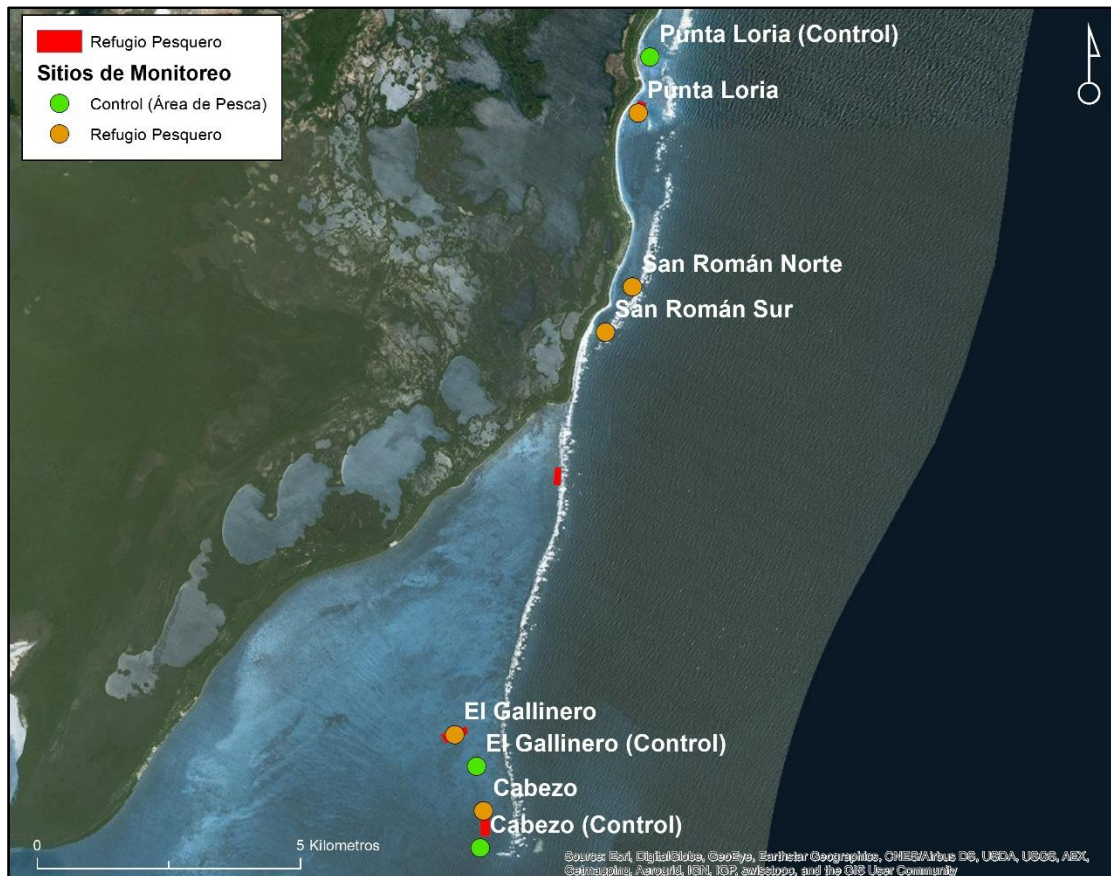


Figura 2 Mapa de los sitios de monitoreo en las ZRP con arrecife coralino de la SCPP Cozumel en María Elena

Antes de cada monitoreo todos los participantes tomaron sesiones teóricas y prácticas de actualización para verificar la calidad de sus datos. El curso refuerza lo aprendido durante la capacitación inicial y ofrece entrenamiento que ayuda a detectar las fortalezas y debilidades de cada participante, permitiendo personalizar el entrenamiento para incrementar sus habilidades y mejorar la calidad de los datos.

Monitoreo de megafauna

Para evaluar el efecto de las ZRP de organismos grandes denominados megafauna, se implementó un monitoreo particular dirigido a estas especies. Este se dirigió principalmente a las especies de rayas y tiburones que en el pasado fueron objeto de explotación dentro de la SCPP Cozumel. Aunque en la actualidad ya no es una actividad comercial para esta cooperativa, en el área aledaña aún hay capturas de la cooperativa vecina. Para complementar la información se registraron avistamientos de tortugas y peces de interés comercial. Se implementaron dos técnicas de monitoreo: transectos acuáticos de muestreo a distancia con snorkel y el video subacuático con carnada (conocido como BRUV por sus siglas en inglés). Cada transecto acuático de muestreo a distancia es de 1,000 metros de longitud por 60 metros de ancho. Cuatro personas nadan de forma simultánea con el mismo rumbo y a una distancia de 14 metros entre cada uno. El video subacuático con carnada consiste en armar una cámara de video en una estructura que permita grabar durante una hora las especies que estén en el área o que pasen frente a la cámara. Cada método descrito con anterioridad fue aplicado en todas las ZRP, sitios control, y además se agregaron sitios sugeridos por los pescadores en los que han notado una alta abundancia de megafauna. Es importante destacar que este monitoreo contempló las ZRP que no fueron incluidas en el monitoreo arrecifal, como Mimis y La Poza.

Tabla 2 Fechas y participantes de los monitoreos de megafauna

Fechas de Actividad	Participantes
04 - 07 Junio 2014	SCPP Cozumel: Jorge Catzim Castillo, Efrain Martin León Esquivel, Carlos Alberto Tziu Interian, Pedro Cruz, Roberto Ucam Martin y Martha Góngora COBI: Elizabeth Cuevas, Sergio Marcos
06- 09 Noviembre 2014	SCPP Cozumel: Jorge Catzim Castillo, Efrain Martin León Esquivel, Carlos Alberto Tziu Interian, Pedro Cruz, Roberto Ucam Martin, Manuel Jesús Caamal Aguilar, Javier Salazar, Miguel Tun Catzim, Jose Luís Chan, Martin Froilan Catzim COBI: Elizabeth Cuevas, Jacobo Caamal y Sergio Marcos
05 - 08 Marzo 2016	SCPP Cozumel: Jorge Catzim Castillo, Efrain Martin León Esquivel, Pablo Catzim Pech, José Angel Canto Noh, José Reyes Victoriano Sulub Castro, Adan Romero Ávila, Miguel Tun Catzim, COBI: Elena Nalesso y Sergio Marcos

Especies invasoras

El primer registro del pez león (*Pterois volitans*) en el Gran Caribe fue en Florida, Estado Unidos en 1985, sin embargo el primer avistamiento en México fue hasta el 2009 en la Isla de Cozumel (Schofield 2009). Desde entonces se han implementado varias estrategias de manejo para controlar la invasión, siendo las más comunes los torneos de captura y el monitoreo. El pez león es una especie marina tropical del Indo-Pacífico que, hoy en día, está distribuido por todo el Caribe. En el Caribe el pez león ha alcanzado tallas y densidades más altas que en su habitat natural (Green y Côté 2009) y en experimentos se ha anotado que la presencia del pez león puede causar reducciones drásticas en la abundancia de otras especies (Albins 2013).

Para controlar la población del pez león en su área de pesca y prevenir que las ZRP se convirtieran en refugios para el pez león, la SSCP Cozumel ha llevado a cabo monitoreos de la especie invasora y torneos de captura. Los monitoreos se llevaron a cabo en tres tipos de sitios; las ZRP, los sitios control, y sitios profundos (Figura 3). El objetivo de los monitoreos es evaluar las abundancias de pez león en los diferentes sitios para generar información que permita implementar medidas de control. Los torneos de captura involucraron a todos los socios y embarcaciones de la cooperativa con el objetivo de eliminar el mayor número de individuos de pez león del mar.

