

MONITOREO DE LAS COMUNIDADES ARRECIFALES DEL APFF YUM BALAM



MONITOREO DE LAS COMUNIDADES ARRECIFALES DE YUM BALAM

Informe final

Responsables:

M. en C. Miguel A. García Salgado
M. en C. Gabriela G. Nava Martínez

Participantes:

Biól. Edgar Salvador Samos Falcón
Biól. Miguel Mateo Sabido Itzá
Tec. Guadalupe Guerrero Hernández
José Antele Marcial

Septiembre 2015

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. AREA DE ESTUDIO.....	2
IV. MÉTODOS.....	5
a. Comunidad de peces	6
b. Cobertura del sustrato	8
c. Comunidad coralina	11
V. ANÁLISIS DE DATOS.....	12
VI. RESULTADOS	13
a. Comunidad de peces	13
b. Cobertura del sustrato	18
c. Comunidad coralina	20
VII. CONCLUSIONES	22
VIII. REFERENCIAS	24

I. INTRODUCCIÓN

El Área de Protección de Flora y Fauna de Yum Balam (APFF YB) se considera como la parte más extrema al norte del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM). La región es considerada de alta productividad biológica a consecuencia del fenómeno de surgencia, el cual permanece todo el año mostrando diferencias temporales ya que intensifica su fuerza durante primavera y verano (Merino 1992). Estas características provocan la presencia de innumerables especies marinas tales como moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, tortugas, peces, aves y mamíferos marinos. También es una zona migratoria, de reproducción y anidación de diversos organismos, como es el caso de la llegada de grandes grupos de tiburones ballena (*Rhincodon typus*) que se acercan al área para alimentarse, siendo esta zona una de las de mayor agregación de tiburón ballena en el Caribe. Precisamente, entre las acciones primordiales del área protegida están las que se realizan para proteger a la población del tiburón ballena y aquellas enfocadas a las actividades turísticas relacionadas, como la visita a las comunidades arrecifales de Cabo Catoche.

En 2007, se llevó a cabo la primera caracterización de estas comunidades arrecifales de acuerdo con el Programa Regional de Monitoreo del Sistema Arrecifal Mesoamericano (García-Salgado et al., 2007), con el objetivo de diseñar un programa de monitoreo de acuerdo con las especies predominantes en los sitios, y evaluar cambios que pudieran estar asociados a las actividades turísticas que ahí se realizan. Con esta caracterización se estableció una línea base a partir de la cual, a través de un programa de monitoreo, sería posible evidenciar cambios.

En 2015 se propone continuar con el programa de monitoreo del área con los métodos descritos en Programa de Monitoreo de Yum Balam (García-Salgado y Nava-Martínez, 2008), realizando una comparación con los resultados obtenidos durante el año 2007 con el fin de poder observar tendencias de cambio a través del tiempo en los sitios de monitoreo.

II. OBJETIVOS

Evaluar cambios en los indicadores seleccionados de las comunidades arrecifales en comparación con la línea base.

- 1.1. Monitoreo de 5 sitios de desarrollo de comunidades arrecifales en la APFF Yum Balam.
- 1.2 Comparar los resultados de monitoreo en comparación con la línea base resaltando los cambios principales.

III. AREA DE ESTUDIO

El Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam (Fig. 1) se encuentra localizada entre los 21°13'58" y los 21°42'18" de latitud Norte y los 87°52'13" y los 87°05'48" de longitud Oeste. Se encuentra en el extremo norte del Municipio de Lázaro Cárdenas, y del Municipio de Isla Mujeres, Q. Roo. El límite Sur se localiza aproximadamente a 20 km al Noroeste de KantunilKin; abarca la franja costera de la porción continental del municipio de Lázaro Cárdenas, Laguna de Yalahau y la Isla de Holbox; el límite Norte se encuentra en el mar (canal de Yucatán), 18 km aproximadamente al Norte de la Isla Holbox (Garcia Salgado et al, 2007).

El área fue decretada por su importancia biológica al encontrarse dentro de sus límites selvas tropicales, medianas, bajas y bajas inundables, bosques de manglar, lagunas costeras y zonas marítimas importantes así como especies raras, amenazadas o en peligro de extinción (D.O.F. 1994). Así mismo las investigaciones que se están realizando permiten suponer que la zona es una de las mas importantes para el tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en el mundo.



Figura 1. Polígono del Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam.

El APFF Yum Balam es un área importante para más de 30 especies de aves terrestres que migran por la ruta transgolfo, cruzando el océano desde Louisiana y el oeste de Florida, hasta el norte de la península de Yucatán (Rappole, 1983). Es el primer sitio de descanso en tierra firme al que llegan estas aves del neártico, y es crítico para estas especies el disponer de hábitat para reabastecerse y así continuar su viaje hacia América del Sur o bien permanecer en la península durante el invierno (Greenberg, 1990).

En cuanto a su fisiografía Weidie (1985) menciona que la plataforma continental de la península de Yucatán está cubierta por rocas carbonatadas y sedimentos del Terciario al Holoceno, predominando calizas, sedimentos y arrecifes coralinos del cuaternario en la franja litoral desde Cabo Catoche hasta MonkeyRiver al Sur de Belice. Las fallas geológicas que ahí existen, se orientan paralelamente al litoral del Mar Caribe, que ha tenido hundimientos formando lagos alargados; algunos estudios indican que este sistema de fracturas se extiende cerca de 100 km desde la costa norte hacia el sur, por lo que la zona se observa compuesta por zanjas inundadas o depresiones lineales. Al parecer esta formación es similar a la falla del Río Hondo (Ishphording 1975), la cual favoreció la formación del sistema arrecifal Beliceño (James y Gingsburg, 1979).

En cuanto a la influencia antropogénica, el poblado más cercano es Holbox el cual tiene una población de 1,486 habitantes según el Censo de Población y Vivienda del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática en 2010. Debido a que se encuentra dentro de la Reserva de Yum Balam y en base a su capacidad de carga, dentro de la localidad hay muy pocos vehículos automotores, salvo algunos carritos de golf en su mayoría eléctricos. En los últimos años, Holbox se ha convertido en un destino turístico preferido. Hasta 2014 se registraban 56 hoteles y 589 cuartos solo en la isla de Holbox (SEDETUR, 2014), y cada fin de semana se registran entre 800 a 1000 visitantes que viajan desde Cancún para disfrutar del sitio. Entre las actividades principales se encuentran la visita de avistamiento de tiburón ballena, esnorquel en las comunidades arrecifales de Cuevones, avistamiento de aves y pesca.

IV. MÉTODOS

Con base en la caracterización realizada en 2007 (García-Salgado et al., 2007) se definieron cinco sitios primordiales para el monitoreo en las comunidades arrecifales de la APFF Yum Balam debido a su condición de uso (Fig. 2). Los sitios 1 y 2 corresponden al área conocida como Cuevones con mayor visitación, mientras que 3, 4 y 5 cuentan con mayor actividad pesquera.

