

# Riqueza y abundancia de peces arrecifales en el Caribe de Guatemala utilizando Estaciones Remotas de Video Subacuático con Carnada

*Richness and abundance of reef fish in the Caribbean of Guatemala using Baited Remote Underwater Video Stations*

\*Francisco Polanco-Vásquez<sup>1,2</sup>, Alerick Pacay<sup>2</sup>, José R. Ortíz-Aldana<sup>1</sup>,  
Ana Hacohe-Domené<sup>2</sup>, Christopher Avalos-Castillo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (Cema), Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac); <sup>2</sup>Fundación Mundo Azul (FUNMZ), Guatemala

\*Autor al que se dirige la correspondencia: polancoenca@gmail.com

Recibido: 15 de marzo 2017 / 1era. Revisión: 20 de marzo 2018 / 2da. Revisión: 31 de mayo 2018 / Aceptado: 24 de septiembre 2018

## Resumen

El mar Caribe de Guatemala forma parte del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), el cual alberga una alta diversidad de especies marinas. Dichas poblaciones son importantes para el bienestar de las comunidades humanas que habitan en la zona marino-costera de los países que conforman el SAM, y que dependen de manera directa o indirecta de estos recursos. El objetivo de este estudio fue determinar la riqueza y abundancia tanto de las especies de peces herbívoros presentes en el área, como de aquellas que son atraídas por carnada de sábalo y atún, utilizando la metodología de Estaciones Remotas de Video Subacuático con Carnada BRUVS en sitios con presencia de arrecifes. El muestreo se realizó en siete sitios ubicados fuera de la Bahía de Amatique, Izabal, en abril, junio y septiembre de 2016. Se grabaron 26.06 h, en 21 sets de BRUVS. Se contabilizaron 778 organismos, correspondientes a dos clases, 20 familias, 31 géneros y 59 especies. Las especies más abundantes en el estudio fueron *Scarus* spp. (19.67 %), *Clepticus parrae* (9.64 %), *Aluterus scriptus* (6.04 %), *Scarus iserti* (5.14 %) y *Caranx ruber* (5.01 %). Los sitios Quetzalito 1 y 2 presentaron una riqueza de especies significativamente mayor ( $p < 0.006$ ) al resto de sitios de muestreo. Quetzalito 1, 2 y King Fish presentaron una abundancia significativamente mayor ( $p < .038$ ) al resto de sitios. El dendrograma derivado de la abundancia por especie para los sitios de muestreo, mostró cinco agrupaciones (similaridad de Bray-Curtis del 43 %). Finalmente se observó una baja presencia de peces de importancia comercial en los siete puntos evaluados.

Palabras claves: Bahía de Amatique, Scaridae, *Scarus*, BRUVS.

## Abstract

The Guatemalan Caribbean Sea forms part of the Mesoamerican Reef System (MAR), which harbors a great marine biodiversity. These populations are important for the wellness of humans who live in communities at coastal areas located in the MAR region, and who directly or indirectly depend on these resources to survive and thrive. The main objective of this study was to determine not only species richness and abundance of herbivorous fish, but also those who are attracted by shad and tuna bait when used in the Baited Remote Underwater Video Stations (BRUVS) in sites with coral reef presence. Monitoring was held at seven spots located outside Bahía de Amatique, Izabal, in April, June and September 2016. In 21 sets of BRUVS, 26.06 h of video were recorded, counting a total of 778 organisms which belongs to two classes, 20 families, 31 genera and 59 species. The most abundant species were *Scarus* spp. (19.67 %), *Clepticus parrae* (9.64 %), *Aluterus scriptus* (6.04 %), *Scarus iserti* (5.14 %) and *Caranx ruber* (5.01 %). The sites that presented higher richness of species were Quetzalito 1 y 2 ( $p < 0.006$  compared to the rest of the sampled sites). Quetzalito 1, 2 and King Fish showed higher abundance ( $p < .038$ ) compared to the rest of the sites. Abundance per specie dendrogram showed five groups (Bray-Curtis similarity of 43 %). Finally, low presence of commercial fish species was seen at the seven monitored sites.

Keywords Amatique Bay, Scaridae, *Scarus*, BRUVS.



## Introducción

El Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), es una estructura viviente que se extiende por más de 1,000 km a lo largo de la zona marino-costera de sus cuatro países miembros (México, Belice, Guatemala y Honduras). Esta región es considerada de alta importancia, tanto biológica como socioeconómica, ya que sostiene gran parte de la economía local de las comunidades costeras asentadas en el SAM (Kramer et al., 2015). El SAM es el segundo arrecife de coral más grande del mundo y presenta una gran variedad de ecosistemas costeros como manglares, praderas marinas, llanuras de fango y arrecifes coralinos (Adams et al., 2006; Mumby et al., 2004; Vásquez, Vega, Montero, & Sosa, 2011).

Históricamente, las investigaciones científicas para comunidades ictiológicas, realizaban monitoreos invasivos y destructivos con el fin de reducir el error estadístico de muestreo (Ackerman & Bellwood, 2000). Posteriormente, este tipo de metodologías fueron reemplazadas por buceos, donde los buzos registraban datos de abundancia y estimaban las tallas de peces dentro de los límites de transectos determinados. Sin embargo, se detectaron varias inconsistencias en cuanto a la abundancia y tamaño de los organismos debido a la variación de criterios de los investigadores (Harvey, Fletcher, Shortis, & Kendrick, 2004).

