



UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
Campus TUXPAN

Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

**“ESTRUCTURA COMUNITARIA DE PECES EN DOS
ARRECIFES SUMERGIDOS EN EL ESTADO
DE VERACRUZ, MÉXICO”**

TESIS

**Que para obtener el título de:
MAESTRO EN MANEJO DE ECOSISTEMAS
MARINOS Y COSTEROS**

PRESENTA

BIÓL. JOSÉ LUIS RECIO SILVA

DIRECTOR

DR. CARLOS GONZÁLEZ GÁNDARA

AL C. MTRO. AGUSTÍN DE JESÚS BASÁÑEZ MUÑOZ

COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS
Y COSTEROS

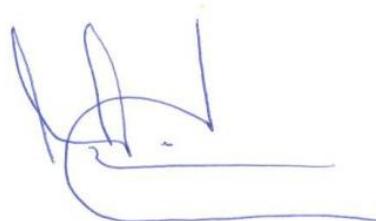
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD VERACRUZANA

PRESENTE:

Por este medio comunico a usted que el trabajo de tesis “**ESTRUCTURA
COMUNITARIA DE PECES EN DOS ARRECIFES SUMERGIDOS EN EL ESTADO
DE VERACRUZ, MÉXICO**”, que desarollo el C. **BIÓL. JOSÉ LUIS RECIO SILVA**
bajo mi dirección ha sido concluido por lo que está a disposición de la comisión
revisora correspondiente.

Atentamente

Tuxpan de R. Cano, Ver., 7 de junio de 2018

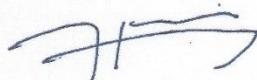


Dr. Carlos González Gándara

La presente Tesis titulada “ESTRUCTURA COMUNITARIA DE PECES EN DOS ARRECIFES SUMERGIDOS EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO”, realizado por el C. Biol. José Luis Recio Silva, ha sido aprobada y aceptada para poder llevar a cabo la solicitud de fecha de examen para obtener el grado de:

MAESTRO EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

COMITÉ LECTOR:



DR. HORACIO PÉREZ ESPAÑA
LECTOR



DR. JESÚS ERNESTO ARIAS GONZÁLEZ
LECTOR



DR. EDUARDO ALFREDO ZARZA MEZA
LECTOR

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, agosto de 2018

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis, el Dr. Carlos González Gándara, por su gran paciencia, apoyo moral, la confianza brindada y principalmente por sus críticas, comentarios y sugerencias las cuales fortalecieron el desarrollo de esta investigación.

A mi comité revisor, integrado por: Dr. Eduardo Alfredo Zarza Meza, Dr. Jesús Ernesto Arias González y Dr. Horacio Pérez España. Gracias por las aportaciones valiosas que han enriquecido este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca No. 782511 otorgada para la realización de la presente Maestría, la cual no hubiera sido posible concluir sin su apoyo.

A Ixchel Ruiz Hernández, gracias por sus consejos y apoyo incondicional no solo para el desarrollo de mi tesis, sino también para mi vida.

A mis compañeras de maestría: Dulce, Gaby, Heleni, María y Denisse. Gracias por brindarme su amistad y apoyo durante mi formación.

A todos y cada uno de los catedráticos que aportaron su granito de arena tanto en mi formación académica como en la de esta tesis, en especial a Dr. Juan Manuel Pech y al Dr. Guillermo Jordán los cuales fueron de mucha ayuda en la comprensión estadística.

DEDICATORIA

A mi madre, por el apoyo ilimitado e incondicional que siempre me has dado, por tener siempre la fuerza de seguir adelante sin importar los obstáculos y por haberme formado como un hombre de bien, muchas gracias.

A mi padre, por darme ánimos siempre diciéndome lo orgulloso que te sientes de mí, muchas gracias, papa.

A mi abuelo, que desde niño me alentaste para esforzarme en los estudios y fuera un hombre de bien, muchas gracias. Que en paz descanses.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mi hijo, por ser mi fuente de inspiración y superación en la vida a seguir adelante, eres lo mejor que nunca me ha pasado. Eres sin duda mi referencia para el presente y para el futuro.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	3
3. OBJETIVOS.....	6
3.1 Objetivo general	6
3.2 Objetivos particulares.....	6
4. MATERIALES Y MÉTODO	7
4.1 Área de estudio	7
4.2 Trabajo de campo.....	10
4.3 Análisis de datos.....	11
5. RESULTADOS.....	17
5.1 Composición.....	17
5.2 Eficiencia de muestreo	20
5.3 Abundancia.....	21
5.4 Diversidad y equitatividad.....	24
5.5 Biomasa	25
5.6 Valor de Importancia.....	26
5.7 Estructura trófica	27
5.8 Distribución	30
5.9 nMDS, ANOSIM y SIMPER	35
5.10 Diversidad taxonómica	36
6. DISCUSIÓN.....	37
7. CONCLUSIONES.....	44
8. APLICACIÓN PRÁCTICA.....	45
9. BIBLIOGRAFÍA.....	47
Anexo I.....	55
Anexo II.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de los arrecifes Palo Seco y Pantepec, Veracruz.	8
Figura 2. Familias con mayor riqueza en los arrecifes Palo Seco y Pantepec.	20
Figura 3. Valores de riqueza observada y riqueza esperada para el arrecife Palo Seco.	21
Figura 4. Valores de riqueza observada y riqueza esperada para el arrecife Pantepec.	21
Figura 5. Curvas rango-abundancia de las comunidades de peces en los arrecifes Palo Seco y Pantepec, Veracruz.	23
Figura 6. Aporte porcentual a la abundancia total de las familias de peces en Palo Seco y Pantepec, Veracruz.	23
Figura 7. Valores promedio de diversidad de Shannon y equitatividad en los arrecifes Palo Seco y Pantepec, Veracruz. A: Índice de H'; B: Índice de J. Las líneas indican el error estándar.	24
Figura 8. Variación de las biomasas de las principales familias de la comunidad de peces en Palo Seco y Pantepec. Las barras representan el error estándar.	26
Figura 9. Aporte porcentual de las categorías tróficas a la abundancia y biomasa total de la comunidad de peces en Pantepec y Palo Seco. ZP= Zooplanctívoros, HB= Herbívoros, PC= Piscívoros, IS= Consumidor de invertebrados sésiles, CC= Consumidor de invertebrados con concha, CA= Carnívoros.	28
Figura 10. Contribución porcentual de las abundancias de los gremios tróficos de la comunidad de peces en Pantepec y Palo Seco. ZP= Zooplanctívoros, HB= Herbívoros, PC= Piscívoros, IS= Consumidor de invertebrados sésiles, CC= Consumidor de invertebrados con concha, CA= Carnívoros.	29
Figura 11. Contribución porcentual de la biomasa de los gremios tróficos de la comunidad de peces en Pantepec y Palo Seco. ZP= Zooplanctívoros, HB= Herbívoros, PC= Piscívoros, IS= Consumidor de invertebrados sésiles, CC= Consumidor de invertebrados con concha, CA= Carnívoros.	30
Figura 12. Biomasa porcentual de gremios tróficos en los intervalos de profundidad de Palo Seco. ZP= Zooplanctívoros, HB= Herbívoros, PC= Piscívoros, IS= Consumidor de invertebrados sésiles, CC= Consumidor de invertebrados con concha, CA= Carnívoros.	32
Figura 13. Aporte porcentual de gremios tróficos en los intervalos de profundidad de Pantepec. ZP= Zooplanctívoros, HB= Herbívoros, PC= Piscívoros, IS= Consumidor de invertebrados sésiles, CC= Consumidor de invertebrados con concha, CA= Carnívoros.	34
Figura 14. Diagrama de ordenación nMDS bidimensional de las comunidades de peces en los arrecifes Palo Seco y Pantepec.	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Lista sistemática de los peces registrados en los arrecifes Palo Seco y Pantepec. Ordenadas de acuerdo a la clasificación de Nelson <i>et al.</i> (2016).....	17
Cuadro 2. Especies de peces más importantes por su aporte a la biomasa en Palo Seco y Pantepec, Veracruz.	25
Cuadro 3. Especies de peces dominantes en Palo Seco y Pantepec de acuerdo con su índice de valor de importancia (IVI).	27
Cuadro 4. Familias con mayor abundancia promedio en los intervalos de profundidad en Palo Seco.	31
Cuadro 5. Familias con mayor abundancia numérica promedio en los intervalos de profundidad en Pantepec.....	33
Cuadro 6. Principales especies que contribuyen a la disimilitud entre las comunidades de peces de Palo Seco y Pantepec.	36