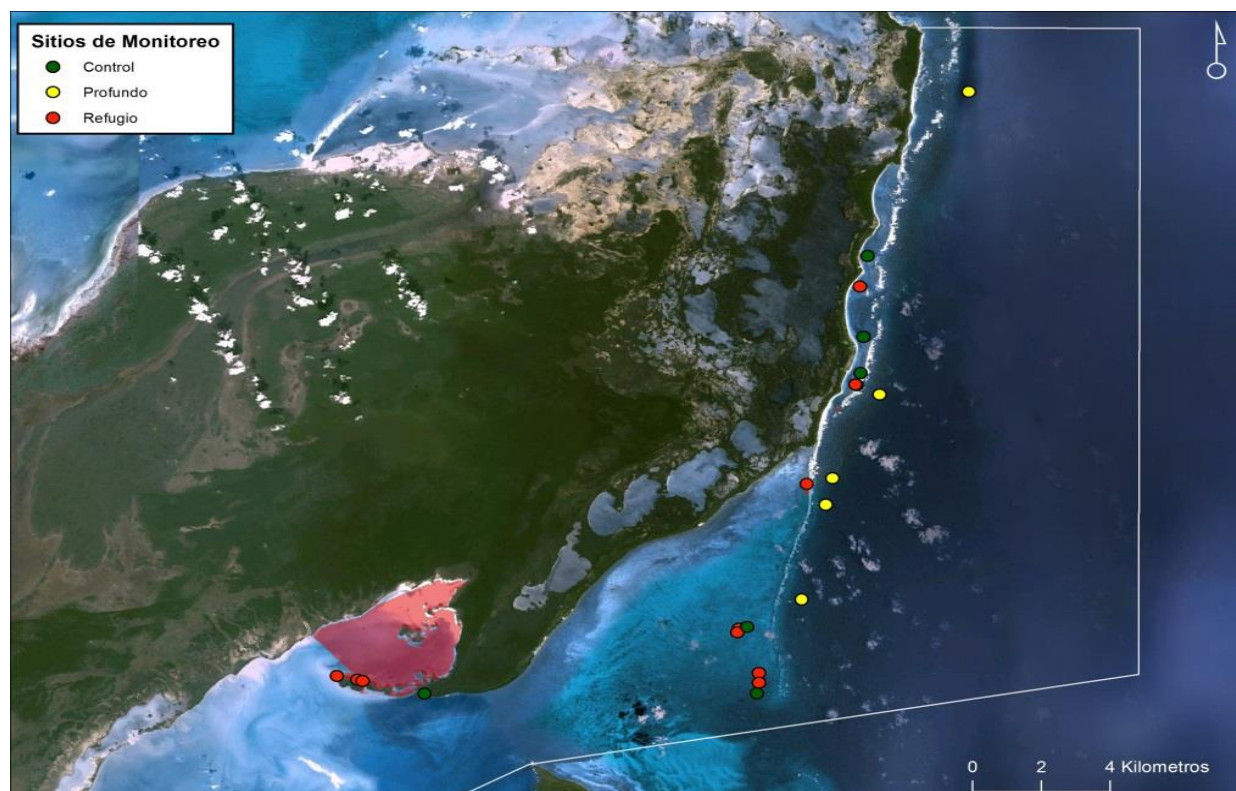


Figura 3 Sitios de monitoreo de pez león

Tabla 3 Fechas y participantes de los monitoreos y torneos de pez león

Fechas de Actividad	Participantes
1-3 Diciembre 2012	Monitoreo SCPP Cozumel: Pablo Catzim Pech, José Luis Chan Caamal, Miguel Jesus Tun Catzim, Pedro Cruz, Noé Castellanos Marrufo, José Castillo, Reyes Sulub, Javier Salazar. COBI: Citlali Garcia, Stuart Fulton, Jacobo Caamal
22 Enero 2013	Torneo Doce embarcaciones
16-17 Mayo 2013	SCPP Cozumel: Pablo Catzim Pech, José Luis Chan Caamal, Miguel Jesus Tun Catzim, Martin Leon, José Castillo, Reyes COBI: Citlali Garcia, Jacobo Caamal, Stuart Fulton
18 Mayo 2013	Torneo Nueve embarcaciones
12 Marzo 2014	Torneo Ocho embarcaciones
6-7 Noviembre 2014	SCPP Cozumel: Cozumel: Pablo Catzim Pech, José Luis Chan Caamal, Miguel Jesus Tun Catzim COBI: Jacobo Caamal, Stuart Fulton

Pesca de langosta

Por primera vez se realizó una evaluación de la población de langosta espinosa (*Panulirus argus*) en las localidades pesqueras más significativas del estado: i) Punta Herrero y María Elena (Bahía Espíritu Santo), ii) Punta Allen (Bahía de la Ascensión) que pertenecen a la RB Sian Ka'an; así como iii) Banco Chinchorro que forma la RB Banco Chinchorro. Este estudio fue desarrollado por el Dr. Eloy Sosa Cordero, junto con el equipo técnico del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), en estrecha colaboración con COBI, y la participación activa de los pescadores de seis cooperativas,

dejando como resultado un informe que aún no ha sido publicado mediáticamente. La evaluación incluye un análisis de la relación stock-reclutamiento y propone puntos de referencia límite (PRL) y puntos de referencia objetivos (PRO) por cada una de las áreas estudiadas.

En la Bahía Espíritu Santo, donde opera la SCPP José María Azcorra en la región sur, y la SCPP Cozumel al norte, se realizó la evaluación a partir de datos extraídos de archivos de las cooperativas, en adición a las cifras oficiales de captura mensual de langosta recopiladas por CONAPESCA-SAGARPA (avisos de arribo), a través de la Subdelegación de Pesca en Chetumal, Quintana Roo. Por parte de la SCPP Cozumel se analizaron 13 temporadas de datos que incluyen capturas y esfuerzo pesquero.

A partir de distintos modelos matemáticos descritos en el informe mencionado, fueron derivados dos PRL para la bahía. El primer PRL describe la Captura Máxima Sostenible (CMS), mientras que el segundo PRL está basado en función de la mortalidad por pesca (F), es decir la cantidad de captura por cooperativa en cada año (FCMS), que es interpretada como, “porcentaje de cosecha” o “porcentaje de extracción”, en relación a la biomasa existente en la bahía.

Percepciones de las ZRP

Con el objetivo de caracterizar el apoyo y las percepciones existentes en torno a las ZRP dentro de la comunidad pesquera María Elena, se realizaron entrevistas estructuradas a miembros de la SCPP Cozumel. En el transcurso de dos salidas a María Elena (18-20 octubre y 14-17 diciembre, 2016), fueron entrevistados 19 de los 26 socios de la cooperativa (73%). Las entrevistas duraron entre 15 y 30 minutos, y evaluaron las percepciones de los pescadores en relación a tres temas: los objetivos e implementación de las ZRP; las estrategias y los socios involucrados en el manejo; y el valor y resultados de las ZRP. Antes de empezar, los entrevistados firmaron cartas de consentimiento en las que se aclaraba que sus respuestas serían registradas de forma anónima, y que tenían derecho a no contestar alguna pregunta. Las respuestas cualitativas fueron analizadas para identificar temas comunes y calcular frecuencias relativas.

Si bien los datos que se exponen en el presente reporte no abarcan la totalidad del contenido de la entrevista original, representan una selección específica de preguntas que destacan percepciones generales de las ZRP dentro de la SCPP Cozumel.

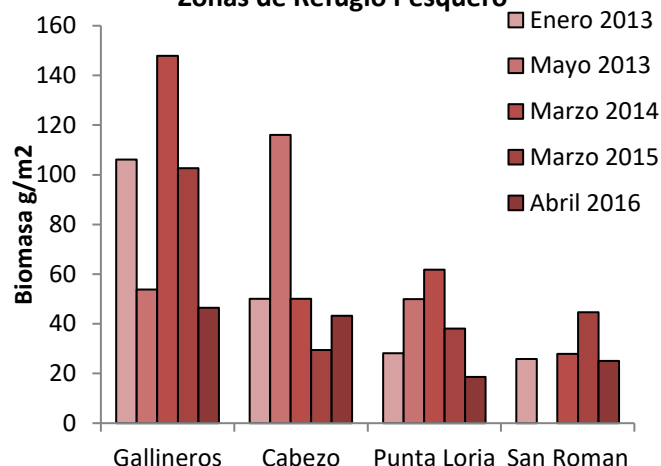
Resultados y Discusión

Peces

En las ZRP arrecifales de María Elena se encuentra una gran diversidad de peces. La biomasa total de los peces en las ZRP y los sitios control ha sido variable (Figura 4). Es muy probable que la alta precipitación en Quintana Roo en el 2013 tuviera un impacto sobre la distribución y abundancia de los peces (Figura 5). La escasez de langosta durante la temporada de pesca 2014-2015 fue causada por las mismas condiciones climatológicas. Adicionalmente, se puede notar que las ZRP ubicadas dentro de la bahía (y más expuestas a ser afectadas por agua dulce), Gallineros y Cabezo, son los sitios con mayores fluctuaciones en biomasa (Figura 4) y abundancia (Figura 6). En cuanto a los peces comerciales, el año con mayor biomasa comercial (Lutjanidae, Serranidae y Haemulonidae) fue el 2014, dos años después del decreto de las ZRP, y el mismo año que empezaron los impactos del agua dulce.