Actualmente, no se cuenta con una metodología estandarizada no invasiva que permita evaluar la eficacia con relación a los objetivos de conservación y pueda ser aplicada y replicada en el monitoreo continuo dentro de las áreas marinas protegidas (De Vos, Götz, Winker, & Attwood, 2014). En este sentido la metodóloga de Estaciones Remotas de Video Subacuático con Carnada (BRUVS, por sus siglas en inglés) es muy útil ya que es eficiente para el análisis de comunidad de peces, requiriendo menor esfuerzo de muestreo en comparación de otras metodologías y muestras más sensibilidad para mostrar diferencias estadísticas en las abundancias de las diferentes comunidades (Bernard & Gotz, 2012; Harvey et al., 2012). Además, utilizar esta metodología puede resultar en la reducción de tiempo en campo, número de personal capacitado y puede llegar a ser más eficiente que la utilización de buzos (Watson, Harvey, Anderson, & Kendrick, 2005).

Los BRUVS constan de una estructura de PVC, la cual porta una videocámara subacuática y una red metálica de carnada colocada en el campo de visión de la cámara. Esta metodología es utilizada en hábitats

marinos sensibles y de batimetría compleja. Asimismo, ésta se ha convertido en una técnica de muestreo de peces arrecifales no invasiva, principalmente donde el acceso a través de equipo autónomo de buceo es complicado y donde los muestreos podrían comprometer los objetivos de conservación del área o la confiabilidad de los datos (Cappo, Speare, & De'ath, 2004; De Vos et al., 2014). Esta metodología puede ser utilizada para la determinación de la riqueza de especies, con relación a la estructura del ensamble de la ictiofauna en hábitats coralinos (Cappo et al., 2004; Cappo, Stowar, Syms, Johansson, & Cooper, 2011; Meekan & Meeken, 2006).

Algunos autores han utilizado esta metodología y sus variables sin carnada para la determinación de poblaciones, tanto de peces óseos, como de depredadores tope en el SAM (Andradi-Brown et al., 2016b; Bond et al., 2012). Esto ha permitido determinar la presencia-ausencia de estos organismos en los ecosistemas de arrecife, tomando en cuenta las tallas y abundancia de diferentes especies.

El colapso de los arrecifes de coral en el Caribe ha sido atribuido en parte a la sobrepesca que ha ocurrido históricamente en la región (Newman, Paredes, Sala, & Jackson, 2006). En ese sentido, el presente estudio tiene como objetivo principal evaluar la abundancia y riqueza de las especies de peces arrecifales, tanto como peces herbívoros y de importancia comercial, en siete sitios coralinos en el mar Caribe de Guatemala utilizando la metodología BRUVS.

## Materiales y métodos

### Área de estudio y sitios de muestreo

El estudio se llevó a cabo en siete sitios con presencia de arrecifes coralinos en el mar Caribe de Guatemala, ubicados a un rango de profundidad entre 5-11 m, fuera de la Bahía de Amatique: Quetzalito 1 (QUE1), Quetzalito 2 (QUE2), Motagüilla 1 (MOT1), Motagüilla 2 (MOT2), que son ecosistemas arrecifales formados por valles y crestas, y Cabo Tres Puntas 1 (CTP1), Cabo Tres Puntas 2 (CTP2), y King Fish (KIN), que son parches arrecifales de menor tamaño. Los sitios muestreados tienen libre acceso a la pesca. Todos los sitios fueron seleccionados basándose en los ecosistemas de arrecifes coralinos presentes en el área (Figura 1).

En total, se realizaron tres muestreos aplicando la metodología de BRUVS en los meses de abril, junio y septiembre de 2016. Todas las réplicas fueron realiza-

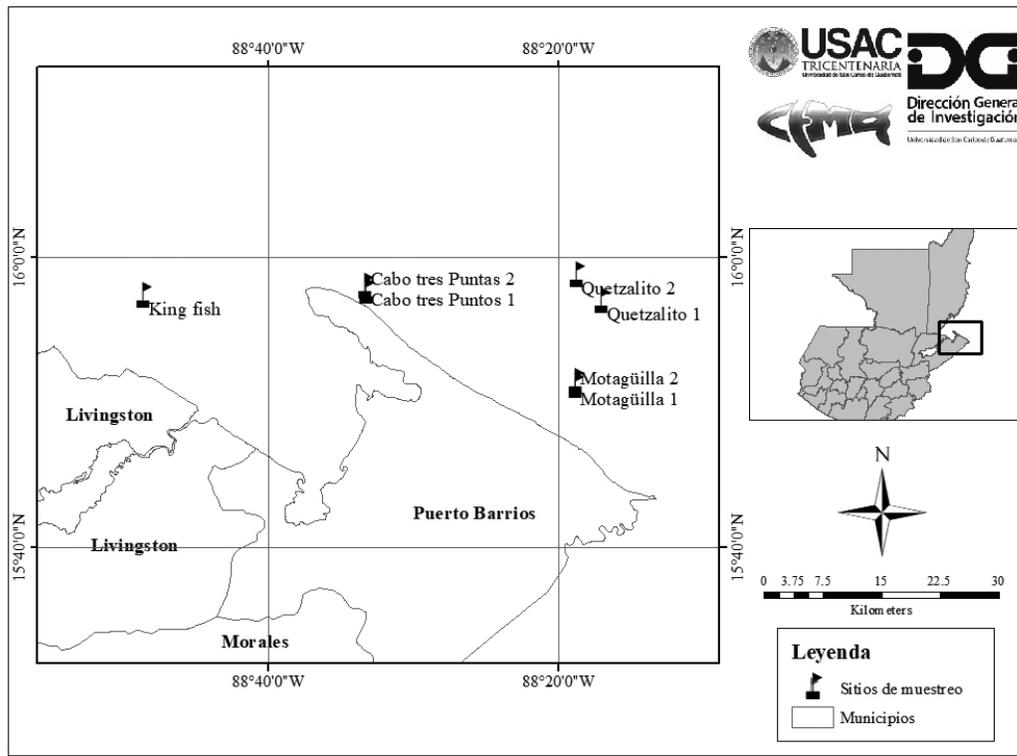


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo

das por la mañana, cada sitio en el mismo horario y sin aleatorización de los mismos.