RESUMEN

En Veracruz se han registrado 24 arrecifes sumergidos, de los cuales la información acerca de su diversidad es escaso, por lo que el presente trabajo tiene como objetivo determinar la estructura comunitaria de peces en los arrecifes sumergidos Palo Seco y Pantepec. Para caracterizar la comunidad se utilizó el método de conteo en transecto de banda, estableciendo 55 transectos en Pantepec durante noviembre 2014-julio 2016 y 54 en junio de 2016 en Palo Seco. La comunidad se evaluó a partir de su composición, abundancia, biomasa, grupos tróficos e índice de valor de importancia (IVI) de las especies de peces. Posteriormente se comparó la comunidad a dos escalas: arrecife e intervalos de profundidad, utilizando un ANOSIM y diversidad taxonómica. En total se identificaron 104 especies (75 para Palo Seco y 76 en Pantepec) pertenecientes a 34 familias. Las familias Serranidae, Labridae y Pomacentridae obtuvieron una mayor riqueza con 11, 10 y 10 especies, respectivamente. Las especies con mayor abundancia y valor de importancia (IVI) fueron *Coryphopterus hyalinus* y *Halichoeres burekiae* para Palo Seco y *H. burekiae* y *Elacatinus jarocho* en Pantepec. Los mayores aportadores de biomasa fueron *Sphyraena barracuda* en Palo Seco y *Lutjanus jocu* para Pantepec. En ambos arrecifes los gremios tróficos dominantes fueron zooplanctívoros y carnívoros, los primeros de acuerdo a su abundancia y los segundos por su biomasa. Los análisis estadísticos demostraron que existen diferencias en la composición (distinción taxonómica: $p= 0.037$) y abundancia (ANOSIM: $p= 0.0001$) de la comunidad de peces entre Palo Seco y Pantepec. Para ambos arrecifes, a nivel de intervalos de profundidad la comunidad no presento diferencias en la composición, caso contrario si se toma en cuenta la abundancia. Al parecer factores como barreras geográficas y variables ambientales locales pueden estar provocando una estructuración íctica característica en cada región del estado.

1. INTRODUCCIÓN

Los arrecifes sumergidos son sistemas arrecifales cuyo desarrollo coralino no alcanza la superficie debido al escaso crecimiento de los corales escleractinios (Jordán-Dahlgreen, 1993; 2004). En el golfo de México estas formaciones tienen una profundidad variable, desde 9 m (Ortiz-Lozano *et al.*, 2013) hasta más de 25 m (Davis *et al.*, 2013; Ortiz-Lozano *et al.*, 2018). Posiblemente, los Flower Gardens Banks localizados frente a las costas de Texas son los mejor conocidos y han sido catalogados como un reservorio de la diversidad biológica ya que en contraste con las formaciones del Caribe, poseen una alta cobertura coralina y una gran densidad de peces herbívoros (Lang *et al.*, 2001; Zimmer *et al.*, 2010). En la costa de Veracruz, existe un registro de al menos 24 sistemas de esta naturaleza (Ortiz-Lozano *et al.*, 2013; González-Gándara *et al.*, 2015; Ortiz-Lozano *et al.*, 2018), cuyo conocimiento es incipiente, especialmente el relacionado con las comunidades de peces.

La estructura de las comunidades de peces en los sistemas arrecifales depende de varios factores, entre ellos destacan la complejidad estructural (Arias-González *et al.*, 2011; Graham y Nash, 2013), y la cobertura coralina (Pratchett *et al.*, 2012) y de macroalgas (Lehman, 2010; Littler y Littler, 2011). En los bancos sumergidos, al parecer dos son los más relevantes: la penetración de luz y la profundidad. El primero relacionado con la cantidad de sedimentos en suspensión y depende de la influencia del drenaje continental. Se ha documentado que la turbidez reduce la tasa de fotosíntesis y esto puede afectar la distribución y abundancia de las comunidades arrecifales (Souter y Linden, 2000; Mallela *et al.* 2007), particularmente la de peces que dependen de la visión para conseguir alimento o evitar la depredación (Leahy *et al.*,

2011). De modo que el incremento en la turbidez puede modificar la estructura de sus comunidades (Mallela *et al.*, 2007; Bejarano y Appeldoorn, 2013). Por su parte, la profundidad, define grupos de especies ictiológicas, dada la distribución diferencial. Por ejemplo, los herbívoros son más abundantes en las zonas someras y los carnívoros y piscívoros en las profundas (Bejarano y Appeldoorn, 2013; González-Gándara, 2014).

Dos de los arrecifes sumergidos en Veracruz son Pantepec, localizado en el norte del estado, y Palo Seco, ubicado en el sur. El primero tiene una influencia del drenaje continental aportado por el río Tuxpan, mientras que el segundo está influenciado por el río Coatzacoalcos (Salas-Pérez *et al.*, 2015). Presentan profundidades que oscilan entre 12 y 25 m (González-Cobos, 2010; González-Gándara *et al.*, 2015) y su visibilidad está limitada por los sedimentos suspendidos. En estos sistemas se conocen parcialmente los componentes ictiofaunísticos (Cortés-Useche *et al.*, 2015; Valdez-Melo, 2015) pero la estructura de la comunidad de peces es desconocida. Además, partiendo de la idea propuesta por Ortiz-Lozano *et al.* (2013), es necesario documentar la conectividad ecológica, por ello resulta importante generar información acerca de la estructura de la comunidad de peces en los arrecifes Pantepec y Palo Seco, que sustenten la definición de estrategias de manejo que permitan la conservación y protección de estos ecosistemas; además de aportar información para definir la conectividad ecológica entre los sistemas arrecifales veracruzanos.

2. ANTECEDENTES

La zona costera de Veracruz cuenta con una riqueza ictiológica de más de 500 especies (Abarca-Arenas *et al.*, 2012). Parte de la riqueza se debe a los beneficios de las estructuras arrecifales que se encuentran en las costas, ya que la mayoría (alrededor de 430) las podemos localizar en estos sitios (Del Moral-Flores *et al.*, 2013; González-Gándara *et al.*, 2013).

En el estado de Veracruz, existen trabajos que han registrado la riqueza íctica en sistemas arrecifales, los cuales en conjunto presentan un total de 430 especies, divididos en los arrecifes del norte con 296 especies (González-Gándara *et al.*, 2013; González-Gándara, 2014), la zona centro reportando el mayor elenco ictiológico hasta ahora en el estado con 386 especies (Del Moral-Flores *et al.*, 2013) y la parte sur con 116 especies (Valdez-Melo, 2015; Romero-Morales, 2016), demostrando la necesidad de aumentar los esfuerzos en cuanto a estudios ictiológicos en esta región. Otros estudios se enfocan en los peces de interés pesquero asociado a estos ecosistemas tanto en la zona norte (González-Gándara, 2010; Cruz-Jiménez, 2013) como en la centro (Jiménez-Badillo *et al.*, 2006; Jiménez-Badillo y Castro-Gaspar, 2007).

Por otra parte, la distribución de la comunidad de peces se ha asociado con la zonación arrecifal, donde se ha registrado que en la zona de sotavento existe una mayor riqueza y abundancia de especies, atribuida a una mayor disponibilidad de alimento (Navarrete-Martínez, 2006; Reyes-Osorio, 2009; de la Cruz-Francisco, 2012). También, se han realizado estudios enfocados a la distribución con base en gradientes de profundidad, donde se reporta que en zonas profundas (9-15 m) existe una mayor riqueza y

abundancia, atribuido a las condiciones ambientales (Muñoz-Bautista, 2010; Pérez-España *et al.*, 2015). Del mismo modo, otros trabajos han relacionado la ictiofauna con el hábitat (sustrato), en donde se registra mayor riqueza en fondos rocosos-coralinos (Romero-Morales, 2016) y en sustratos artificiales como barcos hundidos (Martínez-Hernández y Camacho-Olivares, 2007; Romero-Morales, 2016).

Con respecto a estudios en arrecifes sumergidos, González-Gándara (2014) reportó 122 especies de peces en el arrecife Blake. La familia Serranidae fue la que presentó mayor riqueza (15 especies), y concluye que la afinidad de la comunidad de peces con las del Caribe es de 85.2 %, lo que apoya la idea de una conectividad entre los arrecifes de Veracruz con los del Caribe. Por otra parte en los arrecifes Pantepec, Oro Verde y Blake, Cortés-Useche *et al.* (2015) registraron en conjunto 60 especies de peces, de las cuales 41 pertenecen a Pantepec, lo cual indica una falta de esfuerzo de muestreo ya que la riqueza es menor comparada con el resto de los arrecifes de la zona norte. Por su parte, en el arrecife Palo Seco, Valdez-Melo (2015) reportó 84 especies. La familia Scaridae obtuvo una mayor riqueza (nueve especies), además, registró un mayor número de especies en el intervalo de 15-20 m de profundidad.

Como se puede observar, en ambos sitios (Pantepec y Palo Seco) los estudios realizados se enfocan a la identificación de especies de peces; sin embargo, aún no se conoce por completo cómo están estructuradas estas comunidades de peces en estos sitios. La información aportada en este estudio contribuye a sentar bases para continuar con los esfuerzos de conservación y protección de la biodiversidad de los arrecifes coralinos de Veracruz, particularmente los arrecifes de tipo sumergidos de la región,

que hasta ahora han sido poco estudiados y no considerados como parte de los Sistemas Arrecifales Protegidos del estado.