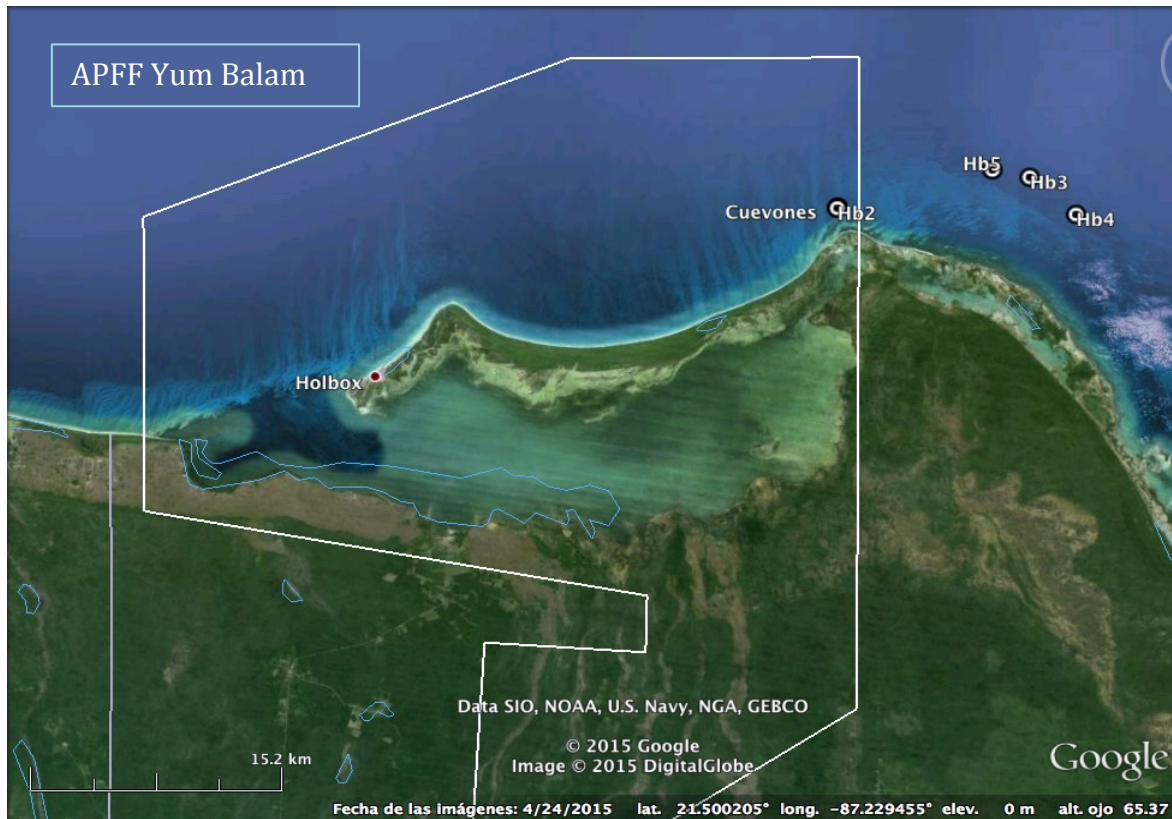


Figura 2. Localización de los sitios de muestreo para la evaluación de las comunidades arrecifales.

Se llevó a cabo el monitoreo de los 5 sitios seleccionados evaluando: (a) la comunidad de peces mediante censos visuales sobre transectos, (b) el porcentaje de cobertura del sustrato mediante fotocadrantes y, (c) la evaluación de la comunidad coralina predominante.

Todos los muestreos se realizaron utilizando técnicas de buceo SCUBA. Los métodos y las adaptaciones se realizaron debido a las condiciones de las comunidades coralinas en la zona de Yum Balam, donde predomina una alta densidad de corales blandos y macroalgas, y donde es escasa la presencia de corales duros.

a. Comunidad de peces

Para la evaluación de la comunidad de peces se utilizó el método establecido en el Programa de Monitoreo Sinóptico (PMS) del Sistema Arrecifal Mesoamericano basado en el protocolo AGRRA (Gingsburg, 1999) que consiste en nadar sobre un transecto de 30 x 2 m identificando y contabilizando todos los individuos de peces adultos de las familias indicadoras del PM SAM que atraviesen el transecto.

Las familias indicadoras incluyen los grupos tróficos más importantes y se refieren a los grupos de peces más representativos del ecosistema arrecifal, ya sea por ser de importancia comercial o típicamente arrecifales (Tabla 1): Acanthuridae (Cirujanos), Pomacanthidae (Angeles), Chaetodontidae (Mariposas), Haemulidae (Roncos), Lutjanidae (Pargos), Scaridae (Loros), Serranidae (Meros, chernas y abadejos), Balistidae (Ballesta) y otros comunes y de importancia comercial como *Lachnolaimus maximus*, *Mycrospatodon chrysurus*, *Bodianus rufus*, *Caranx ruber*, *Sphyrna barracuda* y otros comunes.

En esta ocasión fue necesario incluir el resto de las especies presentes en el transecto, ya que es posible que estas especies puedan ser un indicador de degradación en un sistema (Arias-Glez, com. pers. 2012). También se registraron los individuos de la especie invasora *Pterois sp.* (Pez león).

Para la toma de datos de peces dos buzos nadan paralelamente anotando e identificando las especies, y cuentan los individuos clasificándolos en grupos de tallas: I (5-10 cm); II (11-20 cm); III (21-30 cm); IV (31 – 40 cm); V (>40 cm). La toma de datos se realiza en un túnel imaginario hacia el frente donde se toman datos a un metro a cada lado del transecto, tratando de identificar primero las especies de mayor tamaño que tienden a moverse rápidamente, mientras que las pequeñas pueden permanecer en un espacio cercano. Al llegar al final, el buzo siente un pequeño jalón que le indicará que ha llegado a los 30 mts. Aquí se detiene la toma de datos y se nada de regreso para recuperar el transecto. De esta forma dos buzos realizan la toma de datos en 3 transectos, para contar con un total de 6.

Tabla 1. Familias indicadoras del Programa de Monitoreo Sinóptico del Sistema Arrecifal Mesoamericano.

ACANTHURIDAE	HAEMULIDAE	BALISTIDAE/ MONACANTHIDAE	SERRANIDAE
<i>Acanthurus bahianus</i>	<i>Haemulon flavolineatum</i>	<i>Balistes vetula</i>	<i>Epinephelus adscensionis</i>
<i>Acanthurus chirurgus</i>	<i>Haemulon sciurus</i>	<i>Canthidermis sufflamen</i>	<i>Epinephelus guttatus</i>
<i>Acanthurus coeruleus</i>	<i>Haemulon chrysargyreum</i>	<i>Melichthys niger</i>	<i>Epinephelus morio</i>
CHAETODONTIDAE	<i>Haemulon plumieri</i>	<i>Aluterus scriptus</i>	<i>Epinephelus striatus</i>
<i>Chaetodon capistratus</i>	<i>Haemulon carbonarium</i>	<i>Cantherhines pullus</i>	<i>Epinephelus itajara</i>
<i>Chaetodon ocellatus</i>	<i>Haemulon aurolineatum</i>	<i>Cantherhines macrocerus</i>	<i>Cephalopholis cruentata</i>
<i>Chaetodon striatus</i>	<i>Haemulon melanurum</i>	SCARIDAE	<i>Cephalopholis fulvus</i>
<i>Chaetodon sedentarius</i>	<i>Haemulon striatum</i>	<i>Sparisoma viride</i>	<i>Mycteroperca bonaci</i>
<i>Chaetodon aculeatus</i>	<i>Haemulon macrostomum</i>	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	<i>Mycteroperca tigris</i>
LUTJANIDAE	<i>Haemulon parra</i>	<i>Sparisoma chrysopteryum</i>	<i>Mycteroperca interstitialis</i>
<i>Lutjanus campechanus</i>	<i>Anisostremus virginicus</i>	<i>Sparisoma rubripinne</i>	<i>Mycteroperca venenosa</i>
<i>Lutjanus analis</i>	<i>Anisostremus surinamensis</i>	<i>Sparisoma atomarium</i>	LABRIDAE
<i>Lutjanus cyanopterus</i>	<i>Haemulon album</i>	<i>Sparisoma taeniopterus</i>	<i>Bodianus rufus</i>
<i>Lutjanus griseus</i>	POMACANTHIDAE	<i>Scarus vetula</i>	<i>Lachnolaimus maximus</i>
<i>Lutjanus jocu</i>	<i>Holacanthus ciliaris</i>	<i>Scarus croicensis</i>	CARANGIDAE
<i>Lutjanus mahogani</i>	<i>Holacanthus bermudensis</i>	<i>Scarus guacamaia</i>	<i>Caranx ruber</i>
<i>Lutjanus synagris</i>	<i>Pomacanthus paru</i>	<i>Scarus coelestinus</i>	POMACENTRIDAE
<i>Ocyurus chrysurus</i>	<i>Pomacanthus arcuatus</i>	<i>Scarus coeruleus</i>	<i>Mycrospathodon chrysurus</i>
<i>Lutjanus apodus</i>	<i>Holacanthus tricolor</i>		SPHYRAENIDAE
			<i>Sphyraena barracuda</i>