### Descripción de los BRUVS

Se utilizaron cámaras portátiles GoPro Hero® 3 y 4, las cuales fueron enganchadas a una tabla de madera sobrepuesta sobre una estructura triangular en forma de trípode, fabricada con tubos de Poli-Cloruro de Vinilo (PVC). Para evitar el movimiento de la estructura, se colocaron barras de acero, como lastre, en la parte inferior de la misma. La carnada utilizada durante el monitoreo fue sábalo y atún, la cual se colocó en la parte posterior de un tubo de 1.5 m de largo, en una bolsa fabricada de malla metálica de 2.5 cm de abertura. Los BRUVS tuvieron sujetado un lazo de 20 m de largo y una boya blanca y se sumergieron aproximadamente una hora cada uno (Figura 2). Finalmente, en cada sitio de muestreo se tomaron las coordenadas geográficas.

El análisis fue realizado a través de la observación de los videos, con el programa *Windows Media Player*®. Se inició el análisis del video a partir del minuto cinco (5:00 min), momento cuando la lancha había partido del sitio. Una vez cumplida la hora de filmación, se procedió a acercarse al sitio para recoger la estructura (Brooks, Sloman, Sims, & Danylchuk, 2011). Las especies observadas en los videos fueron identificadas hasta el menor taxón, mediante guías de identificación de la fauna arrecifal (Carpenter, 2002; Humann & DeLoach, 2014). Finalmente, se hizo un conteo de los especímenes de cada especie observada, con la finalidad de calcular la riqueza y abundancia de especies en cada punto de muestreo.

### Análisis estadístico

Para cada sitio de muestreo, se identificó y contabilizó cada una de las especies que aparecían dentro

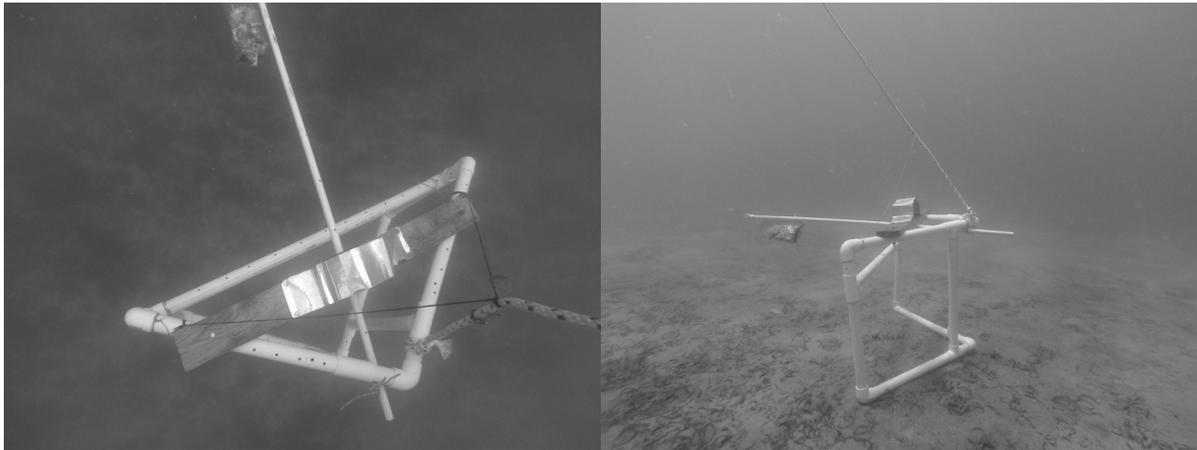


Figura 2. Estaciones Remotas de Video Subacuático con Carnada (BRUVS)

del cuadro de video. Con esta información se realizó el análisis de varianza de Kruskal-Wallis (1952) para establecer si existían diferencias significativas de la abundancia y riqueza de las especies entre los sitios. Además, se utilizó la prueba de Friedman-Dunn (1937) para establecer que media fue mayor o menor.

Para calcular la diversidad estimada se utilizaron los estimadores de diversidad no paramétricos de Chao 1 y el Abundance-based coverage estimator (ACE por sus siglas en inglés), de igual manera se realizó una curva de acumulación de especies mediante el programa EstimateS Versión 9.1.0 (Colwell, 2013).

Para evaluar la heterogeneidad de las especies en los sitios de muestreo se analizaron los índices de diversidad ( $H'$ ) de Shannon-Weaver y equidad de Pielou ( $J'$ ) mediante el programa PAST (Statistical Version 1.93 para Windows XP). Así mismo se realizó una conversión del índice de Shannon-Weaver ( $H$ ) a número efectivo de especies mediante la siguiente ecuación:

$${}^1D = \exp(H')$$

Se aplicó el análisis de conglomerados, utilizando el índice de Bray-Curtis para calcular y visualizar las similitudes entre los sitios, tomando en cuenta las abundancias de los organismos. El agrupamiento de los sitios de muestreo basado en la abundancia de peces se exploró mediante un análisis de escalamiento no métrico multidimensional (NMDS).

## Resultados

Se grabaron 26.06 h en 21 sets de BRUVS, distribuidos en siete sitios de muestreo. Se contabilizaron 778 organismos correspondientes a dos clases, 20 familias, 31 géneros y 59 especies de peces (Tabla 1). Las especies más abundantes en el estudio fueron *Scarus* spp. (19.67 %), *Clepticus parrae* Bloch & Schneider, 1801 (9.64 %), *Aluterus scriptus* Osbeck, 1765 (6.04 %), *Scarus iserti* Bloch, 1789 (5.14 %) y *Caranx ruber* Bloch, 1793 (5.01 %). El resto de las especies presentó una abundancia porcentual individual menor al 5 %.