HIPÓTESIS

La estructura de las comunidades de peces en los arrecifes de coral se ha relacionado con las propiedades arrecifales, tales como: cobertura coralina, complejidad estructural, heterogeneidad, etc. Por lo que dados los contrastes en las condiciones ambientales de los arrecifes Palo Seco y Pantepec así como su distancia geográfica, se espera que la comunidad de peces en general sea parecida, pero con diferencias en su estructura comunitaria, partiendo de que, la profundidad y la turbidez son determinantes en la organización de las comunidades en los arrecifes sumergidos.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Evaluar la estructura de la comunidad de peces en dos arrecifes sumergidos de Veracruz.

3.2 Objetivos particulares

1. Determinar las especies de peces presentes en los arrecifes Palo Seco y Pantepec.
2. Caracterizar las comunidades en los arrecifes Pantepec y Palo Seco a partir de su riqueza, abundancia, diversidad, biomasa, grupos tróficos e índice de valor de importancia de las especies de peces.
3. Comparar las comunidades de peces a dos escalas espaciales: arrecife e intervalos de profundidad.

4. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Área de estudio

En la costa norte del estado de Veracruz, se localiza el Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, el cual incluye siete arrecifes coralinos distribuidos en dos polígonos: Lobos (Blanquilla, Medio y Lobos) y Tuxpan (Tahnuijo, Enmedio, Pantepec y Tuxpan). Estos ecosistemas se encuentran entre 1 y 30 m de profundidad. Por su parte, la zona sur del estado contempla 39 estructuras coralinas (Ávila-Pérez, 2016) distribuidas en dos zonas (Arriaga-Cabrera, 1998): Los Tuxtlas (37 arrecifes) y delta del río Coatzacoalcos (Palo Seco y Tripie).

4.1.1 Arrecife Pantepec

El arrecife Pantepec es una estructura sumergida, localizada en el límite sur oriente del polígono Tuxpan (Martos, 2010). Dicho arrecife es una estructura que se localiza a 11.5 km de la desembocadura del río Tuxpan, en las coordenadas 21° 02' 43" N y 97° 14' 34" W (Figura 1). Presenta un área de plataforma rocosa con una longitud aproximada de 1.5 km y una anchura de 0.8 km, con una superficie de 80 ha. La profundidad máxima es de 25 m, mientras que la elevación máxima llega a 15 m de la superficie. Presenta el mismo modelo morfológico que los arrecifes emergentes de la región (González-Cobos, 2010).

4.1.2 Arrecife Palo Seco

El arrecife Palo Seco se encuentra aproximadamente a 2 km de la costa de Coatzacoalcos, específicamente frente a la localidad de Loma de Las Barrillas. Este

sistema se ubica en las coordenadas 18° 10' 33.10 N - 94° 31' 32.3 W (Figura 1). Presentan una longitud aproximada de 2 km y una anchura de 0.5 km, con una superficie de 120 ha. La cobertura coralina se encuentra en profundidades entre 10.4 m y 22 m. Presenta una formación rocosa alargada con estructuras separadas, las cuales son de origen coralino y otras de origen volcánico. Presenta cantidades considerables de materia suspendida lo que refleja una escasa visibilidad que parece ser determinante en la baja cobertura de coral, la cual está representada por: *Pseudodiploria clivosa*, *Montastraea cavernosa*, *Siderastrea siderea* y *Oculina* sp., además muestra numerosas colonias de esponjas e hidroides (González-Gándara et al., 2015).

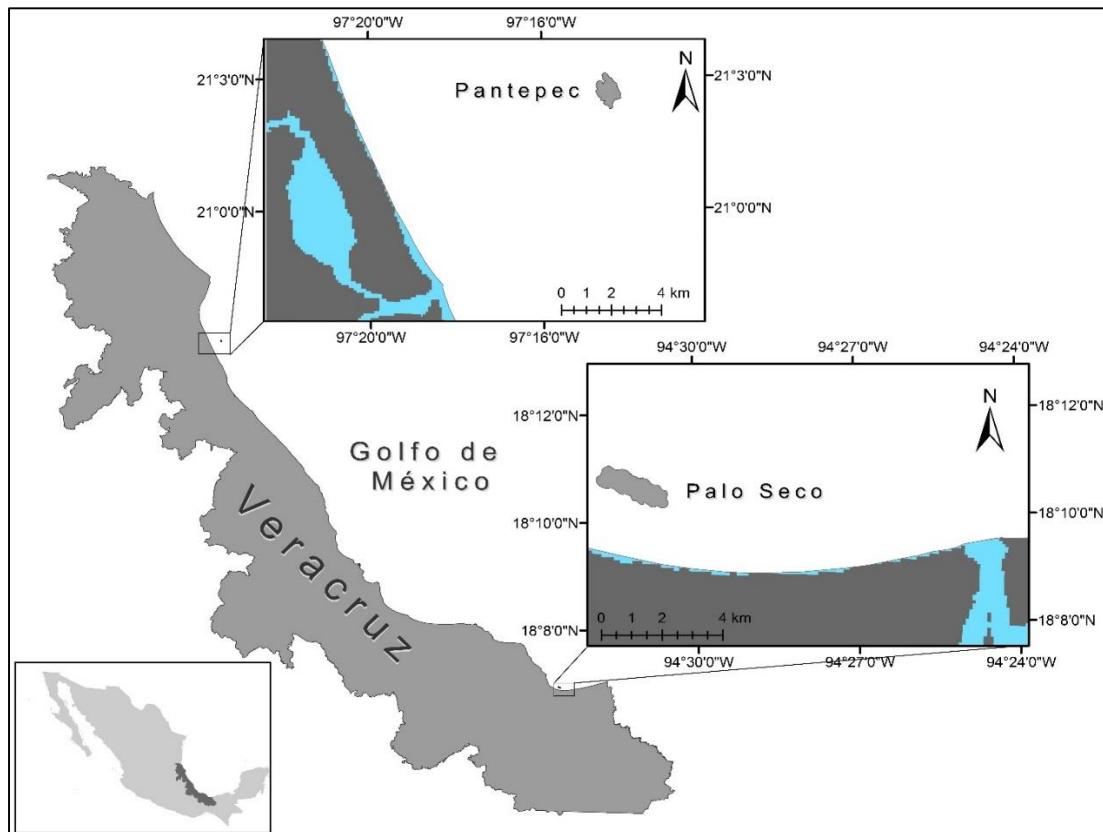


Figura 1. Localización geográfica de los arrecifes Palo Seco y Pantepec, Veracruz.

4.1.3 Aspectos ambientales

El tipo de clima que domina en la zona es el que corresponde a la región costera Aw²" (e), según el sistema de clasificación climática de Köeppen modificada por García (1973). Este tipo de clima se interpreta como tropical lluvioso con dos estaciones lluviosas separadas por una temporada seca corta en el verano y una larga en la mitad fría del año (Carrillo *et al.*, 2010). Las masas de agua de la costa de Veracruz presentan una estructura termohalina estacional, la cual presenta valores de temperatura entre 18 y 30 ° C (promedio de 26.6 ° C), y valores de salinidad entre 30.2 y 38.7 ups (Salas-Pérez *et al.*, 2018).

Los vientos dominantes en la zona proceden del noreste, mientras que las corrientes marinas van hacia el suroeste. La velocidad promedio del viento en las áreas arrecifales del estado es de 5.5 m/s. La presencia de frentes fríos en el golfo de México produce vientos que soplan de norte a sur, conocidos localmente como “Nortes”, que pueden alcanzar velocidades de hasta los 33 m/s (Monreal-Gómez *et al.*, 2004; Carrillo *et al.*, 2010). Por su parte, las corrientes marinas presentan velocidades que fluctúan entre 100 cm/s y 25 cm/s, con promedio de 50 cm/s. Estas corrientes muestran un patrón ciclónico estacional inducido por el viento, manifestando una variación en la dirección a nivel regional, la cual en ocasiones tiene una trayectoria en la zona sur la cual es opuesta a las de la región norte y centro (Salas-Pérez *et al.*, 2018).

Los registros de clorofila-a en sistemas arrecifales del estado demuestran una tendencia creciente de norte a sur (Jordán-Garza *et al.*, 2017). De manera general las concentraciones oscilan entre 0.2 y 5.5 mg/m³, estas variaciones se encuentran

estrechamente relacionadas con los aportes de descarga continental (Salas-Pérez *et al.*, 2015; Salas-Monreal *et al.*, 2018).