El índice de Shannon (Figura 6) nos enseña que la diversidad ha aumentado en las ZRP, siendo la ZRP Gallineros el único sitio de monitoreo con un decremento en la diversidad en el último año de monitoreo (2016). Sin embargo, las especies que dominan en términos de

**Biomasa Total de Peces
Zonas de Refugio Pesquero**



**Biomasa Total de Peces
Sitios Control**

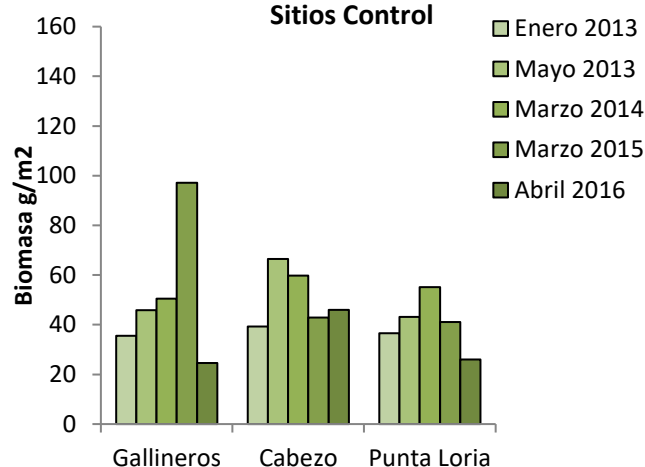


Figura 4 Biomasa total de los peces en las ZRP y sitios control

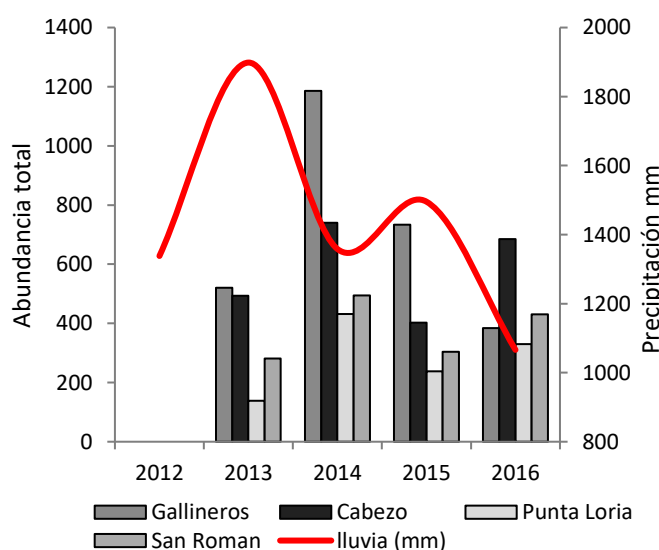


Figura 5 Cambios en la abundancia de peces y precipitación

números en Gallineros son especies de interés comercial, como los pargos (Lutjanidae) y chac-chi (Haemulidae), y especies de importancia ecológica como el pez loro (Scaridae).

El aumento en el número de especies y la diversidad dentro de las ZRP en un periodo de tiempo relativamente corto (cuatro años) nos permite identificar que las ZRP están en camino a cumplir con sus objetivos de aumentar el reclutamiento y abundancia de especies para contribuir tanto a la recuperación de las pesquerías de escama como aumentar la resiliencia de los ecosistemas. Debido a las fluctuaciones

en la biomasa de los peces aún no podemos generar conclusiones determinantes pero los resultados preliminares son positivos.

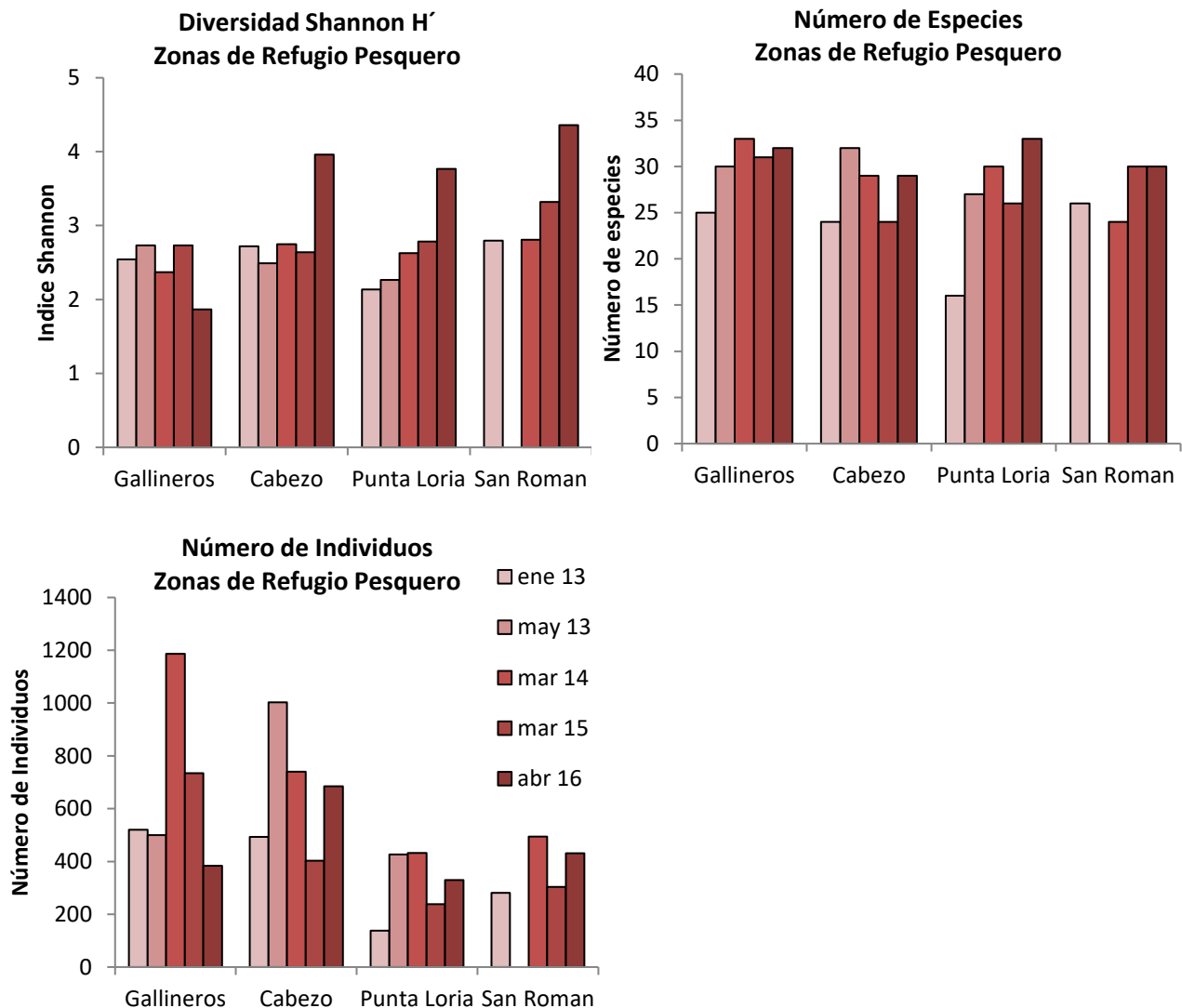


Figura 6 a) Diversidad Shannon, b) Número de especies, c) Número de individuos en las ZRP

Corales

Los datos generados durante el monitoreo de la comunidad coralina muestran pocos cambios notables en los arrecifes durante el periodo de monitoreo 2013-2016. Cabe mencionar que durante el 2015 no se pudo realizar el monitoreo de la cobertura béntica por falta de pescadores capacitados en la metodología. Se enfocó el esfuerzo en el monitoreo de especies de interés comercial, como peces e invertebrados. Nuevos pescadores ingresaron al equipo de monitoreo durante el 2015 y empezaron a registrar datos en el 2016.

Los datos registrados en las ZRP y sitios control muestran porcentajes de cobertura y tendencias muy parecidas. El único cambio notable es el aumento en la cobertura de coral duro en 2016 en las ZRP (Figura 7), registrado en San Román Norte y San Román Sur. Existe la posibilidad de que sea una anomalía en los datos ya que es la primera vez que se registra una cobertura de coral duro tan alto (28 %), sobre todo porque la cobertura promedio del Arrecife Mesoamericano es ~18% (Kramer et al. 2015).