b. Cobertura del sustrato

Para obtener la información de los componentes del bentos, se utilizó el método de fotocuadrantes utilizando buceo SCUBA. Los fotocuadrantes se refieren a la unidad de muestreo de forma cuadrada o rectangular de 1m² dentro de la cual se cuentan, se miden o se registran los organismos. Los cuadrantes se utilizan para determinar el porcentaje de cobertura, densidad, abundancia y diversidad de los diferentes componentes bentónicos del arrecife. Los cuadrantes se fotografiaron a lo largo de un transecto de 30 m. El cuadrante se colocó cada cinco metros y se tomó una fotografía digital de cada uno de los cuadrantes (Fig. 3). En cada sitio se realizaron tres transectos con seis cuadrantes cada uno.

Se seleccionó esta unidad de muestreo debido a las condiciones biológicas de las comunidades coralinas en la zona de Yum Balam, donde predomina una alta densidad de corales blandos y algunas colonias pequeñas de corales duros (Rogers, 2001; García-Salgado et al., 2007).

Posteriormente cada una de las fotografías tomadas fue analizada en la computadora por el programa CPCe V3.4 (Kohler, 2006). Este programa selecciona 20 puntos al azar por cada cuadrante fotografiado identificando el grupo funcional al cual corresponde (corales, algas, gorgonáceos, esponjas), para obtener 120 puntos en 6 cuadrantes a lo largo de cada transecto (Fig. 4). Se determinó este número de puntos para hacerlo comparable con el método del punto de intercepción utilizado por el Proyecto SAM. Con esta información será posible computar el porcentaje de cobertura de cada tipo de sustrato (como $(\#registros/120)*100\%$).

La información se procesa en una hoja de cálculo en donde se obtienen las coberturas promedio de los componentes bentónicos para cada uno de los sitios con una medida de variabilidad. La densidad de corales blandos es determinada en el campo, en cada cuadrante se cuenta el número de individuos, y a partir del total se obtiene la media de los individuos por metro cuadrado y las medidas de variación (desviación estándar y error estándar).

Tabla 2. Claves de las categorías del sustrato (Izq.) y ejemplo de las claves para especies y géneros de coral (Der.).

Grupos (CLAVES)	Especies de coral (CLAVES)
<i>Coral (COR)</i>	<i>Acropora cervicornis (Acer)</i>
<i>Gorgonaceos (GG)</i>	<i>Acropora palmata (Apal)</i>
<i>Esponjas (SPN)</i>	<i>Colpophylia natans (Cnat)</i>
<i>Algas coralinas (ACOR)</i>	<i>Dendrogyra cylindrus (Dcyl)</i>
<i>Algas calcáreas (HA)</i>	<i>Dichocoenia stokesi (Dsto)</i>
<i>Macroalgas (MA)</i>	<i>Diploria sp (Dip sp)</i>
<i>Alga turf (TURF)</i>	<i>Eusmilia fastigiata (Efas)</i>
<i>Algas azul-verde (AAV)</i>	<i>Favia fragum (Ffra)</i>
<i>Coral muerto (CMR)</i>	<i>Menadrina meandrites (Mmea)</i>
<i>Otra fauna sesil (OT)</i>	<i>Millepora sp (Mil sp)</i>
<i>Roca (RC)</i>	<i>Montastraea annularis (Mann)</i>
<i>Arena (AR)</i>	<i>Montastraea cavernosa (Mcav)</i>
	<i>Montastraea sp (Mon sp)</i>
	<i>Porites porites (Ppor)</i>
	<i>Porites astreoides (Past)</i>

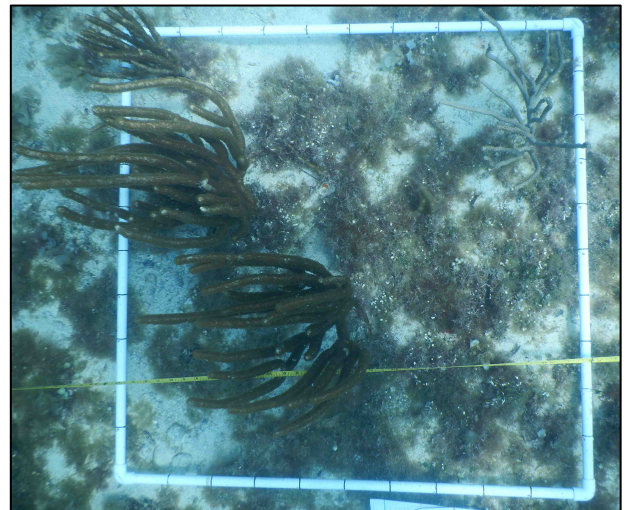


Figura 3. Cuadrantes para fotografía y evaluación de cobertura del sustrato a lo largo de los transectos de muestreo en las comunidades arrecifales de Yum Balam.

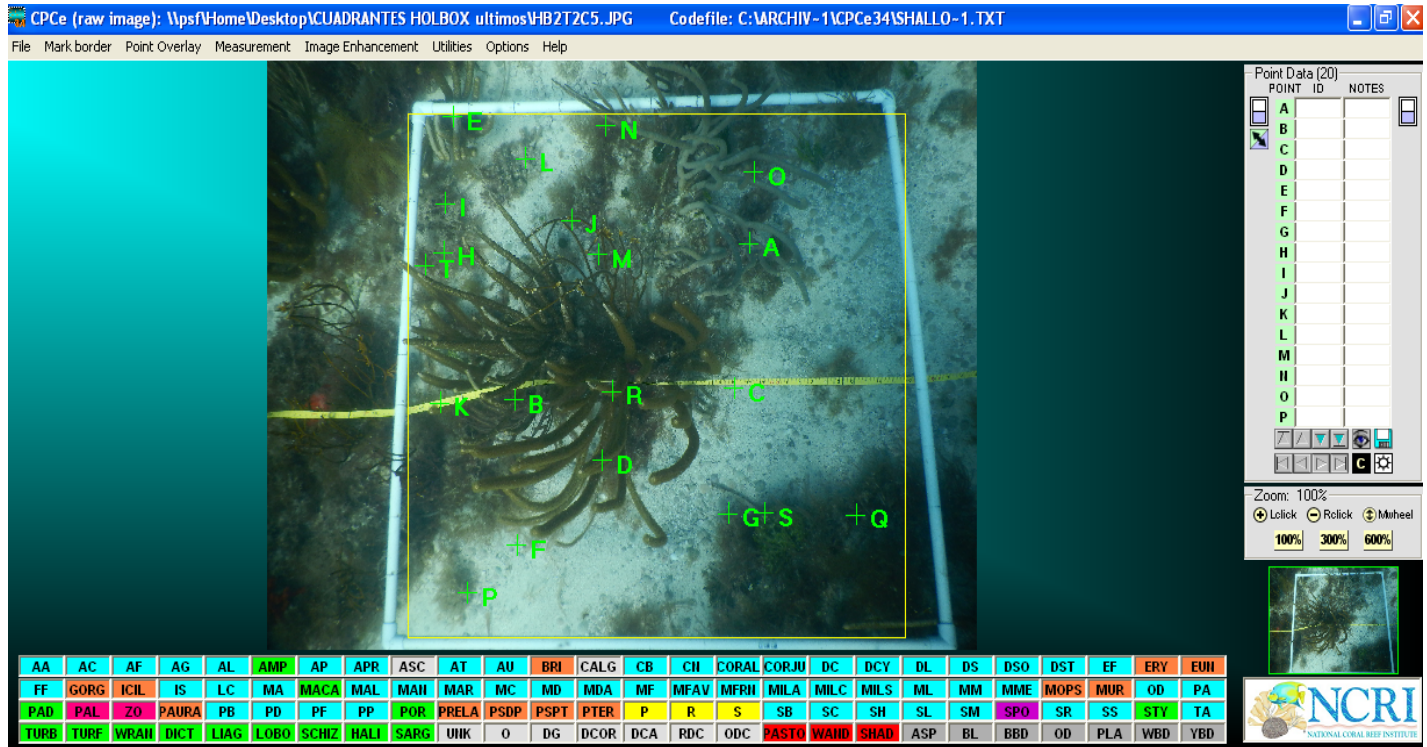


Figura 4. Análisis de fotocadrantes en el programa CPCe.