4.2 Trabajo de campo

Para la elaboración de este estudio, se analizaron datos obtenidos durante las expediciones realizadas en los arrecifes Pantepec en el periodo noviembre 2014-julio 2016 y en el arrecife Palo Seco en junio de 2016. Durante estos muestreos en cada arrecife se establecieron 15 sitios de muestreo, en los cuales se realizaron tres transectos de 25 x 2 m por sitio. Estos transectos a su vez fueron separados en intervalos de profundidad (<15 m; 15-20 m; >20 m) en cada arrecife para su posterior análisis. Los sitios de muestreo fueron localizados geográficamente utilizando un GPS (Global Position System).

Identificación de especies

La identificación de especies de peces se realizó con base en las características morfológicas y de coloración de los organismos observados, empleando la guía de identificación de peces de Humann y DeLoach (2014), así como de la base de imágenes de Froese y Pauly (2017). Una vez identificadas las especies, éstas se ordenaron con base en la clasificación de Nelson *et al.* (2016).

Caracterización de la comunidad de peces

Para describir las comunidades de peces en ambos arrecifes se emplearon transectos de banda (25 m x 2 m), utilizando equipo de buceo autónomo SCUBA. La técnica consistió en que un observador anotó en tablas de acrílico las especies observadas,

realizando conteos *in situ* de los peces identificados utilizando la escala que sugieren Harmelin-Vivien *et al.* (1985) para los ecosistemas arrecifales. Las tallas de los individuos fueron estimadas utilizando rangos de 10 cm (1-10, 11-20, 21-30, etc.).

4.3 Análisis de datos

Se estimó la diversidad alfa con índices que cuantifican el número de especies presentes y con índices que miden la estructura comunitaria a partir de la abundancia de cada especie, esto se analizó a nivel arrecifal e intervalos de profundidad mediante el programa Past (Hammer *et al.*, 2001). A continuación, se describen los índices fueron utilizados.

Riqueza

La riqueza específica se basa solamente en el número de especies registradas por unidad de muestreo, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001). Se registró también el número total de especies por arrecife y por intervalo de profundidad.

Eficiencia de Muestreo

Para evaluar la suficiencia del muestreo se utilizaron los estimadores: Chao 1, Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 y Bootstrap con 1000 permutaciones mediante el programa EstimateS (Coldwell, 2013).

Abundancia

Usando el método de grafico rango-abundancia o curva de Whittaker, que es uno de los más conocidos e ilustrativos (Feinsinger, 2003), se elaboraron diagramas de

distribución de abundancia de las especies de peces de ambos arrecifes. La secuencia de ordenación resultó de la relación log 10 de la proporción (pi) de individuos de las especies presentes en Palo Seco y Pantepec. Estas curvas permiten describir en orden descendente, la estructura de la comunidad, basada en la riqueza, abundancia y equidad de las especies (Magurran, 2004).

Índice de diversidad de Shannon

El índice de Shannon (H') está basado en las abundancias relativas de las especies expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (Moreno, 2001).

Este índice se define de acuerdo a la ecuación 1:

$$H = - \sum_i \frac{n_i}{n} \ln \frac{n_i}{n} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

n_i = número de individuos de la especie i

n = número total de individuos

\ln = logaritmo natural

Índice de equidad de Pielou

Este índice, cuenta la proporción de la diversidad registrada con relación a la máxima

diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, uno corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Ecuación 2) (Moreno, 2001).

$$J' = \frac{H'}{H' \max} = \frac{H' \text{ Obs}}{\ln S} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$H' \max$ = Logaritmo natural de **S**

$H' \text{ Obs}$ = Diversidad observada

S = Número de especies

Biomasa

Con los datos de abundancia y talla se estimó la biomasa mediante la función exponencial de la ecuación 3:

$$B = aL^b \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

B = biomasa en gramos

L = longitud en centímetros

a y **b** = constantes de la relación peso-longitud

Los valores de las constantes a y b , se obtuvieron a partir de las medidas de longitud y peso de la base de datos electrónica Fishbase (Froese y Pauly, 2017) y complementados con los resultados reportados por Bohnsack y Harper (1988), Núñez-Lara (1998), Gutiérrez-Benítez (2012), González-Gándara *et al.* (2003) y Barrera-Lara (2013) (Anexo II).

Estructura trófica

La clasificación de los grupos tróficos se realizó de acuerdo con la propuesta de Randall (1967):

1. Herbívoros: peces que se alimentan de plantas y detritos.
2. Zooplantívoros: peces que se alimentan de organismos planctónicos.
3. Consumidores de invertebrados sésiles: peces que se alimentan de esponjas, erizos y corales.
4. Consumidores de invertebrados con concha: peces que se alimentan de invertebrados móviles o con concha, como: gasterópodos, bivalvos, camarones, isópodos, moluscos de pequeña talla.
5. Carnívoros: Peces que se alimentan de animales bentónicos móviles como gusanos, pulpos, cangrejos y peces pequeños.
6. Parasitívoros: peces que se alimentan de ectoparásitos.
7. Piscívoros: peces que se alimentan de otros peces y en ocasiones de cefalópodos.

Las especies identificadas se clasificaron de acuerdo con su categoría trófica (Anexo I) y se calculó la proporción de cada grupo en cada arrecife e intervalo de profundidad.

Índice de valor de importancia (IVI)

Mediante el IVI se estimó la dominancia de las especies de peces presentes en ambos arrecifes. Este índice indica la dominancia que ejerce una o más especies en las comunidades con base en la suma de la abundancia, frecuencia y biomasa (Ecuación 4).

$$IVI = A \% + F \% + B \%$$

Ecuación 4

Donde:

IVI = Índice de valor de importancia

A % = Abundancia relativa

F % = Frecuencia relativa

B % = Biomasa relativa

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de escalamiento no métrico (NDMS, Non Metric Multidimensional Scaling), el cual es una técnica multivariante que representa en un espacio geométrico de pocas dimensiones las similitudes o diferencias que existen entre un conjunto de muestras o sitios. Para el caso de este estudio se usó la composición cuantitativa de las especies de peces a nivel de arrecifes. Para llevar a cabo este análisis se empleó el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001).

Para determinar la presencia de diferencias de riqueza y abundancia entre las comunidades de peces se efectuó un análisis de similitud (ANOSIM) con distancia de Bray-Curtis (Clarke, 1993) entre arrecifes e intervalos de profundidad. Para estimar el porcentaje de similitud entre los arrecifes se realizó un análisis de porcentajes de similitud (SIMPER), ambos análisis se efectuaron utilizando el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001).

Como complemento, para identificar cambios en la estructura taxonómica de la comunidad de peces se utilizó la distinción taxonómica promedio, la cual se basa en la presencia/ausencia de las especies y actúa como indicador cualitativo (Warwick y Clarke, 1995; Clarke y Warwick, 1998). Este índice evalúa la riqueza junto con la distancia taxonómica entre cada par de especies, por medio de la matriz de agregación taxonómica construida con niveles taxonómicos de filo, clase, orden, familia, género y especie, aplicando la clasificación propuesta por Nelson *et al.* (2016). Este análisis se llevó a cabo mediante el programa R estudio (R Core Team, 2016) usando el paquete “Vegan” (Oksanen *et al.*, 2018).

5. RESULTADOS

5.1 Composición

Se registraron un total de 104 especies pertenecientes a 33 familias y 62 géneros (Cuadro 1), de las cuales más del 44% fueron comunes para ambos sistemas. Las familias mejores representadas por su número de especies fueron: Serranidae (11 especies), Labridae (10), Pomacentridae (10), Scaridae (9) y Lutjanidae (8); mientras que 13 de las familias solo estuvieron representadas por una especie.

Cuadro 1. Lista sistemática de los peces registrados en los arrecifes Palo Seco y Pantepec. Ordenadas de acuerdo a la clasificación de Nelson *et al.* (2016).

Familia	Especie	Palo Seco	Pantepec
Urotrygonidae	<i>Urobatis jamaicensis</i> (Cuvier, 1816)	1	
Megalopidae	<i>Megalops atlanticus</i> Valenciennes, 1847	1	
Muraenidae	<i>Gymnothorax moringa</i> Cuvier, 1829	1	
Synodontidae	<i>Synodus intermedius</i> (Spix y Agassiz, 1829)	1	1
Holocentridae	<i>Myripristis jacobus</i> Cuvier, 1829	1	
	<i>Holocentrus adscensionis</i> Goode, 1876	1	1
Gobiidae	<i>Coryphopterus hyalinus</i> Böhlke y Robins, 1962	1	1
	<i>Elacatinus jarocho</i> Taylor y Akins, 2007	1	1
	<i>Elacatinus oceanops</i> Jordan, 1904	1	1
Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)	1	1
	<i>Chromis cyanea</i> (Poey, 1860)	1	1
	<i>Chromis insolata</i> (Cuvier, 1830)		1
	<i>Chromis multilineata</i> (Guichenot, 1853)	1	1
	<i>Chromis scotti</i> Emery, 1968	1	1
	<i>Microspathodon chrysurus</i> (Cuvier, 1830)	1	
	<i>Neopomacentrus cyanomos</i> (Bleeker, 1856)	1	
	<i>Stegastes adustus</i> (Troschel, 1865)	1	1
	<i>Stegastes partitus</i> (Poey, 1868)	1	1
	<i>Stegastes variabilis</i> (Castelnau, 1855)	1	1
Blenniidae	<i>Ophioblennius macclurei</i> (Silvester, 1915)	1	
	<i>Parablennius marmoreus</i> (Poey, 1876)		1
Labrisomidae	<i>Malacoctenus triangulatus</i> Springer, 1959	1	1
Carangidae	<i>Caranx bartholomaei</i> Cuvier, 1833		1
	<i>Caranx cryos</i> (Mitchill, 1815)	1	
	<i>Caranx latus</i> Agassiz, 1831	1	
	<i>Caranx ruber</i> (Bloch, 1793)		1
	<i>Elagatis bipinulata</i> (Quoy y Gaimard, 1825)		1
Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i> (Edwards, 1771)	1	
	<i>Sphyraena guaguanchio</i> Cuvier, 1829	1	
Labridae	<i>Bodianus pulchellus</i> (Poey, 1860)		1
	<i>Bodianus rufus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1
	<i>Clepticus parrae</i> (Bloch y Schneider, 1801)	1	1