La riqueza esperada de la curva de acumulación de especies muestra que con siete sitios de muestreo, la curva aún no alcanza la asíntota; por lo que se puede esperar un aumento con respecto al número de especies, si se aumentara la cantidad de sitios de muestreo. El estimador de diversidad no paramétrico ACE estimó 66 especies, mientras que Chao 1 estimó 63 especies (Figura 3).

Se evidenciaron diferencias significativas en cuanto a la riqueza de especies ( $p = .006$ ) y la abundancia ( $p = .038$ ) entre los sitios de muestreo, pero no se evidenció diferencias con respecto a las mismas variables entre los meses de muestreo ( $p = > .999$ ).

Los sitios con mayor riqueza fueron QUE1 y QUE2 con 35 y 28 especies de peces respectivamente. Mientras que CTP1 y MOT1 fueron los sitios con menor número de especies (14). Con respecto a la abundancia, QUE1 y QUE2 fueron los sitios con mayor número de organismos con 259 y 119 peces respectivamente. Mientras que CTP2 (54 organismos) y MOT1 (44 organismos) presentaron la menor abundancia (Tabla 2).

Tabla 1

Listado taxonómico y abundancia (No. de organismos/hora de grabación) de peces arrecifales en el Caribe de Guatemala

Familia	Especie	QUE1	QUE2	CTP1	CTP2	MOT1	MOT2	KING	Total
Acanthuridae	<i>Acanthurus chirurgus</i>	6	9	2	0	3	5	0	25
Acanthuridae	<i>Acanthurus</i> spp.	1	3	0	0	0	0	0	4
Acanthuridae	<i>Acanthurus coeruleus</i>	8	0	0	0	0	0	0	8
Acanthuridae	<i>Acanthurus bahianus</i>	0	0	0	0	0	2	0	2
Balistidae	<i>Balistes vetula</i>	4	1	0	0	0	0	0	5
Carangidae	<i>Caranx crysos</i>	0	4	0	0	0	0	7	11
Carangidae	<i>Caranx latus</i>	0	0	0	0	0	2	0	2
Carangidae	<i>Caranx ruber</i>	13	5	14	0	4	0	3	39
Carangidae	<i>Caranx</i> spp.	4	0	0	0	0	1	2	7
Chaetodontidae	<i>Chaetodon striatus</i>	0	2	3	1	0	0	22	28
Chaetodontidae	<i>Chaetodon capistratus</i>	2	7	15	0	5	1	0	30
Chaetodontidae	<i>Chaetodon ocellatus</i>	1	2	0	0	0	4	0	7
Haemulidae	<i>Haemulon macrostomum</i>	0	0	0	1	0	3	5	9
Haemulidae	<i>Anisotremus virginicus</i>	0	0	0	0	0	0	3	3
Haemulidae	<i>Haemulon plumierii</i>	0	1	1	1	0	0	6	9
Haemulidae	<i>Haemulon album</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
Labridae	<i>Halichoeres</i> spp.	5	2	0	1	4	6	0	18
Labridae	<i>Thalassoma bifasciatum</i>	9	8	0	2	2	0	0	21
Labridae	<i>Halichoeres radiatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
Labridae	<i>Halichoeres bivittatus</i>	0	0	0	3	0	0	0	3
Labridae	<i>Halichoeres garnoti</i>	14	4	0	6	2	0	1	27
Labridae	<i>Clepticus parrae</i>	72	3	0	0	0	0	0	75
Labridae	<i>Bodianus rufus</i>	1	3	0	5	1	0	15	25
Lutjanidae	<i>Ocyurus chrysurus</i>	1	2	5	2	0	4	4	18
Lutjanidae	<i>Lutjanus apodus</i>	1	0	0	0	0	0	1	2
Lutjanidae	<i>Lutjanus synagris</i>	0	2	0	2	0	4	6	14
Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i>	3	2	0	2	0	0	0	7
Lutjanidae	<i>Lutjanus jocu</i>	1	0	0	0	1	0	0	2
Lutjanidae	<i>Lutjanus griseus</i>	0	0	0	0	0	1	2	3
Lutjanidae	<i>Lutjanus</i> spp.	0	0	0	1	0	4	1	6
Lutjanidae	<i>Lutjanus mahogoni</i>	0	0	2	0	0	0	1	3

Continúa

Tabla 1

Listado taxonómico y abundancia (No. de organismos/hora de grabación) de peces arrecifales en el Caribe de Guatemala (Continuación)