Los corales más comunes en los refugios pesqueros son *Porites astreoides*, *Orbicella annularis* y *Undaria agaricites*, mientras que en los sitios de control las especies *Porites astreoides*, *Acropora palmata* y *Undaria agaricites* son los más comunes. Las ZRP también incluyen colonias de *Acropora palmata* (especie protegida en la NOM-059), en particular en la ZRP de Cabezo, San Román Norte y San Román Sur.

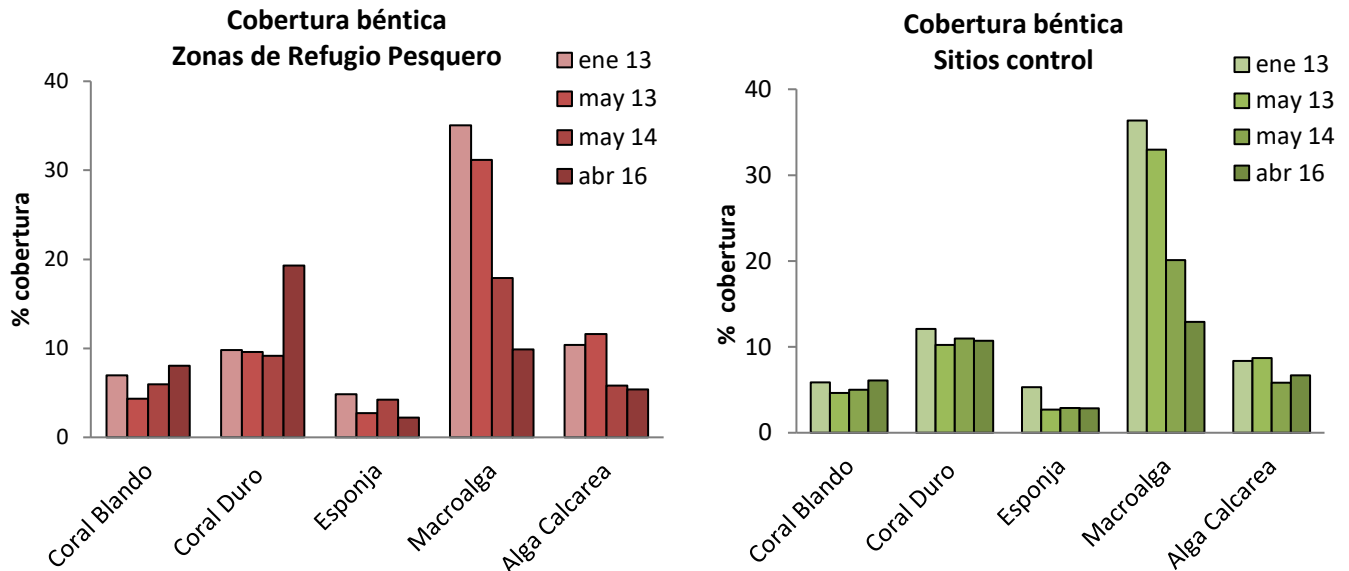


Figura 7 Cobertura béntica en las ZRP y sitios control

La reducción en la cobertura de macroalgas, tanto en las ZRP como los sitios control, es un factor interesante que requiere más investigación. El crecimiento de macroalgas puede limitar el asentamiento de juveniles de corales. El aumento en la cobertura de macroalgas ha sido identificado como unas de las amenazas más grandes para los arrecifes en el Caribe (Jackson et al. 2014, Kramer et al. 2015). El porcentaje de macroalgas ha disminuido en forma similar en las ZRP y los sitios control sugiriendo que es un impacto regional y no relacionado a las ZRP. Podría ser otro impacto de las fuertes lluvias y el flujo de agua dulce de la bahía hacia mar abierto que se ha mencionó con anterioridad y aunque aún no conocemos el causante de este efecto. Este es un resultado positivo para la región.

Invertebrados

El monitoreo indica que los refugios pesqueros han beneficiado de manera más contundente a los invertebrados, en particular a la langosta (*Panulirus argus*), ya que su densidad ha aumentado en todos los sitios de no pesca, mientras que en los sitios de pesca no se ha podido identificar ninguna tendencia (Figura 8). Cabe mencionar, que durante la temporada de pesca 2014-15, cuando las capturas de langosta en el Estado de Quintana Roo fueron la mitad de lo normal, la densidad de langosta siguió aumentando en las ZRP. No se han podido detectar patrones en la densidad de caracol rosado (*Lobatus gigas*), una especie que se pescó anteriormente pero que en la actualidad no se aprovecha (Figura 9). La diferencia entre la langosta y el caracol en los refugios y sitios de control nos enseña que los refugios pesqueros están protegiendo la población de langosta y permitiendo su recuperación. En promedio, la densidad de langosta en los sitios de refugio ha aumentado un 380 % desde el levantamiento de la línea base hasta el 2016, en comparación con los sitios de control.