Familia	Especie	Palo Seco	Pantepec
Scaridae	<i>Halichoeres bivittatus</i> (Bloch, 1791)	1	1
	<i>Halichoeres burekae</i> Weaver y Rocha, 2007	1	1
	<i>Halichoeres caudalis</i> (Poey, 1860)		1
	<i>Halichoeres maculipinna</i> (Müller y Troschel, 1848)	1	
	<i>Halichoeres radiatus</i> (Linnaeus, 1758)	1	
	<i>Lachnolaimus maximus</i> (Walbaum, 1792)		1
	<i>Thalassoma bifasciatum</i> (Bloch, 1791)	1	1
	<i>Nicholsina usta</i> (Valenciennes, 1840)	1	1
	<i>Scarus iseri</i> (Bloch, 1789)	1	1
	<i>Scarus taeniopterus</i> Lesson, 1829	1	1
	<i>Scarus vetula</i> Bloch y Schneider, 1801		1
	<i>Sparisoma aurofrenatum</i> (Valenciennes, 1840)	1	1
	<i>Sparisoma chrysopterum</i> (Bloch y Schneider, 1801)		1
Gerreidae	<i>Sparisoma radians</i> (Valenciennes, 1840)		1
	<i>Sparisoma rubripinne</i> (Valenciennes, 1840)		1
Mullidae	<i>Sparisoma viride</i> (Bonnaterre, 1788)		1
	<i>Gerres cinereus</i> (Walbaum, 1792)	1	
Pempheridae	<i>Pseudupeneus maculatus</i> (Bloch, 1793)	1	1
	<i>Pempheris schomburgkii</i> Müller y Troschel, 1848	1	
Kyphosidae	<i>Kyphosus incisor</i> (Cuvier, 1831)	1	
	<i>Cephalopholis cruentata</i> (Lacepède, 1802)	1	1
Serranidae	<i>Epinephelus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)	1	1
	<i>Hypoplectrus atlahua</i> Tavera y Acero, 2013	1	1
Priacanthidae	<i>Hypoplectrus castroaguirrei</i> Del Moral Flores, Tello-Musi y Martínez-Pérez, 2012	1	
	<i>Hypoplectrus floridae</i> Victor, 2012	1	1
	<i>Mycteroperca acutirostris</i> (Valenciennes, 1828)		1
	<i>Mycteroperca bonaci</i> (Poey, 1860)	1	1
	<i>Mycteroperca interstitialis</i> (Poey, 1860)		1
	<i>Mycteroperca phenax</i> Jordan y Swain, 1884		1
	<i>Paranthias furcifer</i> (Valenciennes, 1828)		1
	<i>Serranus subligarius</i> (Cope, 1870)	1	1
	<i>Heteropriacanthus cruentatus</i> (Lacepède, 1801)		1
	<i>Priacanthus arenatus</i> Cuvier, 1829	1	
	<i>Chaetodon ocellatus</i> Bloch, 1787	1	1
	<i>Chaetodon sedentarius</i> Poey, 1860	1	1
Chaetodontidae	<i>Holacanthus bermudensis</i> Goode, 1876	1	1
	<i>Holacanthus tricolor</i> (Bloch, 1795)		1
Pomacanthidae	<i>Pomacanthus paru</i> (Bloch, 1787)	1	1
	<i>Anisotremus surinamensis</i> (Bloch, 1791)	1	1
Haemulidae	<i>Anisotremus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1
	<i>Haemulon aurolineatum</i> Cuvier, 1830	1	1
Lutjanidae	<i>Haemulon carbonarium</i> Poey, 1860	1	
	<i>Haemulon flavolineatum</i> (Desmarest, 1823)	1	
	<i>Haemulon macrostomum</i> Günther, 1859	1	
	<i>Haemulon plumieri</i> (Lacepède, 1801)	1	1
	<i>Lutjanus apodus</i> (Walbaum, 1792)		1
	<i>Lutjanus cyanopterus</i> (Cuvier, 1828)	1	
	<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1
	<i>Lutjanus jocu</i> (Bloch y Schneider, 1801)	1	1
	<i>Lutjanus mahogoni</i> (Cuvier, 1828)	1	1
	<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)		1
	<i>Ocyurus chrysurus</i> (Bloch, 1791)	1	1
	<i>Rhomboplites aurorubens</i> (Cuvier, 1829)	1	

Familia	Especie	Palo Seco	Pantepec
Cirrhitidae	<i>Amblycirrhitus pinos</i> (Mowbray, 1927)	1	
Scorpaenidae	<i>Pterois volitans</i> Linnaeus, 1758		1
	<i>Scorpaena plumieri</i> Bloch, 1789	1	
Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet, 1782)	1	
Sciaenidae	<i>Equetus lanceolatus</i> (Linnaeus, 1758)		1
	<i>Odontoscion dentex</i> (Cuvier, 1830)	1	1
Acanthuridae	<i>Acanthurus bahianus</i> Castelnau, 1855		1
	<i>Acanthurus chirurgus</i> (Bloch, 1787)	1	1
	<i>Acanthurus coeruleus</i> Bloch y Schneider, 1801		1
Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i> (Walbaum, 1792)	1	1
	<i>Calamus calamus</i> (Valenciennes, 1830)		1
Ostraciidae	<i>Lactophrys triqueter</i> (Linnaeus, 1758)		1
Monacanthidae	<i>Aluterus scriptus</i> (Osbeck, 1765)	1	
	<i>Cantherhines pullus</i> (Ranzani, 1842)	1	1
Tetraodontidae	<i>Canthigaster jamestyleri</i> Moura y Castro, 2002		1
	<i>Canthigaster rostrata</i> (Bloch, 1786)	1	1
	<i>Sphoeroides spengleri</i> (Bloch, 1785)	1	1
Diodontidae	<i>Diodon histrix</i> Linnaeus, 1758	1	
	<i>Diodon holacanthus</i> Linnaeus, 1758	1	
Total		75	76

En Palo Seco se registraron 75 especies pertenecientes a 32 familias y 53 géneros. Las familias con mayor riqueza fueron Pomacentridae (9 especies), Labridae, Serranidae y Haemulidae (8 especies). Por su parte, en el arrecife Pantepec se determinaron taxonómicamente 76 especies dentro de 23 familias y 45 géneros. Las familias Serranidae, Scaridae, Labridae y Pomacentridae presentaron la mayor riqueza con 11, 9, 9 y 8 especies, respectivamente (Figura 2).

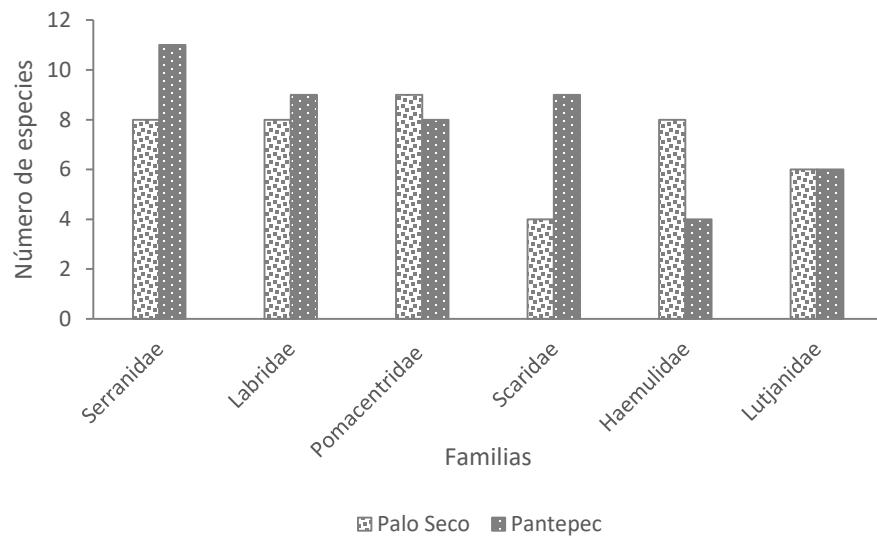


Figura 2. Familias con mayor riqueza en los arrecifes Palo Seco y Pantepec.