c. Comunidad coralina

Para la evaluación de la condición de la comunidad coralina se consideró la densidad y condición de corales duros y blandos. La evaluación de los corales blandos se realizó identificando y contabilizando las especies dentro del cuadrante y evaluándolas en términos de composición, estructura de tallas (altura), presencia de blanqueamiento, enfermedades y otras afecciones (Fig. 5)

Cada colonia de coral fue registrada e identificada hasta especie, si esto no era posible, se identificaba al menos el género y se tomaba una fotografía. Con una vara marcada cada 10 cm, en cada colonia se media la altura (a partir de la base). Una vez medida se realizaba una inspección en toda la colonia para identificar enfermedades, blanqueamiento o alguna otra condición que esté afectando el tejido vivo.

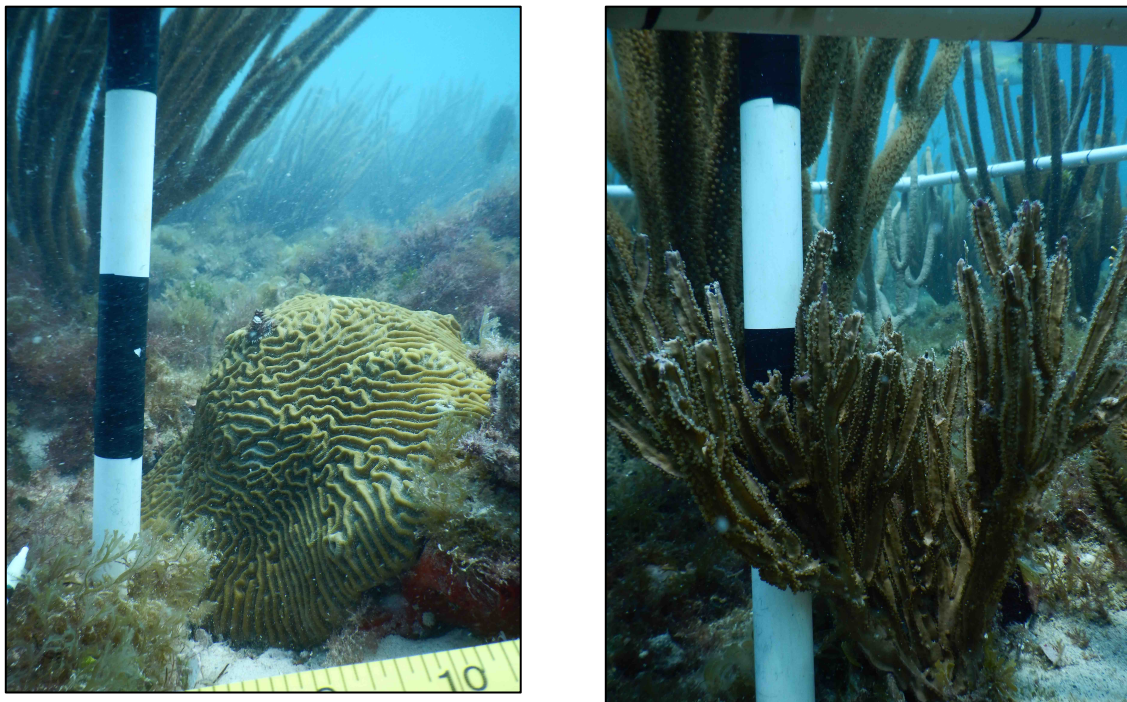


Figura 5. Medición de corales duros (Izq.) y blandos (Der.) para evaluación de la comunidad coralina.

V. Análisis de datos

Los datos de campo se capturaron en hojas sumergibles. La identificación y densidad de corales blandos fue corroborada en el análisis posterior.

Los datos obtenidos en campo fueron ingresados a hojas de cálculo para integrar bases de datos correspondientes a cada uno de los componentes (sustrato, comunidad coralina y comunidad de peces). Cada una de las bases de datos contiene información sobre el año y fecha del muestreo, periodo de muestreo (1, 2), intensidad de uso, sitio (Num. De estación y claves asignadas) y número de transecto además de los datos generados (variable) para cada grupo.

Se realizó un análisis exploratorio de los datos a partir de la generación de gráficos, tablas y medidas de dispersión (Zuur *et al.*, 2007) para evaluar errores en la entrada de datos, esfuerzo de muestreo, la presencia de datos extremos, distribución de las variables y necesidad de transformaciones. Con estos resultados se realizó una descripción de la condición del arrecife en los sitios en función de los indicadores muestreados. Los datos de cobertura fueron relacionados con las comunidades del bentos y de peces con análisis multivariados (Diagramas de ordenación MDS) para observar posibles patrones de distribución relacionados con uso. Para observar diferencias entre años a nivel de comunidad se realizó un análisis de similitudes con datos multivariados (ANOSIM), y para realizar comparaciones entre sitios se realizó una prueba de Kolmogorov-Smirnof (KS) para observar cambios significativos entre los dos años a nivel de sitio.

Los resultados obtenidos fueron integrados en una base de datos temporal que incluye datos de los monitoreo anteriores para poder realizar comparaciones, evidenciar las tendencias y generar posibles hipótesis de cambio de acuerdo a la localización del sitio. De esta forma fue posible generar recomendaciones de manejo enfocadas a la recuperación de la cobertura coralina y/o el manejo de las actividades.

VI. RESULTADOS

a. Comunidad de peces

Se realizaron un total de 30 transectos. En éstos, se registraron un total de 1226 individuos distribuidos en 74 especies de peces, incluidas en 35 géneros y 22 familias, sin embargo el 85% de la abundancia se concentró en solo 8 familias (Figura 6). Las familias con mayor abundancia fueron: Haemulidae (Roncos) con cerca del 30% de la abundancia total, siendo las especies *Haemulon plumieri.*, *H. flavolineatum*, *Lutjanus apodus* y *Anisostremus virginicus* las más abundantes; la familia Acanthuridae (cirujanos) fue la segunda más abundante con el 15% del total. Los individuos de estas familias se encontraron en grandes cardúmenes, principalmente en el sitio 3 (Fig. 7).