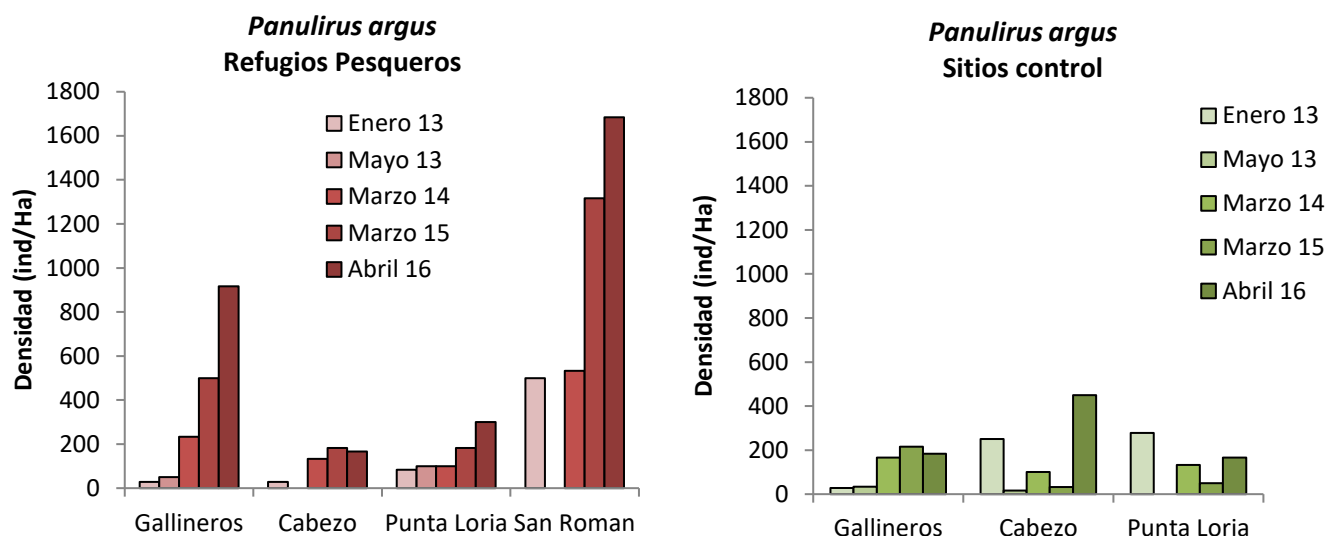


Figura 8 Densidad de langosta (*P. argus*) en las ZRP arrecifales

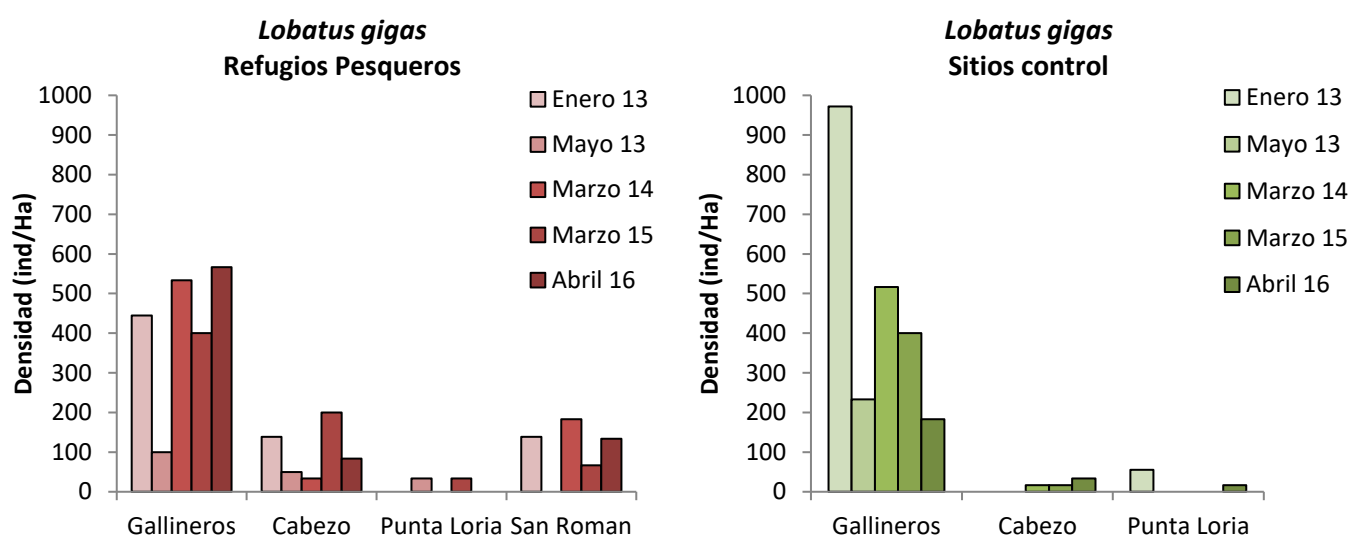


Figura 9 Densidad de caracol rosado (*L. gigas*) en las ZRP arrecifales

Megafauna

Durante el monitoreo de la Megafauna en el 2014 y 2016, los transectos acuáticos mostraron una diversidad de más de 30 especies de peces de interés comercial (1,111 individuos); entre los de mayor abundancia observados estuvieron: *Lutjanus analis* (Pargo lunar), *Caranx ruber* (Cojinuda), *Lutjanus apodus* (Chanchic) y *Sphyaena barracuda* (Barracuda). Dentro de la megafauna se registró un total de 24 individuos de tiburones siendo el *Ginglymostoma cirratum* (Tiburón gata) el de mayor abundancia. Para el caso de las rayas (84 individuos), se registró una diversidad de cinco especies como la *Dasyatis americana* con mayor abundancia seguida de *Himantura schmardae* y *Aetobatus narinari*. Por último, se registró un total de 27 individuos de tortugas marinas distribuidas en tres especies: *Chelonia mydas* (Tortuga blanca), *Eretmochelys imbricata* (Tortuga carey) y *Caretta caretta* (Tortuga caguama).

Los datos generados en las zonas de refugio pesquero, sitios control y sitios sugeridos por los pescadores durante el monitoreo de megafauna en los periodos 2014 y 2016 mediante transectos acuáticos, mostraron que para el caso de los peces comerciales se obtuvo un incremento de 107.3 organismos por transecto en las ZRP con respecto al total de organismos identificados durante el 2014 (Figura 10). Para el caso de la megafauna (tiburones y rayas) y las tortugas marinas se reportó una densidad similar en cada uno de los sitios propuestos en la metodología durante los dos periodos.

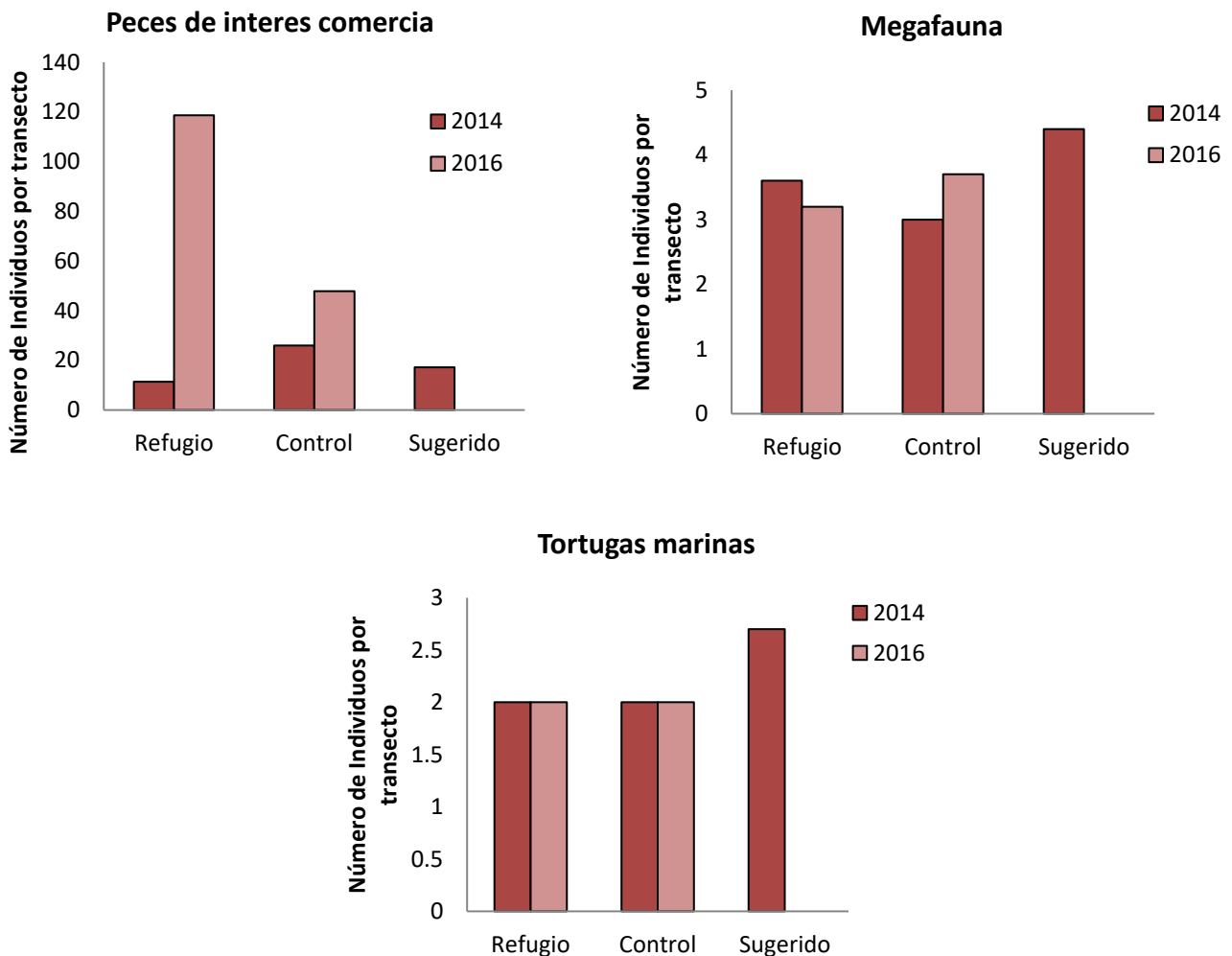


Figura 10 Densidad de peces de interés comercial, megafauna y tortugas marinas registrados en los transectos acuáticos de muestreo a distancia en los sitios muestreados en María Elena.

Se realizaron un total de 24 avistamientos de videos subacuáticos con carnada (BRUV's) para el 2014 y 2016. Se registró una diversidad de 26 especies de peces de interés comercial (1,705 individuos), las especies de mayor abundancia fueron *Haemulon carbonarium* (Matagato), *Caranx ruber* (Cojinuda), *Lutjanus griseus* (Pargo mulato) y *Ocyurus chrysurus* (Rubia). Se registraron dos individuos de *Ginglymostoma cirratum* y un total de 22 individuos de rayas, de las cuales *Dasyatis americana* fue la de mayor abundancia seguida de *Urobatis jamaicensis*. Por último, se registró un total de dos individuos de *Chelonia mydas* (Tortuga blanca).

Los datos obtenidos en los BRUV's reflejaron un aumento en el número de peces de interés comercial en las zonas de refugio pesquero evaluadas, así como una mayor densidad en los sitios

control (Figura 11). Los avistamientos de la megafauna no mostraron una diferencia significativa por sitios y por años muestreados debido a la cantidad de individuos por transecto observados. Únicamente en los sitios sugeridos no se obtuvieron registros de tortugas marinas.