5.2 Eficiencia de muestreo

La lista de peces de acuerdo a la curva de acumulación de especies, representa el 73 % para Palo Seco, mientras que para Pantepec el 86% de la ictiofauna total, ambos demuestran una tendencia a la asíntota (Figura 3 y 4).

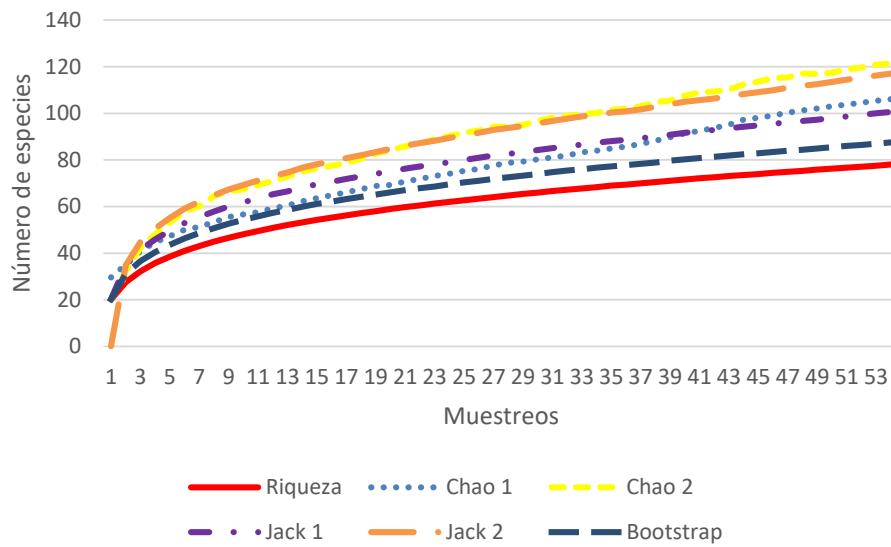


Figura 3. Valores de riqueza observada y riqueza esperada para el arrecife Palo Seco.

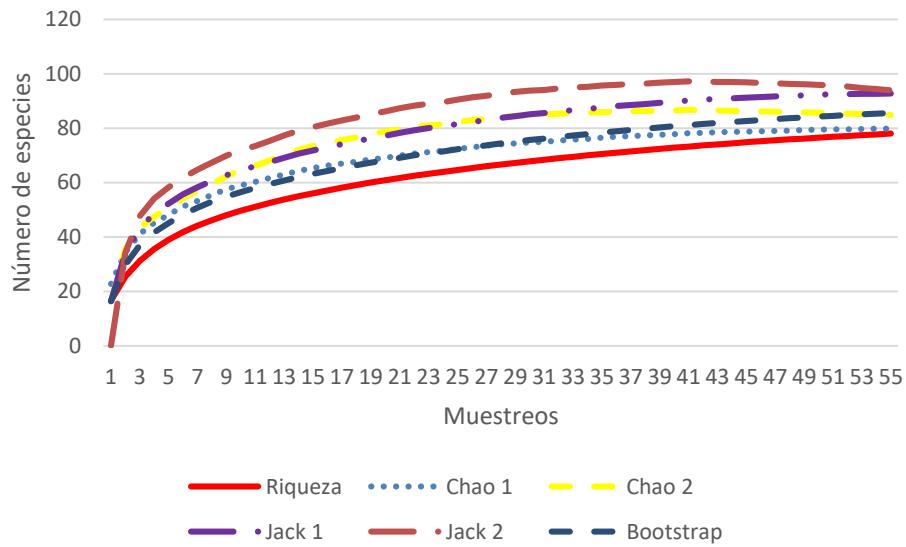


Figura 4. Valores de riqueza observada y riqueza esperada para el arrecife Pantepec.

5.3 Abundancia

Se observaron un total de 33,690 individuos en los 109 transectos realizados en ambos arrecifes. A nivel de familias las más importantes numéricamente fueron Labridae

(11,870), Gobiidae (8,890), Pomacentridae (6,457) y Haemulidae (4,153), las cuales en conjunto representan más del 93 % de la abundancia total, mientras que las familias Kyphosidae y Urotrygonidae fueron representadas solo por un organismo.

Curvas rango-abundancia

En Palo Seco se registró una abundancia promedio de 476 individuos por transecto. Las especies más abundantes fueron: *Coryphopterus hyalinus*, *Halichoeres burekiae* y *Haemulon* sp., que en conjunto representaron más del 57 % de la abundancia total. Por su parte, 15 de las especies estuvieron representadas por un individuo (Figura 5). En Pantepec se observó una abundancia promedio de 139 organismos por transecto. Las especies dominantes fueron: *H. burekiae* y *Elacatinus jarocho* cuya abundancia fue de 2,290 y 2,060 individuos, respectivamente, lo que conjuntamente representa el 58 % de la abundancia total. Por otra parte, siete de las especies fueron representadas por un organismo y 16 especies por dos individuos (Figura 5). A nivel de familias, las que obtuvieron mayores valores de abundancia fueron similares en ambos arrecifes: Labridae, Gobiidae, Pomacentridae y Haemulidae (Figura 6).

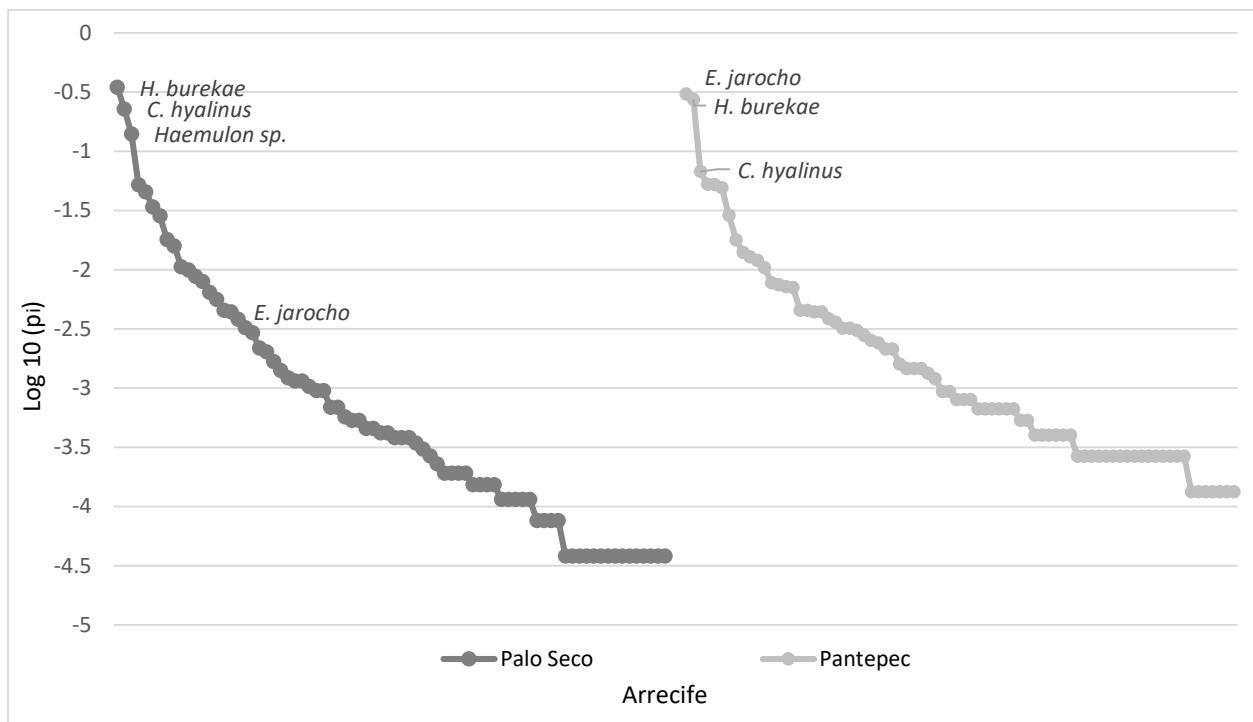


Figura 5. Curvas rango-abundancia de las comunidades de peces en los arrecifes Palo Seco y Pantepec, Veracruz.