Familia	Especie	QUE1	QUE2	CTP1	CTP2	MOT1	MOT2	KING	Total
Malacanthidae	<i>Malacanthus plumieri</i>	2	0	0	1	1	0	0	4
Monacanthidae	<i>Aluterus scriptus</i>	10	1	1	0	0	35	0	47
Muraenidae	<i>Gymnothorax moringa</i>	0	0	1	0	0	0	0	1
Pomacantidae	<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0	1	2	0	3	4	6	16
Pomacantidae	<i>Pomacanthus paru</i>	4	3	0	1	0	0	3	11
Pomacentridae	<i>Holacanthus tricolor</i>	1	1	0	0	0	0	0	2
Pomacentridae	<i>Stegastes partitus</i>	1	4	0	0	0	0	0	5
Pomacentridae	<i>Stegastes planifrons</i>	3	0	0	0	0	0	0	3
Scaridae	<i>Scarus taeniopterus</i>	4	0	2	0	0	0	0	6
Scaridae	<i>Scarus iserti</i>	27	0	0	5	0	1	7	40
Scaridae	<i>Scarus</i> spp.	47	42	20	4	12	10	18	153
Scaridae	<i>Cryptotomus roseus</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
Scaridae	<i>Sparisoma viride</i>	3	1	0	1	0	1	0	6
Scaridae	<i>Sparisoma chrysopteron</i>	0	2	0	0	0	0	0	2
Scombridae	<i>Acanthocybium solandri</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
Scorpaenidae	<i>Pterois volitans</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
Serranidae	<i>Mycteroperca bonaci</i>	2	0	0	0	0	0	0	2
Serranidae	<i>Cephalopholis cruentata</i>	1	0	3	8	0	3	1	16
Serranidae	<i>Cephalopholis</i> spp.	0	2	0	0	4	4	0	10
Serranidae	<i>Cephalopholis fulva</i>	0	1	0	1	0	0	0	2
Serranidae	<i>Epinephelus striatus</i>	0	0	0	0	0	0	1	1
Serranidae	<i>Epinephelus itajara</i>	2	0	0	0	0	0	0	2
Serranidae	<i>Hypoplectrus</i> spp.	0	0	0	0	0	0	1	1
Serranidae	<i>Mycteroperca</i> spp.	1	0	0	2	0	0	3	6
Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i>	1	1	0	4	1	1	12	20
Tetraodontidae	<i>Canthigaster rostrata</i>	2	0	0	0	0	0	0	2
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus</i> spp.	0	0	1	0	0	0	0	1
Ostracidae	<i>Lactophrys bicaudalis</i>	0	0	0	0	0	1	0	1

Nota: Quetzalito 1 (QUE1), Quetzalito 2 (QUE2), Cabo Tres Puntas 1 (CTP1), Cabo Tres Puntas 2 (CTP2), Motaguilla 1 (MOT1), Motaguilla 2 (MOT2) y King Fish (KIN).

Tabla 2  
Índices de diversidad para los sitios de muestreo

Sitio	Riqueza	Abundancia	Shannon-Weaver	Dominancia	Igualdad	ee
QUE1	35	259	2.602	0.133	0.385	13.490
QUE2	28	119	2.628	0.149	0.495	13.846
CTP1	14	72	2.087	0.171	0.576	8.060
CTP2	21	54	2.789	0.075	0.775	16.264
MOT1	14	44	2.333	0.128	0.736	10.308
MOT2	22	98	2.453	0.158	0.529	11.623
KIN	25	132	2.765	0.085	0.635	15.879

Nota: Quetzalito 1 (QUE1), Quetzalito 2 (QUE2), Cabo Tres Puntas 1 (CTP1), Cabo Tres Puntas 2 (CTP2), Motaguilla 1 (MOT1), Motaguilla 2 (MOT2) y King Fish (KIN), ee (número efectivo de especies).

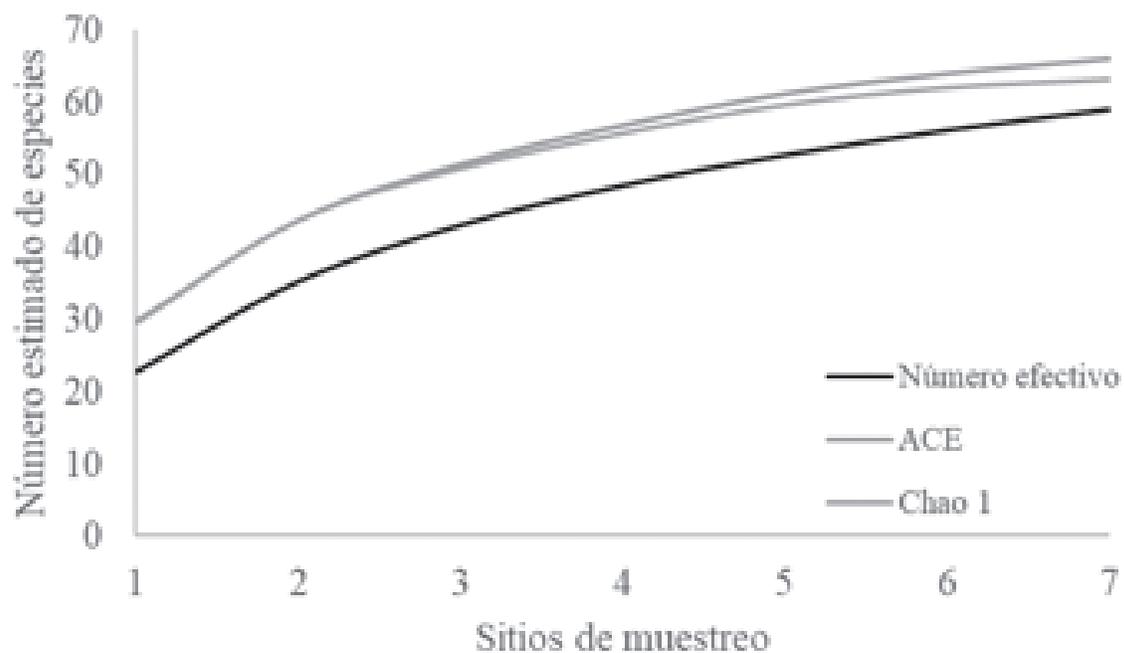


Figura 3. Curva de acumulación de especies observadas y estimadas durante el período de muestreo.

Con relación al índice de Shannon-Weaver, los sitios con mayor diversidad fueron CTP2 (2.789), KIN (2.765) y QUE2 (2.628). En cuanto al índice de Igualdad, los valores más elevados se presentaron en los sitios CTP2 (0.775), MOT1 (0.736) y KIN (0.635).