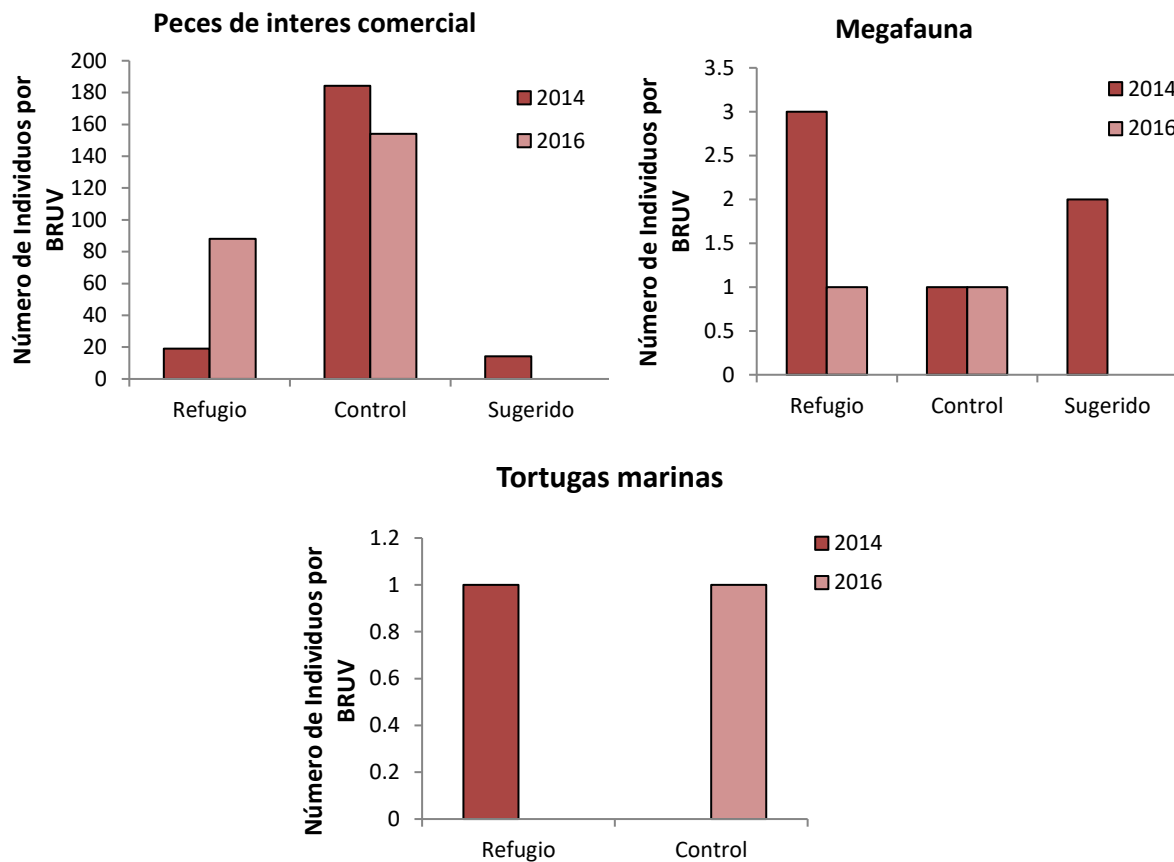


Figura 11 Densidad de peces de interés comercial, megafauna y tortugas marinas registrados en los despliegues de BRUV's en los sitios muestreados en María Elena.

Los sitios de mayor abundancia de organismos registrados fueron: San Román con una abundancia de 420 individuos de peces comerciales y siete registros de tortugas marinas en los transectos acuáticos (Figura 12), seguido de Gallineros con una abundancia de 26 individuos de tiburones y rayas (megafauna). Ambas ZRP son sitios de mayor fluctuación de biomasa y abundancia en los registros de peces comerciales, invertebrados y de cobertura coralina.

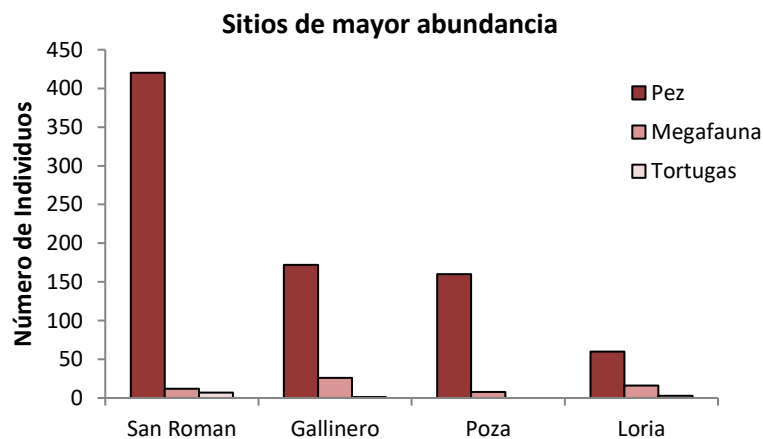


Figura 12. Sitios de mayor abundancia de peces de interés comercial, megafauna y tortugas marinas en María Elena.

Especies invasoras

En los monitoreos de pez león en las ZRP, sitios control y zonas profundas se detectaron densidades bajas, que sugieren que la especie invasora está sujeta a un nivel de control por los esfuerzos de los pescadores. Las ZRP y sitios de control han mantenido una abundancia baja de pez león desde que se establecieron las ZRP (Figura 13).

Las densidades más altas de pez león se encuentran en los sitios de monitoreo profundo (10 - 20 metros de profundidad), pero desde que se implementó el programa de captura las densidades han estado disminuyendo (Figura 14).

Los tres torneos de captura de pez león en el área de pesca de la SCPP Cozumel resultaron en la captura de 885 peces león. El primer torneo en enero 2013 obtuvo la mayor captura (503 peces), probablemente debido a que fue el primer intento de controlar la población. Los siguientes torneos obtuvieron capturas menores (mayo 2013 - 203 peces, marzo 2014 - 179 peces) aunque solo en el primer torneo se logró realizar capturas en toda el área de pesca. Durante los dos últimos torneos el mal tiempo redujo el número de embarcaciones que salieron a mar abierto a pescar (Figura 14).