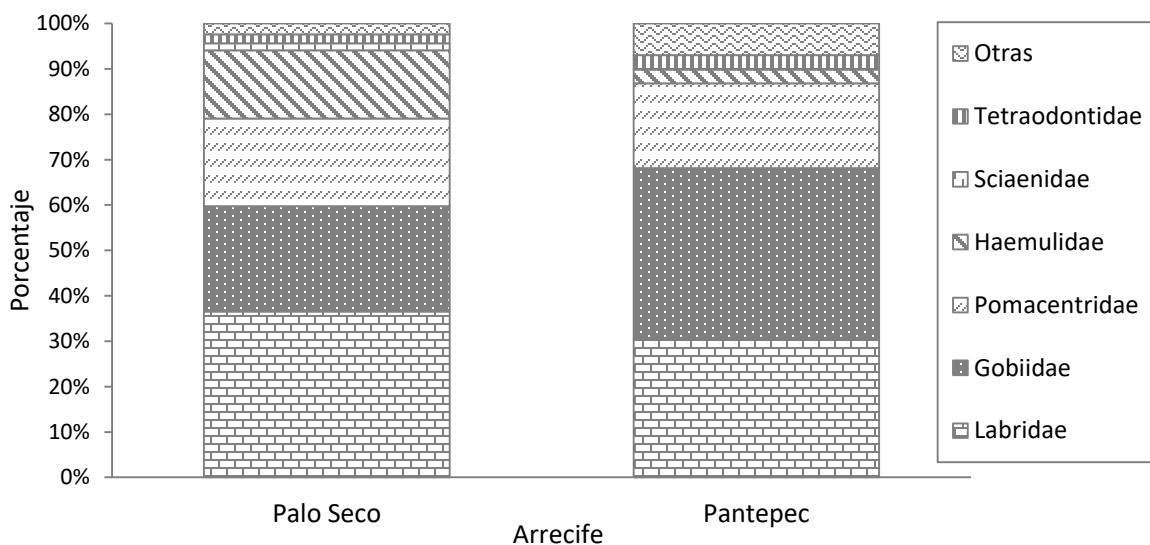


Figura 6. Aporte porcentual a la abundancia total de las familias de peces en Palo Seco y Pantepec, Veracruz.

5.4 Diversidad y equitatividad

El arrecife Pantepec obtuvo un mayor valor de los índices de Shannon y Pielou con 2.35 ± 0.07 E.E (Error Estándar) y 0.54 ± 0.02 E.E, respectivamente. Por su parte, en Palo Seco la diversidad fue de 2.14 ± 0.03 E.E. y la equitatividad de 0.49 ± 0.01 E.E. (Figura 7).

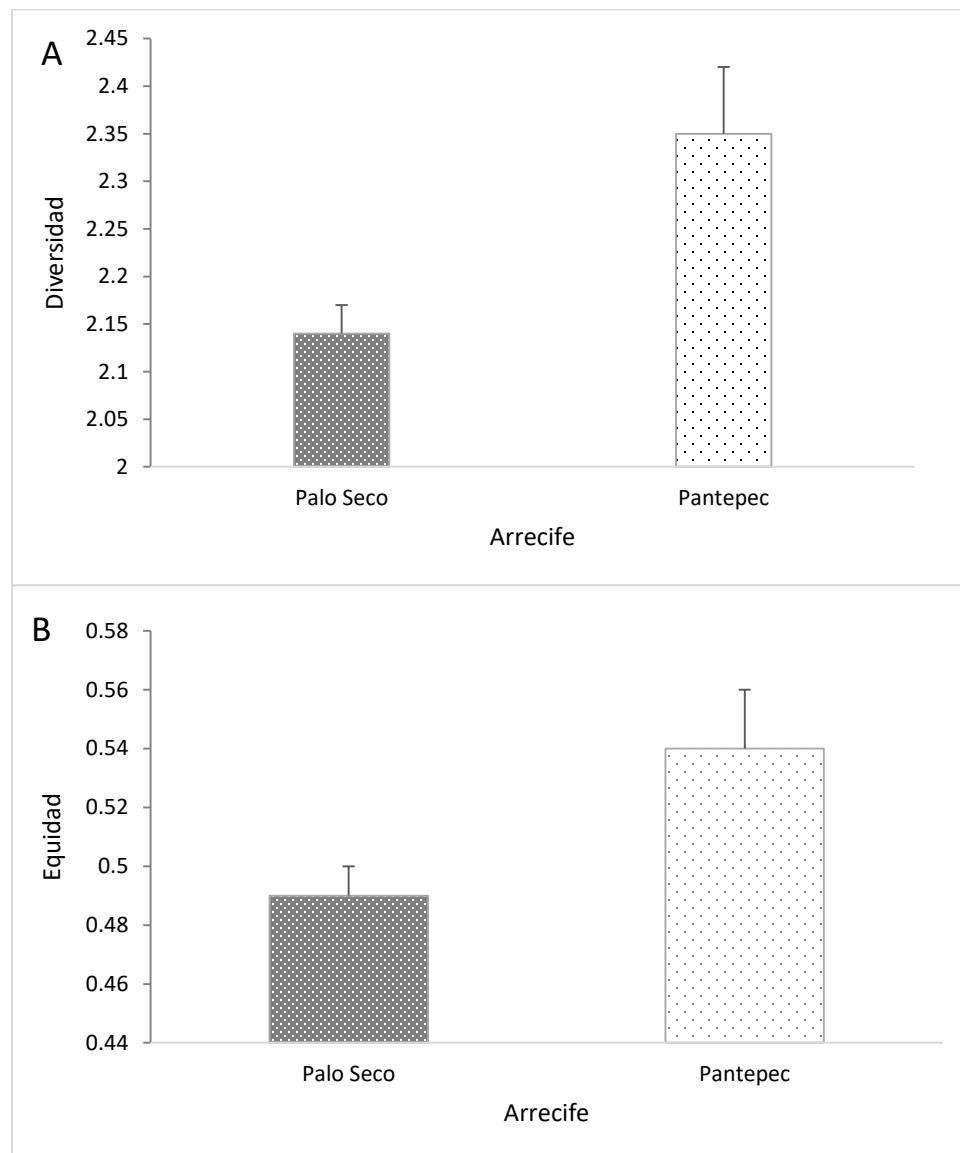


Figura 7. Valores promedio de diversidad de Shannon y equitatividad en los arrecifes Palo Seco y Pantepec, Veracruz. A: Índice de H' ; B: Índice de J . Las líneas indican el error estándar.

5.5 Biomasa

En el arrecife Palo Seco se estimó una biomasa promedio de 185.45 g/m². Las especies con mayor aporte de biomasa fueron: *Sphyraena barracuda*, *Anisotremus virginicus* y *Megalops atlanticus* (Cuadro 2). Por su parte en Pantepec se estimó una biomasa promedio de 121.25 g/m², siendo *Lutjanus jocu*, *A. virginicus* y *Haemulon plumieri* las especies con mayor biomasa (Cuadro 2). Las familias Lutjanidae, Haemulidae, Serranidae, Pomacanthidae y Labridae se encuentran dentro de las primeras ocho familias que contribuyen con mayor biomasa en ambos arrecifes.

Cuadro 2. Especies de peces más importantes por su aporte a la biomasa en Palo Seco y Pantepec, Veracruz.

Especie	PALO SECO		Especie	PANTEPEC	
	Biomasa g/m ²	Biomasa %		Biomasa g/m ²	Biomasa %
<i>Sphyraena barracuda</i>	24.343	13.126	<i>Lutjanus jocu</i>	24.251	19.636
<i>Anisotremus virginicus</i>	16.793	9.055	<i>Anisotremus virginicus</i>	12.414	10.052
<i>Megalops atlanticus</i>	16.034	8.646	<i>Haemulon plumieri</i>	9.226	7.471
<i>Halichoeres burekiae</i>	9.444	5.092	<i>Acanthurus chirurgus</i>	6.592	5.338
<i>Archosargus probatocephalus</i>	8.617	4.646	<i>Lutjanus griseus</i>	5.578	4.517
<i>Pomacanthus paru</i>	8.344	4.499	<i>Anisotremus surinamensis</i>	5.227	4.232
<i>Coryphopterus hyalinus</i>	7.343	3.959	<i>Mycteroperca bonaci</i>	5.209	4.217
<i>Caranx chrysos</i>	6.893	3.717	<i>Holacanthus bermudensis</i>	4.691	3.798
<i>Odonto dentex</i>	5.824	3.140	<i>Archosargus probatocephalus</i>	4.656	3.77
<i>Epinephelus adscensionis</i>	5.605	3.022	<i>Acanthurus bahianus</i>	3.936	3.187

Las variaciones de las biomassas promedio por arrecife se presentan en la Figura 8, donde se observa que la mayor aportación de biomasa para el arrecife Palo Seco fue

dada por las familias Haemulidae ($29.85 \text{ g/m}^2 \pm 1.93 \text{ E.E.}$) y Sphyraenidae ($24.34 \text{ g/m}^2 \pm 12.19 \text{ E.E.}$). En Pantepec las familias Lutjanidae ($31.38 \text{ g/m}^2 \pm 3.56 \text{ E.E.}$) y Haemulidae ($30.07 \text{ g/m}^2 \pm 2.91 \text{ E.E.}$) fueron las que aportaron mayor biomasa. Los menores valores de biomasa fueron aportados por Labrisomidae para Pantepec y Cirrhitidae en Pantepec.