El dendrograma derivado de la abundancia por especie para los sitios de muestreo, mostró cinco agrupaciones (similaridad de Bray-Curtis del 43 %) (Figura 4). Los sitios QUE1 y QUE2 comprenden un conglomerado, caracterizándose por ser los sitios con la mayor riqueza y abundancia, principalmente de *Scarus* spp., así como también los sitios más alejados de la costa. El segundo conglomerado está comprendido por MOT1 y CTP1, los cuales presentaron valores de riqueza (14 especies) y abundancias similares. Por otro lado, MOT2, KIN y CTP2 no mostraron agrupación con otros sitios, presentando características diferentes con respecto a la abundancia y la riqueza (Figura 5).

Los sitios con mayor número efectivo de especies fueron CTP2 (16.2), KIN (15.8), QUE1 (13.4) y QUE2 (13.8). Y los que presentaron menor número efectivo de especies fueron MOT2 (11.6), MOT1 (10.3) y CTP 1 (8.06).

## Discusión

Los resultados obtenidos con este estudio son los primeros que se realizan con la metodología de BRUVS en el mar Caribe de Guatemala. Las primeras investigaciones realizadas sobre peces arrecifales en esta zona, se han llevado a cabo por el método de transectos, donde los resultados muestran una biomasa de 43 g/100 m<sup>2</sup> de peces comerciales y 433 g/100 m<sup>2</sup> de peces herbívoros, mostrando un estado crítico (McField et al., 2018).

Las cinco familias con mayor abundancia encontradas durante esta investigación fueron: Scaridae, Labridae, Chaetodontidae, Carangidae y Lutjanidae, de las cuales las últimas dos son consideradas de importancia comercial. En cuanto a las especies más abundantes durante esta investigación se reportaron a *Scarus* spp., *C. parrae*, *A. scriptus*, *S. iserti* y *C. ruber*. El patrón de la composición de familias y especies más abundantes encontrado en este estudio es similar al encontrado en otros arrecifes en el Caribe (Andradi-Brown, Gres, Wright, Exton, & Rogers, 2016a; Alemu, 2014; Núñez, González, Zarate, Hernández, & Arias, 2003).

Durante este estudio las especies con algún grado de importancia comercial con más abundancia fueron *C. ruber*, *O. chrysurus* y *L. synagris*. Mientras que la abundancia reportada es menor a la encontrada en un

estudio que se realizó con la misma metodología y mismo hábitat (Andradi-Brown et al., 2016b). En cuanto a la riqueza, esta investigación obtuvo un promedio de 22 especies por sitio de muestreo, mientras que Andradi-Brown y colaboradores (2016b) reporta una riqueza de 26 especies por sitio de muestreo. Esta diferencia se puede atribuir a que los sitios evaluados en el Caribe de Guatemala están sometidos a sobre pesca, mientras que los reportados por el estudio mencionado no experimentan presión por pesca.

La curva de acumulación de especies, no alcanzó la asíntota de la curva, esto coincide con lo reportado en la literatura, donde especifican que uno de los principales problemas de utilizar BRUVS es que se requiere un alto esfuerzo de muestreo para alcanzar la asíntota en la curva de acumulación de especies, en comparación con otras metodologías (Malcolm, Gladstone, Lindfield, Wraith, & Lynch, 2007). Esto es una limitante importante del método de BRUVS, que debe tomarse en cuenta para estudios futuros.

Los resultados de este estudio permitieron registrar diferencias significativas en la riqueza y abundancia, donde los sitios QUE1 y QUE2 y KIN presentaron la mayor riqueza y abundancia. Esta información puede utilizarse para plantear acciones de manejo pesquero en la zona en QUE1 y QUE2, ya que KIN actualmente es una zona que tiene una veda de artes de pesca, aunque existen limitaciones para las autoridades en cuanto al control y vigilancia de las zonas, lo que se traduce en una alta tasa de pesca ilegal, aunque estos resultados muestran de que las acciones de gestión de pesca aplicadas en KIN han tenido algún impacto en la comunidad de peces.

El número efectivo de especies nos muestra que los dos sitios con más especies son CTP2 y KIN, esto es resultado de que en estos sitios la dominancia de especies es menor comparado con otros sitios, por ejemplo, QUE1 y QUE2, aunque presentan una mayor cantidad de especies, los índices de dominancia son de los más altos. Jost (2006) menciona que este “índice es el número de especies que tiene una comunidad virtual en la que todas las especies fueran igualmente comunes, conservando la abundancia relativa promedio de la comunidad estudiada”. Una de las ventajas de utilizar este índice es que podemos evaluar la magnitud del cambio entre comunidades (García-Morales, Moreno, & Bello-Gutiérrez, 2011).

Los sitios QUE1 y QUE2 formaron un conglomerado que se encuentra más alejado de la costa, tienen menor incidencia de pesca, y la formación arrecifal es