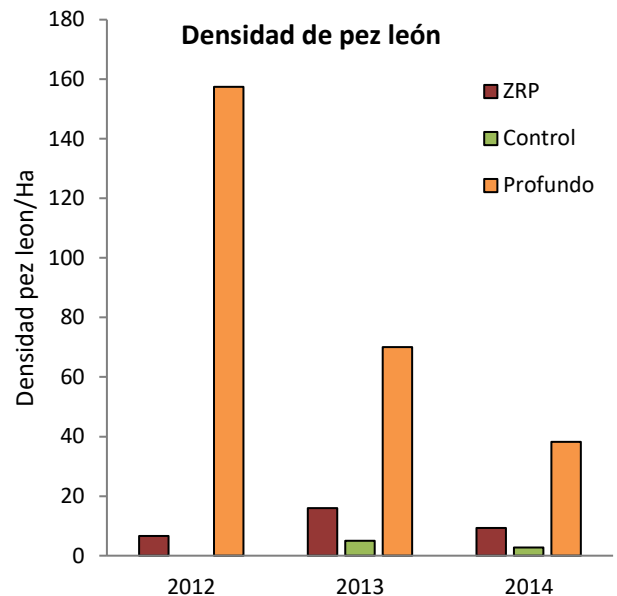


Figura 13 Densidad de pez león en los sitios de estudio

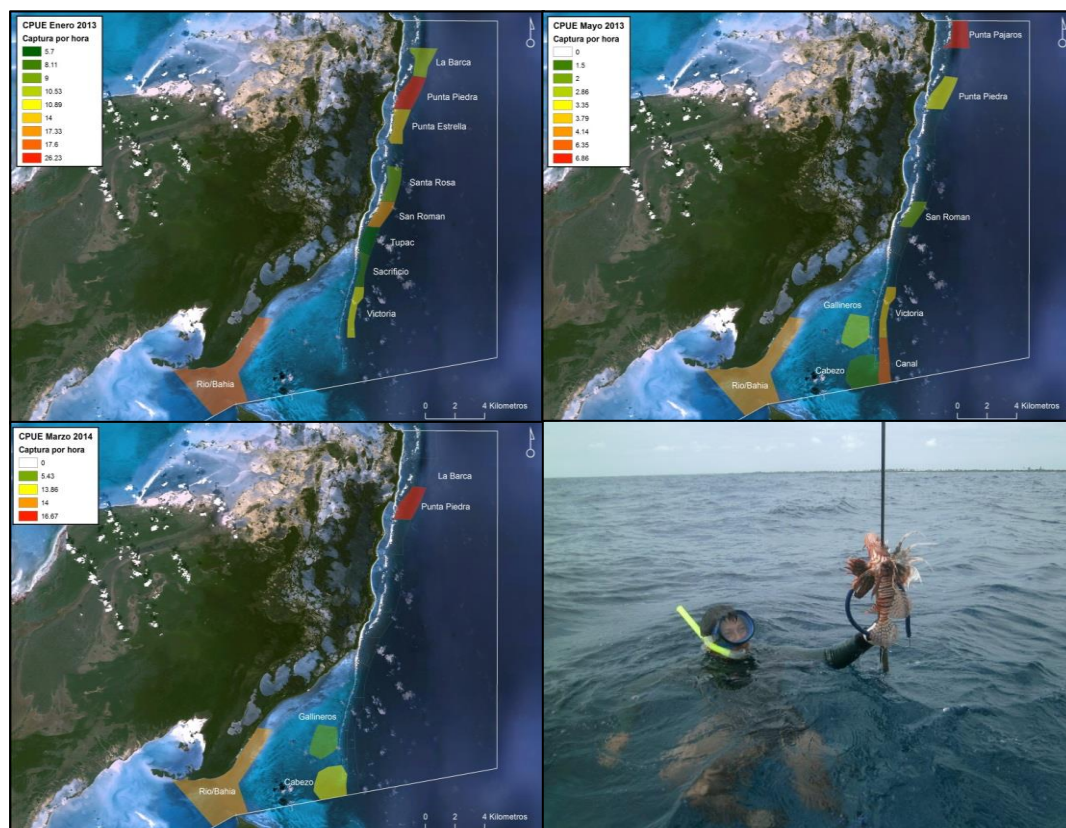


Figura 14 Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE) durante los torneos de captura de pez león en *Marín Flenn*

Pesca de langosta

Relativo a los puntos de referencia (PR) arrojados por la evaluación de población realizada por ECOSUR, se determinó que la Captura Máxima Sostenible (CMS) de langosta (*Panulirus argus*) para la Bahía de Espíritu Santo es igual 22.4 toneladas de cola. Por otro lado, el porcentaje de cosecha, o porcentaje de extracción, en relación a la biomasa existente en la bahía, comprende un 38%, que en términos “F” (FCMS) son 0.47. La CMS fue superada en 15 de 33 temporadas analizadas (Figura 15) pero no ha superado el CMS desde el establecimiento de las ZRP en el 2012. El PRL de porcentaje de cosecha fue rebasado en 6 temporadas (Figura 16). Cabe mencionar también, que en 10 temporadas el porcentaje de cosecha fue inferior al PRO (Figura 16).

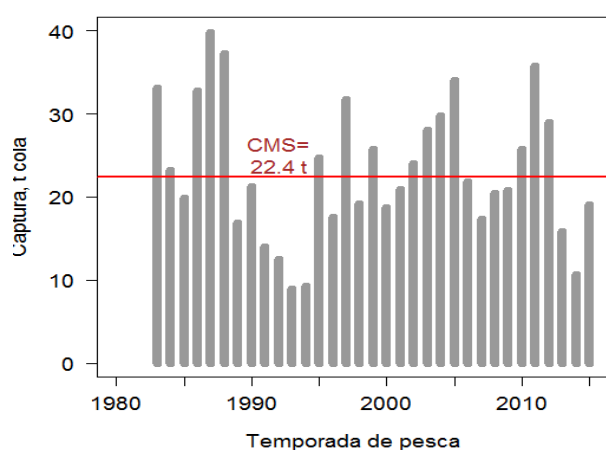


Figura 15 CMS en la Bahía de Espíritu Santo

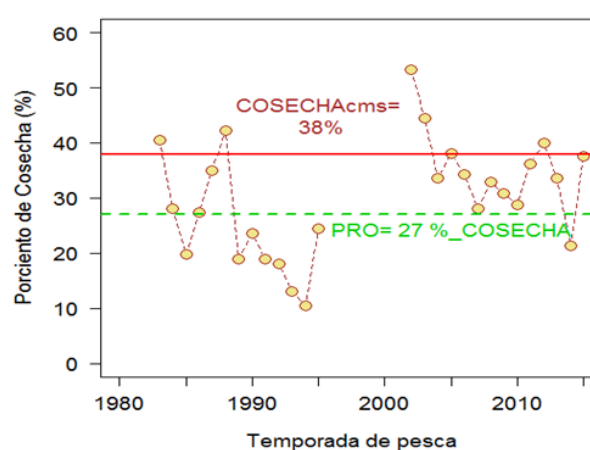


Figura 16 Porcentaje de cosecha en la Bahía de Espíritu Santo.

Estos PR fueron socializados con la SCPP Cozumel en distintos encuentros en los que participaron tanto los socios, como su directiva. En su mayoría reconocieron la veracidad de la evaluación realizada por ECOSUR, y expresaron su interés por darle continuidad a este trabajo mediante el uso de los PR, y el fortalecimiento de la colaboración en los monitoreos pesqueros.

Percepciones de las ZRP

Los datos reunidos a través de las entrevistas con los socios de la SCPP Cozumel demuestran percepciones positivas hacia la eficacia de las ZRP, así como apoyo unánime para su renovación. Casi todos los pescadores entrevistados (94 %) percibieron que el valor de los sitios protegidos como ZRP había mejorado desde la implementación del programa, mientras 6 % expresaron que el valor se mantuvo igual (Figura 17). Este resultado indica que los pescadores perciben que las ZRP han logrado recuperar ciertas áreas en términos de salud ecológica y abundancia de especies.

Además, la mayoría de los entrevistados perciben que las ZRP proporcionan beneficios económicos a la comunidad pesquera. Casi 80 % de ellos citaron la mejora de producción pesquera como un beneficio económico del programa de las ZRP. El turismo (32 %), el pago por monitoreo biológico (16 %), y el apoyo del gobierno (5 %) también fueron mencionados como beneficios económicos proporcionados por las ZRP (Figura 18). Solo 5% de los entrevistados opinaron que las ZRP no proporcionan ningún beneficio económico a la comunidad pesquera.

Cambio percibido del valor de las ZRP

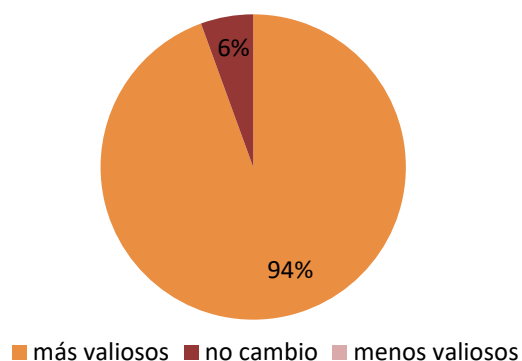


Figura 17 Cambio percibido de valor de las ZRP (n=18)

Beneficios económicos percibidos de las ZRP

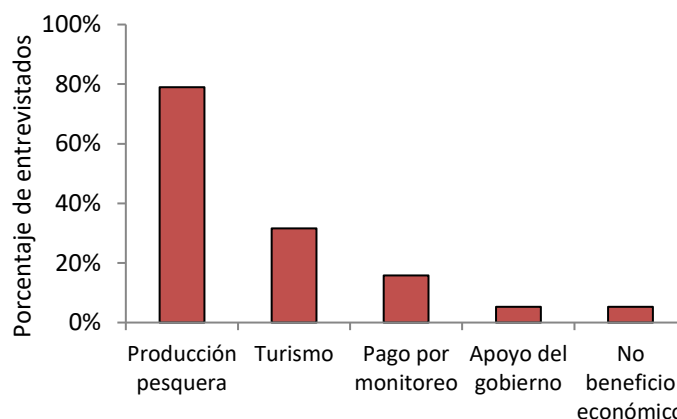


Figura 18 Beneficios económicos percibidos de las ZRP (n=19)

Los socios entrevistados apoyaron de manera unánime la renovación de las ZRP. Además, 44 % de ellos expresaron su apoyo a la posibilidad de una ampliación de las ZRP dentro de su concesión pesquera (Figura 19). Los datos dejan claro que existe dentro de la SCPP Cozumel la percepción generalizada de que las ZRP han tenido éxito tanto en proteger y recuperar algunos sitios importantes, como en proporcionar beneficios económicos a la comunidad pesquera. Debido a esta percepción, los pescadores entrevistados en el presente estudio apoyan unánimemente la renovación de las ZRP.