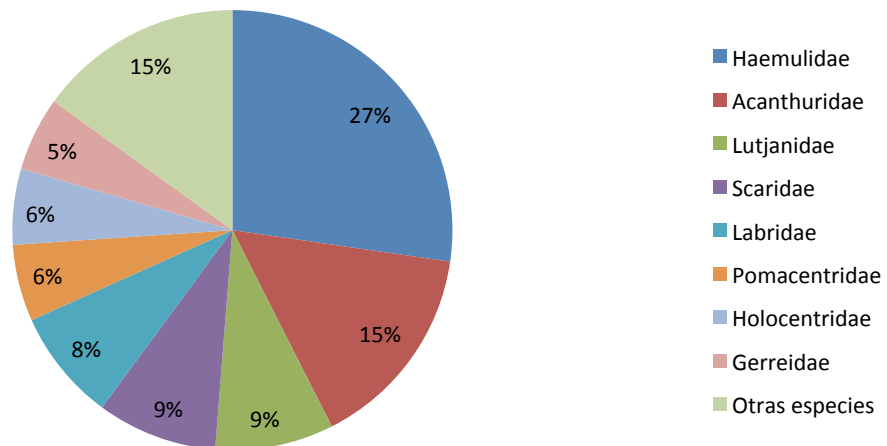


Figura 6. Abundancia relativa (%) de peces por familia en las comunidades arrecifales de Yum Balam.



Figura 7. Cardúmenes de la familia Haemulidae en los sitios 3 (izq.) y 1 (Der.).

La densidad media estimada fue de 68.11 ind/100m² (+39.92 D.E.) por encima de la media regional reportada para el arrecife mesoamericano (García –Salgado et al., 2006). El sitio 3 fue en el que se registró la mayor densidad con 140.56 ind/100m² (+86.62 D.E.) al igual que en el año 2007, mientras que los sitios 1 y 2 presentaron los valores más bajos de densidad (Tabla 3). Este año 2015, sin embargo, los valores de abundancia fueron significativamente mayores (KS 1.73, P= 0.004) que en 2007 en los sitios 1 y 4, y la riqueza presentó diferencias significativas en los sitios 1, 3 y 4 (KS 1.44, P =0.003).

Tabla 3. Densidad media (ind/100m²) de peces por sitio (± Desviación Estándar) en el monitoreo 2015.

2015		
Sitio	Densidad media (Ind/100m ²)	DE
1	35.56	14.74
2	30.00	14.29
3	140.56	86.62
4	72.78	31.35
5	61.67	52.62
Media total	68.11	39.92

En todos los sitios, los roncós (familia Haemulidae) tuvieron altos valores de densidad con un promedio de 19.22 ind/100 m² (Figura 8). La familia Serranidae o Meros se registró con mayor abundancia en el sitio 2 y fueron escasos en los sitios 3, 4 y 5 donde la actividad pesquera es mayor, mientras que los peces mariposa de la familia Chaetodontidae se registraron solamente en los sitios 3, 4 y 5. Los loros (Scaridae) y pargos (Lutjanidae) fueron abundantes en los sitios 3, 4 y 5, con muy baja abundancia en los sitios 1 y 2. En estos sitios fueron más abundantes especies del grupo “Otros” y “Otros Comunes” de la familia Labridae y Holocentridae.

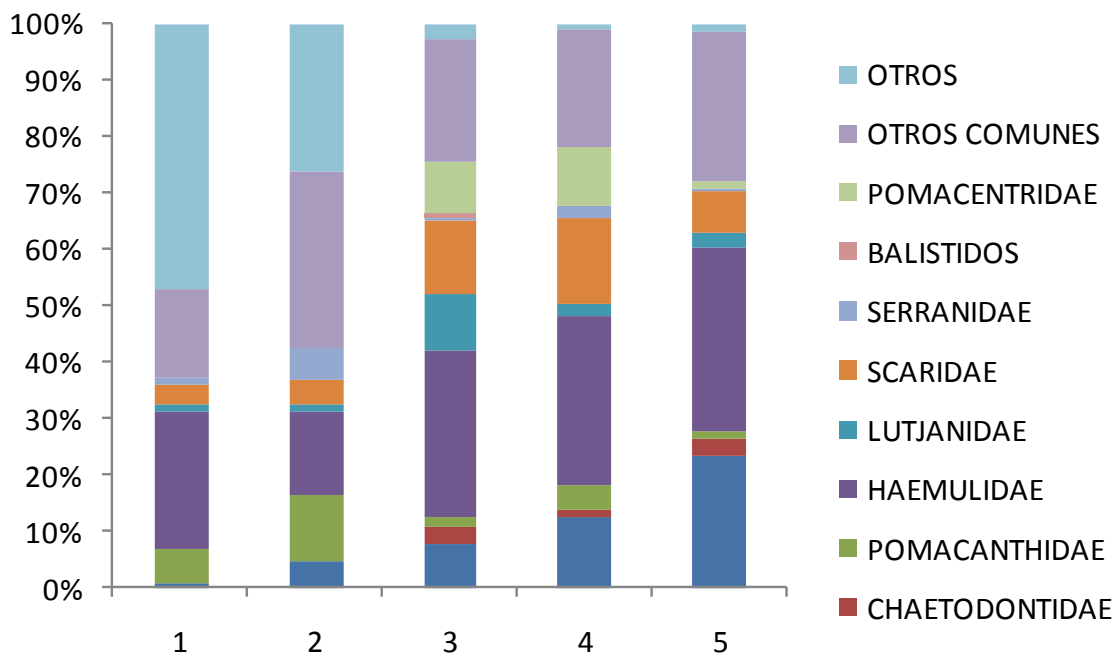


Figura 8. Abundancia relativa de peces por familia por sitio de muestreo.

Se registró la presencia de pez león (Fig. 9) en los sitios 3, 4 y 5 con 8, 2 y 1 individuos respectivamente, probablemente debido al tipo de hábitat dominante. La talla promedio registrada fue de 27.3 cm de LT, con una desviación estándar de ± 5.6 cm. Al realizar el comparativo se puede observar que las tallas aquí reportadas se encuentran dentro de las medidas reportadas en otras áreas del Caribe (tabla 4).



Figura 9. Observaciones de pez león (*Pterois sp.*) en el sitio 3.

Tabla 4. Rango y promedio de tallas registradas de pez león (*Pterois volitans*), en el área invadida.

Localidad	Longitud, (media) cm	Fuente
Carolina del Norte, EUA	5-45 (30.5)	Whitfield <i>et al.</i> (2007)
New Providence, Bahamas	18-30 (23)	Green & Côté (2009)
Cayos de Florida, EUA	2010: 3-22 (14.1) 2011: 6-34 (18.1)	Ruttenberg <i>et al.</i> (2012)
Tayrona, Colombia	10-40 (20-25)	Bayraktarov <i>et al.</i> (2014)
Norte del golfo de México, EUA	6.7-37.7 (24.29)	Dahl & Patterson III (2014)
Xcalak, México	2.5-37.5 (16.3)	Sabido-Itzá <i>et al.</i> (2012)
Holbox, México	15-35 (27.3)	Este estudio.

No se observaron diferencias significativas en la comunidad de peces entre el año 2007 y 2015 (Fig. 10), sin embargo, en algunos sitios existieron algunos cambios en la estructura trófica entre años, sobre todo en el sitio 1 con una reducción de herbívoros (Scaridae, Acanthuridae) y carnívoros generalizados (Lutjanidae), y un aumento en las especies de la familia Labridae.