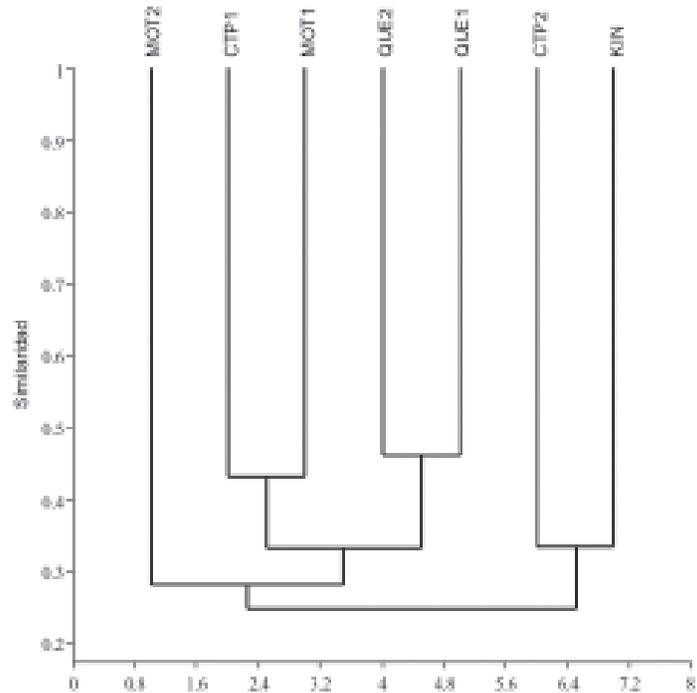


Figura 4. Similaridad de Bray-Curtis de la abundancia de peces arrecifales. Quetzalito 1 (QUE1), Quetzalito 2 (QUE2), Cabo Tres Puntas 1 (CTP1), Cabo Tres Puntas 2 (CTP2), Motaguilla 1 (MOT1), Motaguilla 2 (MOT2) y King Fish (KIN).

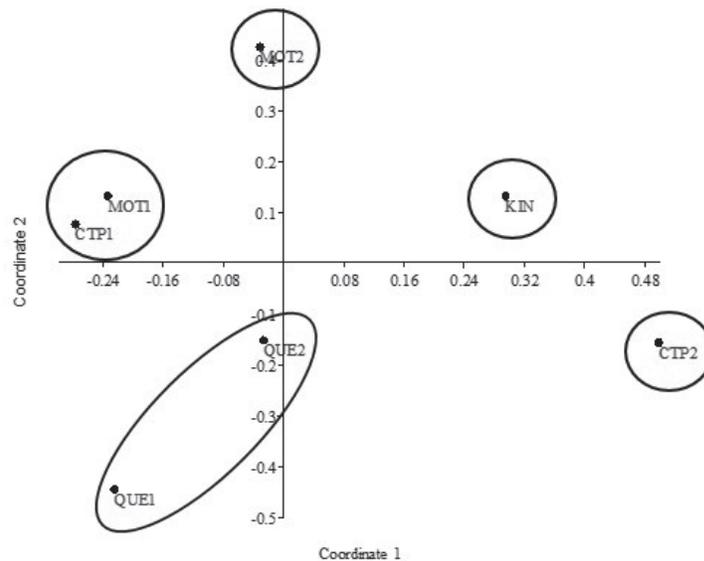


Figura 5. Gráfico de escalamiento no métrico multidimensional (NMDS) de la abundancia de peces arrecifales. Quetzalito 1 (QUE1), Quetzalito 2 (QUE2), Cabo Tres Puntas 1 (CTP1), Cabo Tres Puntas 2 (CTP2), Motaguilla 1 (MOT1), Motaguilla 2 (MOT2) y King Fish (KIN).

de valles y crestas, por lo que estas similitudes podrían propiciar que se agrupen en una misma forma, las especies más abundantes en estos sitios fueron el género *Scarus* y *Clepticus parrae*. Mientras que MOT1 y CTP1 son sitios están más cercanos a la costa y tienen mayor presión pesquera, en cuanto al ecosistema, el primero es de valles y crestas y el segundo son parches arrecifales, las especies más abundantes fueron el género *Scarus*, *C. ruber* y *C. capistratus*.

Finalmente, los resultados obtenidos durante esta investigación nos muestran que la mayoría de sitios evaluados están expuestos a sobre pesca, ya que la abundancia de especies de importancia comercial es baja, predominando las especies herbívoras. En el caso de los puntos QU1 y QU2 tienen menor incidencia de pesca debido a la lejanía de la costa, dificultando el acceso a pescadores, en cuanto a KIN, este punto cuenta con protección legal en cuanto al uso de artes de pesca, lo que podría ayudar a reducir los efectos de la pesca.

### Agradecimientos

Esta investigación fue cofinanciada por Di-gi-Usac-2016, Proyecto: 4.8.26.7.41. Un especial agradecimiento a los pescadores de la comunidad de El Quetzalito y al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap) por su apoyo durante el periodo de estudio.