Apoyo para las ZRP dentro de la SCPP Cozumel

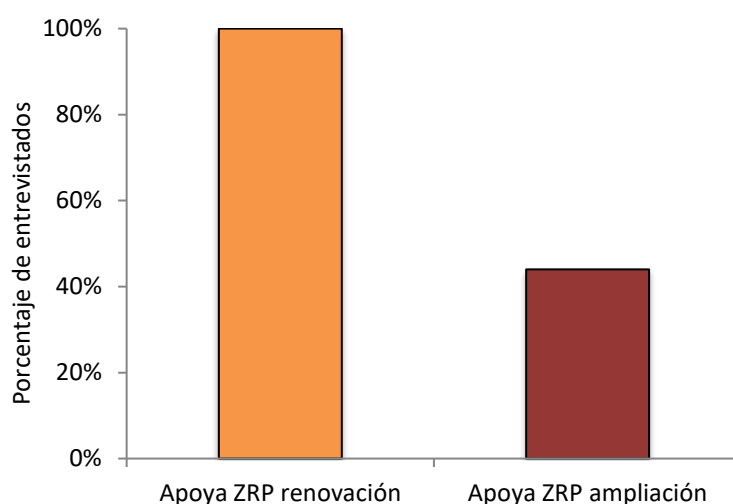


Figura 19 Apoyo para las ZRP dentro de la SCPP Cozumel (n=19)

Conclusiones

Las ocho zonas de refugio pesquero de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel en la Bahía del Espíritu Santo, Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, fueron decretadas el 30 de noviembre del 2012 por un periodo de cinco años. Pescadores de la cooperativa, capacitados en varios protocolos de monitoreo, han generado datos para evaluar la recuperación biológica de las zonas. El monitoreo del 2016 fue el último monitoreo del periodo de cinco años y en el que se sentarán las bases para evaluar la recuperación de las ZRP y para solicitar la renovación de las mismas. Los socios de la SCPP Cozumel están orgullosos de lo que han logrado con sus ZRP: 1,033.25 hectáreas protegidas, 23 pescadores-monitores capacitados, 1,212 transectos de monitoreo ejecutados. Hay que hacer notar que el 98% de los pescadores de la comunidad de María Elena, han participado en una o más actividades referentes a los refugios pesqueros.

A pesar que las ZRP de la SCPP Cozumel son pequeñas (todas menos de 9 hectáreas, con la excepción de Mimis y Punta Niluc), se han documentado resultados especulares en cuanto a la abundancia y densidad de langosta (*Panulirus argus*), la especie de mayor importancia para la cooperativa. La densidad de langosta ha aumentado en todas las ZRP, en algunas más que en otras, pero en promedio ha aumentado 380 % a partir de la línea base. Y esto, a pesar de que en la temporada de pesca 2014-2015 la captura de langosta en todo el Estado de Quintana Roo fue mucho más baja de lo normal debido a las condiciones climatológicas.

Se completaron dos monitoreos durante el 2014 y el 2016, que nos permitió evaluar la megafauna en las ZRP y zonas aledañas. La Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel cuenta con un equipo de 10 monitores (pescadores), especializados en la identificación de los tiburones, rayas y tortugas marinas, así como en la ejecución de las tres técnicas para el monitoreo de megafauna. Los monitores lograron realizar 32 transectos acuáticos de muestreo a distancia, lo que suma un total de 1.92 km² así como un total de 24 despliegues de BRUV's, y lograron crear la primera línea base para la estimación de la abundancia y la diversidad de especies que habitan de manera estacional o intermitente en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Además, la implementación del monitoreo nos permitió fortalecer las acciones de conservación y recuperación de las especies de la megafauna marina.

Aún existe la necesidad de implementar técnicas más finas de monitoreo para las ZRP que no están ubicadas sobre arrecifes, es decir, los hábitats de la bahía con fondo lodoso, manglares y pastos marinos. La SCPP Cozumel, COBI y la Alianza Kanan Kay están creando vínculos con centros de investigación locales e internacionales para implementar estas técnicas en el futuro. El próximo paso es seguir registrando los datos biológicos dentro y fuera de los refugios pesqueros y esperar ver el efecto de desbordamiento a áreas de pesca de las cooperativas, para que los pescadores comiencen a recibir beneficios directos de la pesca de sus reservas marinas. Actualmente, el aumento en la biodiversidad y abundancia está creando un ecosistema con mayor resiliencia a perturbaciones como el cambio climático.

Respecto a la evaluación de poblaciones realizada para la pesquería de langosta espinosa (*Panulirus argus*), el análisis de los resultados concluye que la salud del recurso es estable y la pesquería se encuentra en un estado que no representa mayores amenazas. Sin embargo, a raíz del establecimiento de puntos de referencia (PR), las cooperativas estuvieron de acuerdo en proponer medidas de manejo, con las cuales responder en caso de que dichos PR sean rebasados por más de dos temporadas seguidas. Ya se realizó una reunión de trabajo a la que asistieron cuatro de las seis cooperativas involucradas, junto con ECOSUR y COBI. En la reunión se hicieron propuestas específicas nacidas de los propios pescadores presentes, y se plantearon acuerdos de

seguimiento en temas de socialización con el resto de los socios pescadores, y en caso de aceptación generalizada, procederán a la formalización de las propuestas durante 2017.

El estudio de percepciones indica que en la cooperativa Cozumel, las ZRP están teniendo no solo resultados biológicos positivos en el sitio. Indica que los pescadores están notando estos cambios y que además están viendo los beneficios económicos. Además demuestra que el 100% de los pescadores entrevistados en María Elena están a favor de la renovación de los refugios pesqueros y que están abiertos a una modificación (mayor tamaño) de los mismos. En diciembre del 2016, se realizó un taller para evaluar los resultados de los refugios pesqueros. Los socios de la cooperativa pudieron conocer todos los resultados del monitoreo biológico y evaluar si estos resultados están reflejando un beneficio. De manera contundente los socios votaron a favor de la renovación de los refugios pesqueros por cinco años más. Sin embargo manifestaron la necesidad de incorporar más componentes de monitoreo, como son la pesca de langosta y escama, marcaje de langosta dentro de los refugios, seguimiento del monitoreo de pez león, monitoreo del caracol rosado entre otros.

Agradecimientos

El trabajo no hubiera sido posible sin la participación de los pescadores monitores, socios y trabajadores Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel en María Elena. Agradecemos a los directivos de la cooperativa, a los socios de la Alianza Kanan Kay por su importante apoyo en el establecimiento de los refugios pesqueros, a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) por su apoyo en el trabajo adentro de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, y a la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA) y el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) por su apoyo en el establecimiento y operación de los refugios pesqueros. Agradecemos el apoyo de las siguientes fundaciones: The Summit Foundation, The Oak Foundation, la Alianza World Wildlife Fund - Fundación Carlos Slim, The Walton Family Foundation, The Inter-American Foundation, The Nature Conservancy y el ESRI Conservation Program.

Referencias

- Albins, M.A. (2013). Effects of invasive Pacific red lionfish *Pterois volitans* versus a native predator on Bahamian coral-reef fish communities. *Biol. Invasions* 15, 29-43.
- Fulton S., Garcia, C., Caamal, J., Cuevas, E., Marcos, S., Bourillón, L. (2015). Manual de Monitoreo Comunitario: Protocolo de Evaluación de Refugios Pesqueros: Arrecife Mesoamericano. Comunidad y Biodiversidad A.C. Guaymas, Sonora, México. 32 pp.
- Green, S.J., Côté, I.M. (2009). Record densities of Indo-Pacific lionfish on Bahamian coral reefs. *Coral Reefs* 28: 107.
- Jackson, J., Donovan, M., Cramer, K., Lam, V. (2014). Status and trends of Caribbean coral reefs: 1970-2012. Global Coral Reef Monitoring Network, IUCN, Gland, Switzerland. 304 pp.
- Kramer, P., McField, M., Álvarez, F.L., Drysdale I., Rueda, F.M., Giró, A., Pott, R. (2015). Reporte de la Salud Ecológica del Arrecife Mesoamericano 2015. Iniciativa Arrecifes Saludables. 29 pp.
- Schofield, P. J. (2009). Geographic extent and chronology of the invasion of non-native lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennett 1828]) in the Western North Atlantic and Caribbean Sea. *Aquatic Invasions*, 4(3), 473-479.
- Secretaría de Gobernación. (2012). Acuerdo por el que se establece una red de zonas de refugio pesquero en aguas marinas de jurisdicción federal ubicadas en el área de Sian Ka'an, dentro de la Bahía Espíritu Santo en el Estado de Quintana Roo. Diario Oficial de la Federación. México. 11 pp.