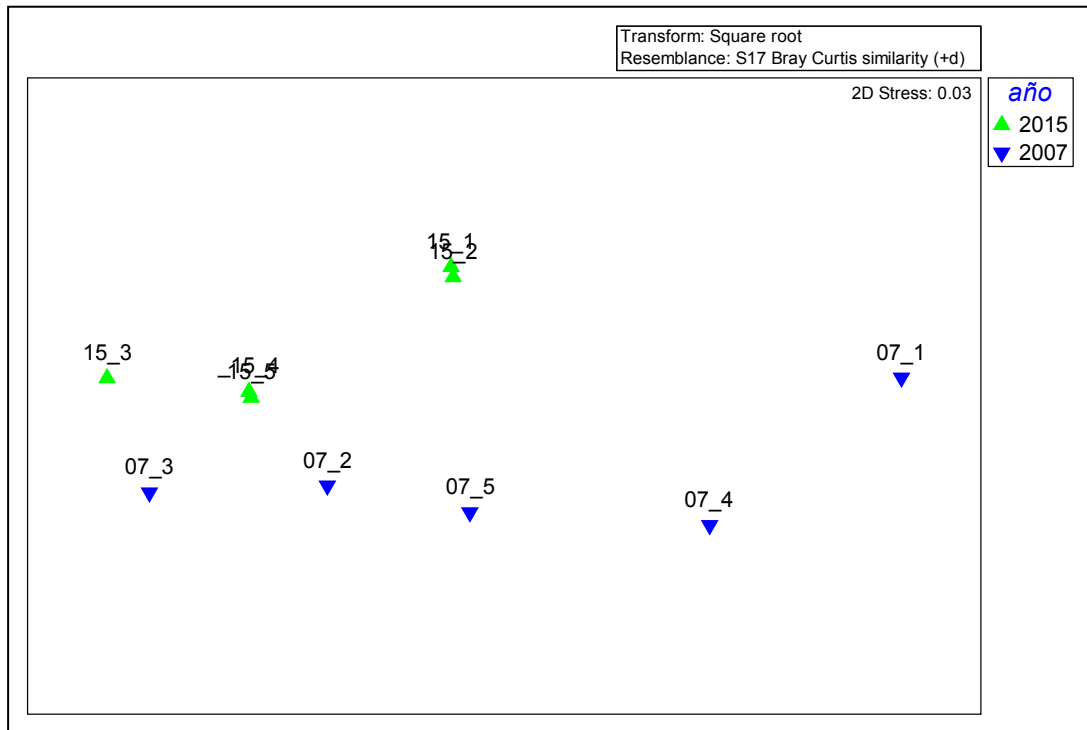


Figura 10. Diagrama de ordenación multidimensional (MDS) de la comunidad de peces en el año 2007 y 2015 (Stress: 0.03). No se observaron diferencias significativas a nivel de comunidad ($R=0.12$, $p= 0.16$).

b. Cobertura del sustrato

El grupo de las macroalgas fue el componente dominante en todos los sitios (>40%) con una media de 51%. Los corales blandos y el grupo de componentes no vivos como la arena, pavimento y pedacería fueron los siguientes grupos dominantes con una cobertura media del 20% en todos los sitios (Fig. 11 y 12).

Los corales blandos se encontraron en la misma proporción en casi todos los sitios al igual que en 2007. Sin embargo, en el sitio 4 se observa una reducción significativa ($P < 0.00$) en la cobertura de este componente en comparación con 2007. Se observó una reducción de otros componentes vivos en los sitios 1 y 2; de esponjas en los sitios 3 y 5; y un aumento de arena, pavimento y pedacería en el sitio 2, pero sin diferencias estadísticamente significativas.

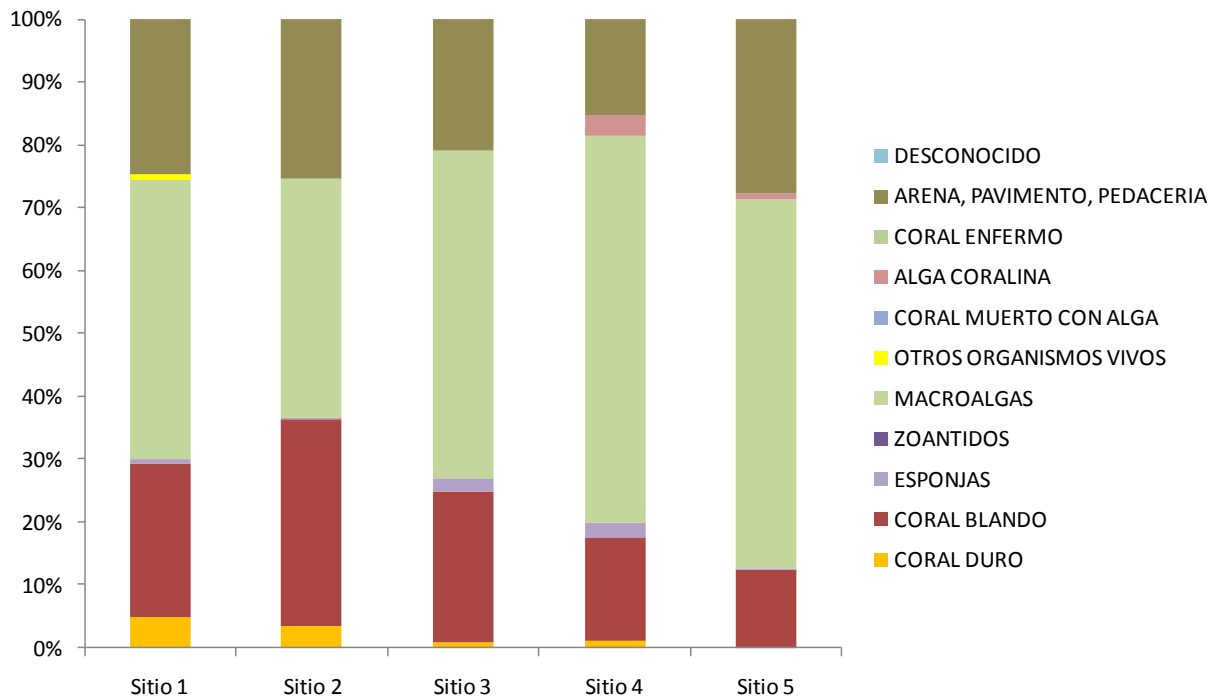


Figura 11. Gráfico de porcentaje de cobertura del sustrato por componentes vivos y no vivos en cada uno de los sitios.

Los corales duros se registraron con un mayor porcentaje de cobertura en los sitios 1 y 2. El sitio con mayor porcentaje fue el sitio 2 con 5% de cobertura del sustrato (Tabla 5).

Tabla 5. Datos de los porcentajes de cobertura del sustrato por categoría en cada uno de los sitios. Se incluye la media y desviación estándar.

Categorías	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5	Media	DE
CORAL DURO	5	4	1	1	0	2	2.08
CORAL BLANDO	24	33	24	16	13	22	7.86
ESPONJAS	1	0	2	3	0	1	1.11
ZOANTIDOS	0	0	0	0	0	0	0.00
MACROALGAS	44	38	52	61	59	51	9.72
OTROS ORGANISMOS VIVOS	1	0	0	0	0	0	0.37
CORAL MUERTO CON ALGA	0	0	0	0	0	0	0.00
ALGA CORALINA	0	0	0	3	1	1	1.44
CORAL ENFERMO	0	0	0	0	0	0	0.00
ARENA, PAVIMENTO, PEDACERIA	25	25	21	15	28	23	4.87
DESCONOCIDO	0	0	0	0	0	0	0.00

No se observaron diferencias significativas en la comunidad del bentos entre el monitoreo de 2007 y 2015 (ANOSIM, $R=0-1$. $P=0-25$).



Figura 12. Características de la comunidad del bentos en los sitios de muestreo.

c. Comunidad coralina

Se identificaron 8 especies de corales blandos, de las cuales el género *Plexaurella* presentó la mayor abundancia relativa (>50%). Como se observa en la figura 13, la mayor densidad se registró en el sitio 2 ($5.71 \text{ ind/m}^2 \pm 4.49 \text{ D.E.}$), mientras que el sitio 5 presentó el valor más bajo ($1.53 \text{ ind/m}^2 \pm 0.96 \text{ D.E.}$). Las tallas se mantuvieron en las clases de menor tamaño, siendo la clase V (40-50 cm) la más abundante (Fig. 14).