### Referencias

- Ackerman, J. L., & Bellwood, D. R. (2000). Reef fish assemblages: A re-evaluation using enclosed rotenone stations. *Marine Ecology Progress Series*, 206(1), 227-237. doi:10.3354/meps206227
- Adams, A., Dahlgren, C., Todd, G., Kendall, M., Layman, C., Ley, J., ... Serafy, J. (2006). Nurse function of tropical back-reef systems. *Marine Ecology Progress Series*, 206(3018), 287-301.
- Alemu, J. (2014). Fish assemblages on fringing reefs in the southern Caribbean: Biodiversity, biomass and feeding types. *Revista de Biología Tropical*, 62(3), 169-181. doi:10.15517/rbt.v62i0.15912
- Andradi-Brown, D. A., Gress, E., Wright, G., Exton, D. A., & Rogers, A. D. (2016a). Reef fish community biomass and trophic structure changes across shallow to upper-mesophotic reefs in the Mesoamerican Barrier Reef, Caribbean. *PLoS ONE*, 11(6), e0156641. doi:10.1371/journal.pone.0156641
- Andradi-Brown, D. A., Macaya-Solis, C., Exton, D. A., Gress, E., Wright, G., & Rogers, A. D. (2016b). Assessing Caribbean shallow and mesophotic reef fish communities using Baited-Remote Underwater Video (BRUV) and Diver-Operated Video (DOV) survey techniques. *PLoS ONE*, 11(12), e0168235. doi:10.1371/journal.pone.0168235
- Bernard, A., & Gotz, A. (2012). Bait increases the precision in count data from remote underwater video for most subtidal reef fish in the warm-temperate Agulhas bioregion. *Marine Ecology Progress Series*, 471, 235-252. doi:10.3354/meps10039
- Bond, M. E., Babcock, E. A., Pikitch, E. K., Abercrombie, D. L., Lam, N. F., & Chapman, D. D. (2012). Reef sharks exhibit site-fidelity and higher relative abundance in marine reserves on the Mesoamerican Barrier Reef. *PLoS ONE*, 7(3), e32983. doi:10.1371/journal.pone.0032883.
- Brooks, E., Sloman, K., Sims, D., & Danylechuk, J. (2011). Validating the use of baited remote underwater video surveys for assessing the diversity, distribution and abundance of sharks in the Bahamas. *Endangered Species Research*, 13(3), 231-243. doi:10.3354/esr00331
- Cappo, M., Speare, P., & De'ath, G. (2004). Comparison of baited remote underwater video stations (BRUVS) and prawn (shrimp) trawls for assessments of fish biodiversity in inter-reefal areas of the Great Barrier Reef Marine Park. *Marine Biology and Ecology*, 302(1), 123-152. doi: 10.1016/j.jembe.2003.10.006
- Cappo, M., Stowar, M., Syms, C., Johansson, C., & Cooper, T. (2011). Fish-habitat associations in the region offshore from James Price Point- a rapid assessment using Baited Remote Underwater Video Stations (BRUVS). *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 94, 303-321.
- Carpenter, K. E. (Ed.). (2002). *The living marine resources of the Western Central Atlantic*. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations
- Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples (Version 9) [Software de computación]. Recuperado de [purl.oclc.org/estimates](http://purl.oclc.org/estimates).

- De Vos, L., Götz, A., Winker, H., & Attwood, C. G. (2014). Optimal BRUVS (baited remote underwater video system) survey design for reef fish monitoring in the Stilbaai Marine Protected Area. *African Journal of Marine Science*, 36(1), 1-10. doi:10.2989/1814232X.2013.873739
- García-Morales, R., Moreno, C. E., & Bello-Gutiérrez, J. (2011). Renovando las medidas para evaluar la diversidad en comunidades ecológicas: El número de especies efectivas de murciélagos en el sureste de Tabasco, México. *Therya*, 2(3), 205-215. doi:10.12933/therya-11-47
- Harvey, E., Fletcher, D., Shortis, M. R., & Kendrick, G. A. (2004). A comparison of underwater visual distance estimates made by scuba divers and a stereo-video system: implications for underwater visual census of reef fish abundance. *Marine and Freshwater Research*, 55(6), 573-580. doi:10.1071/MF03130
- Harvey, E. S., Newman, S. J., McLean, D. L., Cappel, M., Meeuwig, J. J., & Skepper, C. L. (2012). Comparison of the relative efficiencies of stereo-BRUVs and traps for sampling tropical continental shelf demersal fishes. *Fisheries Research*, 125-126, 108-120. doi:10.1016/j.fishres.2012.01.026
- Humann, P., & Deloach, N. (2002). *Reef Fish Identification: Florida, Caribbean and Bahamas* (3rd. ed.). Florida, United States: New World Publications.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363-375. doi:10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x
- Kramer, P., McField, M., Álvarez, L., Drysdale, I., Rueda, M., Giró, A., & Pott, R. (2015). 2015 Report Card for the Mesoamerican Reef. Florida: Franklin Dodd Communications.
- Malcolm, H., Gladstone, W., Lindfield, S., Wraith, J., & Lynch, T. (2007). Spatial and temporal variation in reef fish assemblages of marine parks in New South Wales, Australia-baited video observations. *Marine Ecology Progress Series*, 350, 277-290.
- McField, M., Kramer, P., Álvarez, L., Drysdale, I., Rueda, M., Giro, A., & Soto, M. (2018). 2018 Report Card for the Mesoamerican Reef. Florida: Franklin Dodd Communications.
- Meekan, M., & Meekan, M. (2006). *Surveys of shark and fin-fish abundance on reefs within the MOU74 Box and Rowley Shoals using baited remote underwater video systems*. Queensland, Australia: Australian Institute of Marine Science.
- Mumby, P. J., Edwards, A. J., Arias-González, J., Lindeman, K. C., Blackwell, P. G., Gall, A., ... Llewellyn, G. (2004). Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. *Nature*, 427(6974), 533-536. doi:10.1038/nature02286
- Newman, J., Paredes, A., Sala, E., & Jackson, J., (2006). Structure of Caribbean coral reef communities across a large gradient of fish biomass. *Ecology Letters*, 9(11), 1216-1227. doi: 10.1111/j.1461-0248.2006.00976.x
- Núñez, L., Gonzales, C., Ruiz, M., Hernández, R., & Arias, E. (2003). Condition of coral reef ecosystems in central southern Quintana Roo (Part 2: Reef Fish Communities). *Atoll Research Bulletin*, 496(33), 598-610. doi:10.5479/si.00775630.496-33.598
- Vásquez, L., Vega, E., Montero, J., & Sosa, E., (2011). High species richness of early stages of fish in a locality of the Mesoamerican Barrier Reef System: A small-scale survey using different samplings gears. *Biodiversity Conservation*, 20, 2379-2389.
- Watson, D. L., Harvey E. S., Anderson M. J., & Kendrick G. A. (2005). A comparison of temperate reef fish assemblages recorded by three underwater stereo-video techniques. *Marine Biology*, 148(2), 415-425. doi:10.1007/s00227-005-0090-6