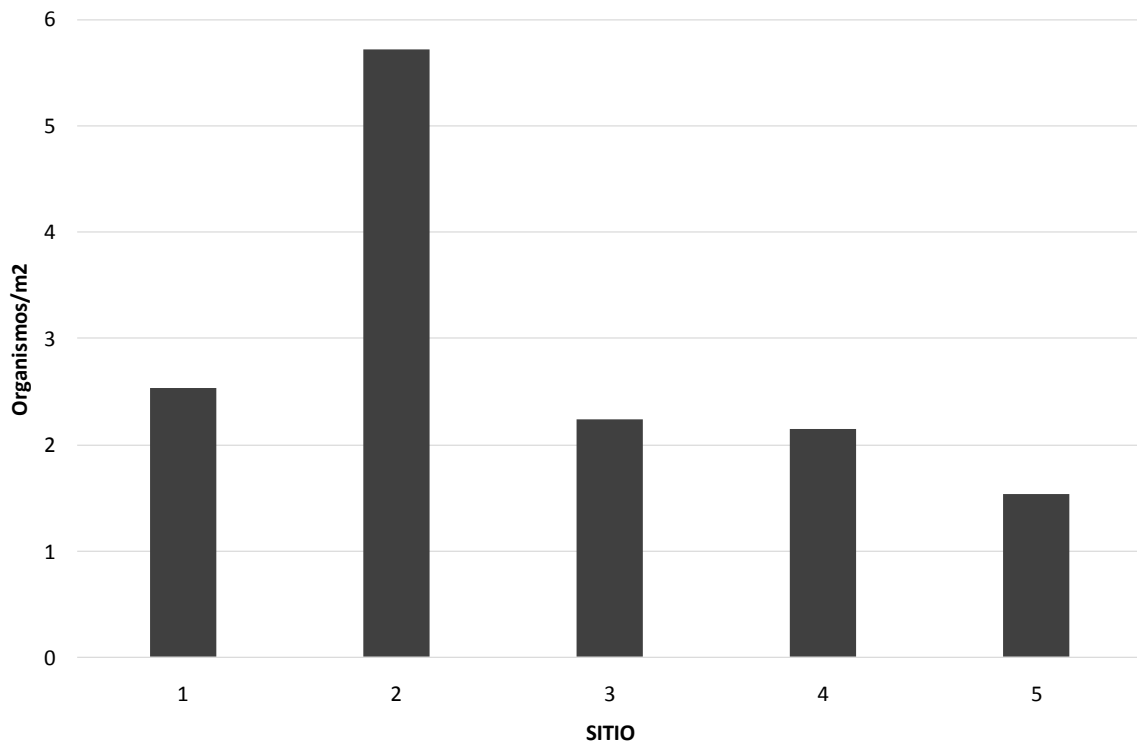


Figura 13. Densidad (Ind/m²) de corales blandos en los sitios muestreados.

No se observaron corales enfermos o con mortalidad, en la mayoría de los sitios las colonias de coral registradas dentro del muestreo se encontraron en buenas condiciones. En el sitio 1, se observaron algunas colonias que se encontraban afectadas por sobrecrecimiento de coral de fuego (*Millepora sp.*). Es probable que este sobre-crecimiento se deba a un efecto del impacto físico que reciben las colonias provenientes del anclaje de embarcaciones, ya que el competidor aprovecha los espacios deteriorados del coral para iniciar el crecimiento (Fig. 16). Sin embargo estas observaciones no se registraron dentro de los cuadrantes del monitoreo.

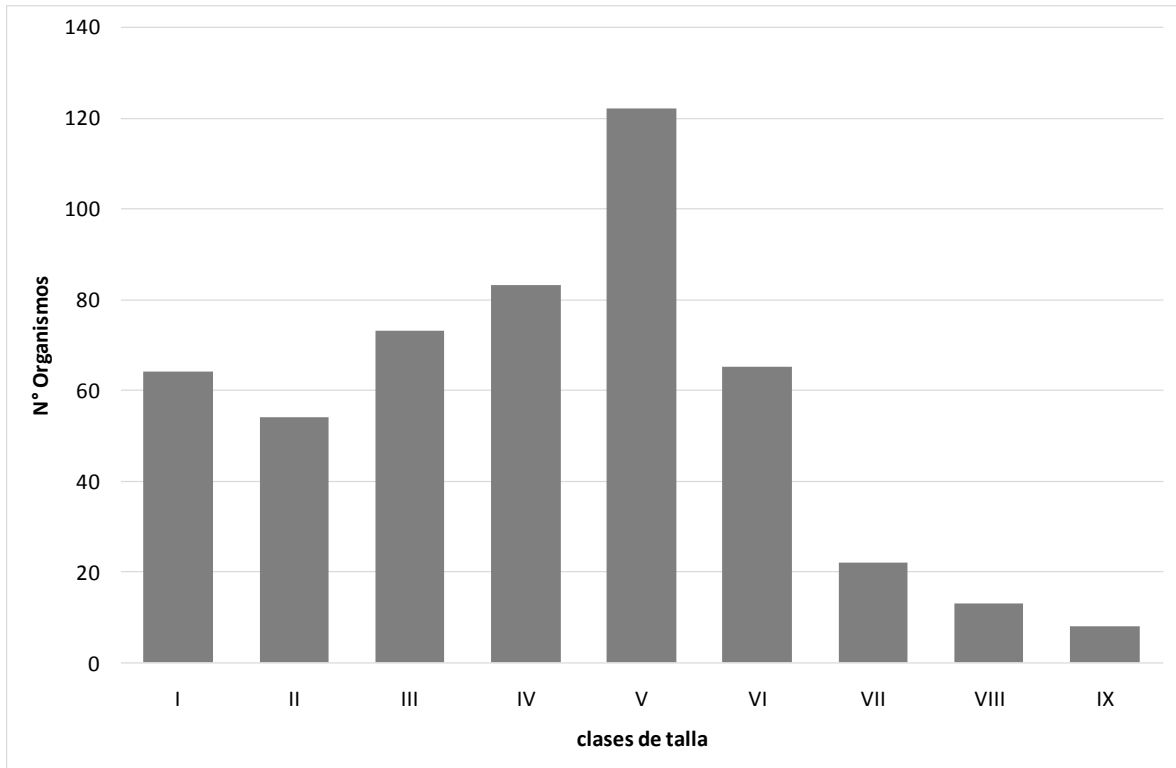


Figura 14. Estructura de tallas en los corales blandos registrados.



Figura 15. Corales blandos afectados por sobre-crecimiento de coral de fuego en el sitio 1.

VII. CONCLUSIONES

La sobrepesca, la contaminación y el desarrollo costero, así como el aumento del turismo y residentes en las zonas costeras han sido considerados los principales factores de cambio a través del tiempo en los arrecifes del Caribe. De acuerdo con la última publicación del estatus de los arrecifes del Caribe (Jackson et al., 2014), tres cuartas partes de las localidades estudiadas hasta el año 2012, redujeron su cobertura coralina a casi la mitad desde 1970. Por el contrario, las macroalgas incrementaron su cobertura a más del triple en todas las localidades, provocando un estado de severa degradación en los arrecifes. Por lo tanto, es importante resaltar que en las comunidades arrecifales de Yum Balam, no se observan grandes cambios en las comunidades arrecifales muestreadas desde el año 2007. Es probable que el desarrollo natural de los sitios (baja complejidad, dominancia de corales blandos), la lejanía de los sitios, la turbidez y productividad propia del ambiente influenciado por la surgencia y la temperatura del agua estén amortiguando los efectos del cambio climático en esta zona.

Los sitios más alejados mantuvieron la distribución y composición de especies de peces y cobertura, con algunos cambios hacia mayores abundancias y riqueza. Los sitios de uso (1 y 2) presentan solamente pequeños cambios en la cobertura del sustrato y la estructura trófica de peces. De acuerdo con la información del área protegida, en estos sitios se redujo el uso desde 2008 debido a una modificación natural en los sitios de agregación del tiburón ballena lo cual provocaba un cambio en las distancias para la realización de actividades. Es probable que la reducción del uso, haya permitido un aumento en la abundancia de peces, y el desarrollo de la comunidad de corales blandos en buenas condiciones. Sin embargo, desde 2014, el uso en los sitios se ha intensificado nuevamente, lo que puede estar teniendo un efecto en los corales blandos debido al anclaje continuo en el fondo.

Será necesario entonces iniciar un manejo formal de los sitios de uso para prevenir la afectación de los componentes del sustrato mediante el uso de boyas y la organización de las actividades a fin de proteger las buenas condiciones de los sitios.

En cuanto al pez león, en México el primer avistamiento fue en el 2009 en los arrecifes de Cozumel (Schofield, 2009). Aguilar- Perera y Tuz-Sulub (2010), reportaron la captura del primer organismo para el sureste del Golfo de México en los arrecifes Alacranes. En el APFF YumBalam no se había realizado un monitoreo formal donde se registrara la presencia de esta especie, aunque había sido capturado en torneos y brigadas para su control. Las tallas encontradas en las observaciones realizadas se encuentran dentro de los rangos reportados para otros sitios del caribe y podrían estar representando individuos

de una población que ya se encuentra establecida (Sabido-Itzá *et al.*, 2012). La estimación de las densidades poblacionales del pez león son importantes para observar el comportamiento de la población y tomar las medidas de manejo y control más oportunas; no obstante Green *et al.* (2013), demostraron que a través de los censos convencionales de peces se subestima las densidades de pez león en los arrecifes de hasta un 50%, por lo cual no fueron frecuentes en los sitios muestreados.

VIII. REFERENCIAS

- Aguilar-Perera, A. y A. Tuz-Sulub. 2010. Non-native, invasive red lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758]: Scorpaenidae), is first recorded in the southern Gulf of Mexico, of the northern Yucatan peninsula, Mexico. *Aquatic Invasions*. 5: S9-S12.
- Almada-Villela PC, Sale PF, Gold-Bouchot G and Kjerfve B. 2003. Manual of Methods for the MBRS Synoptic Monitoring Program. Selected Methods for Monitoring Physical and Biological Parameters for Use in the Mesoamerican Region. Mesoamerican Barrier Reef Ecosystems Project (MBRS). Belize, Belize. Pp. 149.
- Bayraktarov, E., J. Alarcón-Moscoso, A. Polanco and C. Wild. 2014. Spatial and temporal distribution of the invasive lionfish *Pterois volitans* in coral reefs of Tayrona National Natural Park, Colombian Caribbean. *PeerJ*. 2: e397.
- Cintrón, G., García J.R. y F. Gerales. 1994. Manual de métodos para la caracterización y monitoreo de arrecifes de coral. World Wildlife Fund. 67 pp.
- Dahl, K. A., and W. F. Patterson III. 2014. Habitat-specific density and diet of rapidly expanding invasive red lionfish, *Pterois volitans* populations in the northern Gulf of Mexico. *PLoS ONE*. 9(8): e1055852.
- García-Salgado M., Camarena L.T., Gold B.G., Vasquez M., Galland G., Nava M.G., Alarcón D.G y V. Ceja M. 2006. Línea Base del estado del Sistema Arrecifal Mesoamericano. Proyecto para la conservación y uso sostenible del Sistema Arrecifal Mesoamericano. 167 pp.
- García-Salgado M., Nava, G.; Urquiza, R. Tovar Pérez, T.L., López, H. 2007. Caracterización de las comunidades arrecifales de Yum Balam. *Oceanus, A.C. / CONANP/ PNUD*.
- García-Salgado M., Nava, G. 2008. Programa de Monitoreo de las comunidades arrecifales de Yum Balam. *Oceanus, A.C. / CONANP/ PNUD*.
- Gingsburg R. 1979. <http://www.agrra.org/updates/metodo.html>
- Goenaqa, C. 1986. Los arrecifes costaneros en Puerto Rico: Estado actual e implicaciones Sociales. *Science- Ciencia, Boletín Científico del Sur Vol 13 No 2*.
- Green, S. J. and I. M. Côté. 2009. Record densities of Indo-Pacific lionfish on Bahamian coral reefs. *Coral Reefs*. 28: 107.
- Green, S. J., N. Tamburello, S. E. Miller, J. L. Akins and I. M. Cote. 2013. Habitat complexity and fish size affect the detection of Indo-Pacific lionfish on invaded coral reefs. *Coral Reefs*. 32(2): 413-421.

- Humann, P. 2002. Reef Creature Identification – Florida, Caribbean and Bahamas. 2th Edition. New World Publications, Inc. USA. 420 pp.
- Humann, P. and N. Deloach 2003. Reef Coral Identification – Florida, Caribbean and Bahamas. 2th Edition. New World Publications, Inc. USA. 278 pp.
- Humann, P. and N. Deloach 2006. ReefFishIdentification – Florida, Caribbean, Bahamas. 3nd Edition. New World Publications, Inc. USA. 480 pp.
- Jackson, J., Donovan M., Cramer K, y V. Lam (editors). 2014. Status and trends of Caribbean Coral Reefs: 1970-2012. Global Coral Reef Monitoring Network, IUCN, Gland, Switzerland.
- Kohler, D. 2006. Coral Point Count w/ Excel extensions. www.nova.edu/ocean/cpce. Novasoutheastern University.
- Merino, I. M. 1992. *Afloramiento en la plataforma de Yucatán: estructura y fertilización*. Tesis doctoral. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Distrito Federal. 276 p.
- McField M. and P. Richards Kramer. 2007. Healthy Reefs for Healthy People: A guide to indicators of reef health and social well-being in the Mesoamerican Reef Region. UIT contributions by M. Gorrez and M McPherson. 208 pp.
- Rappole, J. H., E. S. Morton, T. E. Lovejoy y J. L. Ruos. 1983. Neartic Avian Migrants in the Neotropics. uswfs, 648 pp.
- Rogers C. S., Garrison G., Grober R., Hillis Z. and M Ann Franke. 2001. Manual para el monitoreo de arrecifes de coral en el Caribe y el Atlántico occidental. Parque Nacional de Isala Vírgenes.
- Ruttenberg, B. I., P. J. Schofield, J. L. Akins, A. Acosta, M. W. Feeley, J. Blondeau and J. S. Ault. 2012. Rapid invasion on Indo-Pacific lionfishes (*Pterois volitans* and *Pterois miles*) in the Florida Keys, USA: Evidence from Multiple pre and post-invasion data sets. Bull. Mar. Sci. 88: 1051-1059.
- Sabido-Itzá, M.M., J. M. Gómez-Poot, A. Medina-Quej, M. C. García-Rivas y W. Hadad-López. 2012. Dinámica poblacional del pez león (*Pterois volitans*), en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, (PNAX), Caribe Mexicano. GCFI. 64:67-74.
- 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. 4:473-479

- Spalding, M.D., Raviolus, C. and Green E.P. 2001. World Atlas of Coral Reefs. UNEP-WCMC. University of California Press. 424 pp.
- Veron, J.E.N. 2000. Corals of the world. Stafford-Smith, M. (ed). Australian Institute of Marine Science. Volumen I. 463 p.
- Weidie, A. E. 1985. Geology of the Yucatan Platform, Part 1. Pages 1-19 in Ward, W. C., A.E. Weidie, and W. Back, eds. Geology and hydrogeology of the Yucatan and Quaternary Geology of northeastern Yucatan Peninsula. New Orleans Geological Society. New Orleans, LA.
<http://www.caves.org/project/qrss/geo.htm>
- Whitfield, P. E., J. A. Hare, A. W. David, S. L. Harter, R. C. Muñoz, and C. M. Addison. 2007. Abundance estimates of the Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans/miles* complex in the Western North Atlantic. Biological Invasions. 9: 53-64.