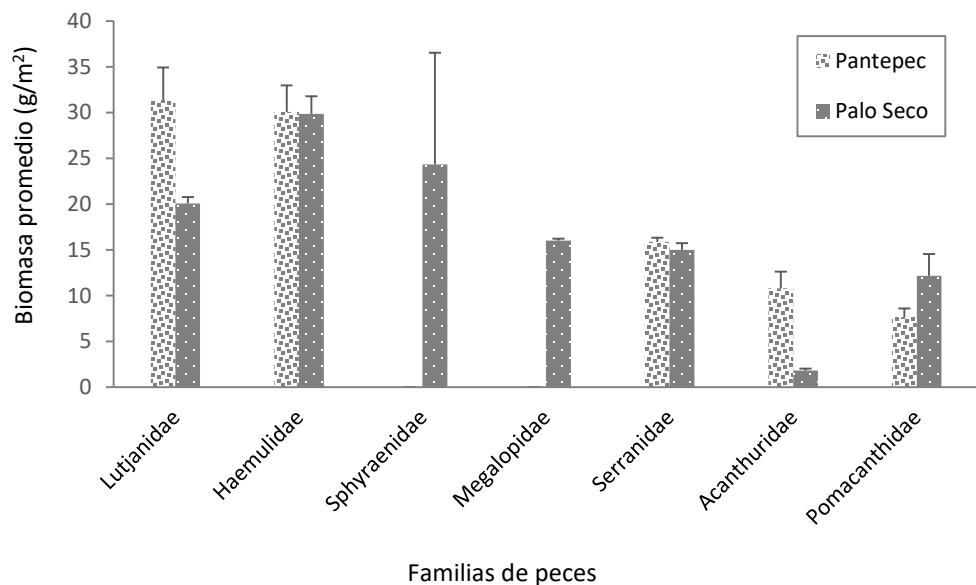


Figura 8. Variación de las biomasas de las principales familias de la comunidad de peces en Palo Seco y Pantepec. Las barras representan el error estándar.

5.6 Valor de Importancia

En Palo Seco las especies dominantes de acuerdo al IVI fueron: *H. burekiae*, *C. hyalinus*, *Haemulon* sp., *S. barracuda* y *Stegastes variabilis*, las cuales en conjunto aportaron más del 120 % del IVI acumulado (300 %) (Cuadro 3). Por su parte, en Pantepec las especies *E. jarocho*, *H. burekiae*, *L. jocu*, *A. virginicus* y *S. variabilis* fueron las que obtuvieron mayores valores de IVI (Cuadro 3).

Cuadro 3. Especies de peces dominantes en Palo Seco y Pantepec de acuerdo con su índice de valor de importancia (IVI).

Especie	Palo Seco		Especie	Pantepec	
	IVI	IVI acumulado		IVI	IVI acumulado
<i>Halichoeres burekiae</i>	44.55	44.55	<i>Elacatinus jarocho</i>	35.08	35.08
<i>Coryphopterus hyalinus</i>	31.50	76.06	<i>Halichoeres burekiae</i>	33.58	68.67
<i>Haemulon</i> sp.	18.49	94.56	<i>Lutjanus jocu</i>	22.06	90.74
<i>Sphyraena barracuda</i>	15.11	109.67	<i>Anisotremus virginicus</i>	14.48	105.22
<i>Stegastes variabilis</i>	11.30	120.98	<i>Stegastes variabilis</i>	11.41	116.63
<i>Stegastes adustus</i>	10.68	131.67	<i>Haemulon plumieri</i>	10.76	127.39
<i>Anisotremus surinamensis</i>	9.93	141.60	<i>Coryphopterus hyalinus</i>	10.66	138.06
<i>Odontoscion dentex</i>	9.33	150.93	<i>Chromis scotti</i>	10.00	148.06
<i>Anisotremus virginicus</i>	8.84	159.77	<i>Bodianus rufus</i>	9.46	157.53
<i>Megalops atlanticus</i>	8.84	168.61	<i>Chromis multilineata</i>	9.09	166.63

5.7 Estructura trófica

La estructura trófica de la comunidad de peces en los arrecifes Palo Seco y Pantepec fue variable en términos de abundancia y biomasa. De manera general los herbívoros (Scaridae y Acanthuridae) y zooplanctívoros (Pomacentridae y Gobiidae) mostraron mayor abundancia numérica, mientras que a nivel de biomasa dominaron los carnívoros (Lutjanidae y Serranidae) y piscívoros (Carangidae) (Figura 9).

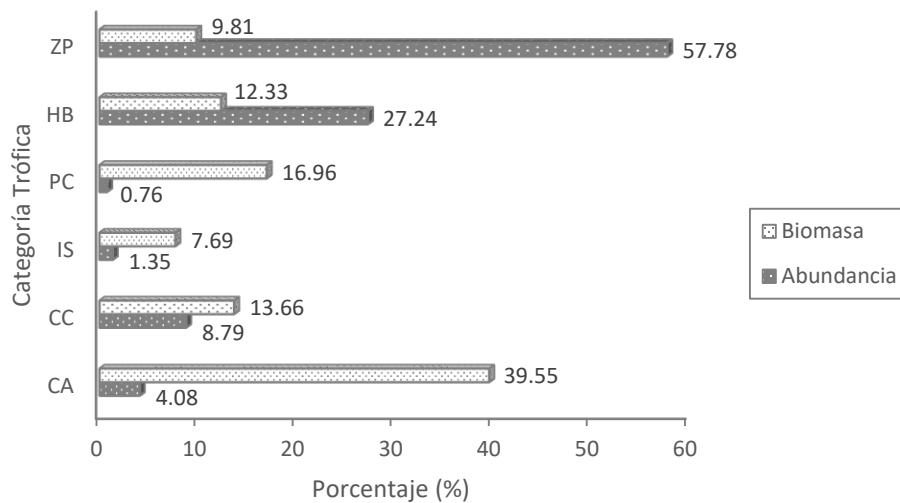


Figura 9. Aporte porcentual de las categorías tróficas a la abundancia y biomasa total de la comunidad de peces en Pantepec y Palo Seco. ZP= Zooplanctívorus, HB= Herbívoros, PC= Piscívoros, IS= Consumidor de invertebrados sésiles, CC= Consumidor de invertebrados con concha, CA= Carnívoros.

La estructura trófica de las comunidades de peces presentó tendencias similares entre los arrecifes Palo Seco y Pantepec. El grupo trófico con mayor abundancia relativa en ambos arrecifes fueron los zooplanctívorus, seguido de los herbívoros; por otra parte los carnívoros y consumidores de invertebrados sésiles fueron los menos abundantes (Figura 10).

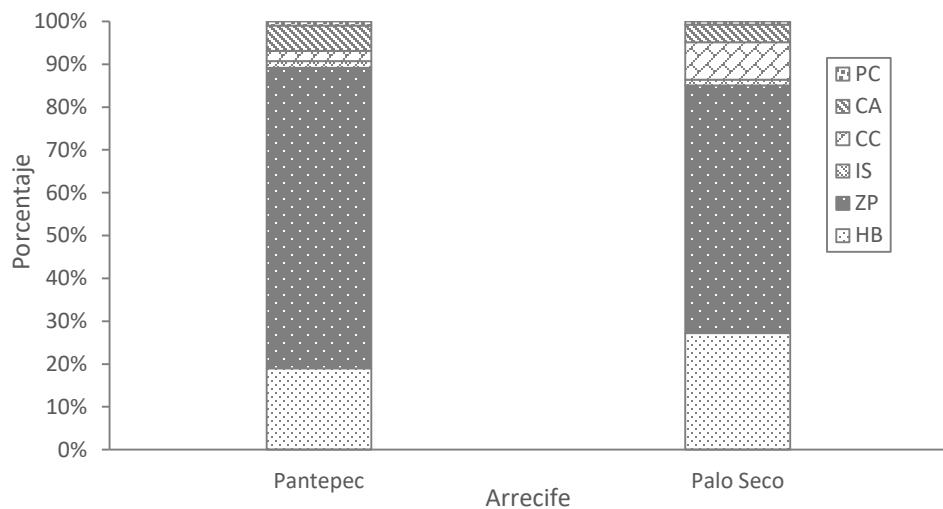


Figura 10. Contribución porcentual de las abundancias de los gremios tróficos de la comunidad de peces en Pantepec y Palo Seco. ZP= Zooplanctívoros, HB= Herbívoros, PC= Piscívoros, IS= Consumidor de invertebrados sésiles, CC= Consumidor de invertebrados con concha, CA= Carnívoros.

La mayor biomasa porcentual para ambos sistemas corresponde a los carnívoros, seguidos de los consumidores de invertebrados con concha y los herbívoros. En contraste, los grupos que menos aportan a la biomasa fueron: los consumidores de invertebrados sésiles y zooplanctívoros (Figura 11).

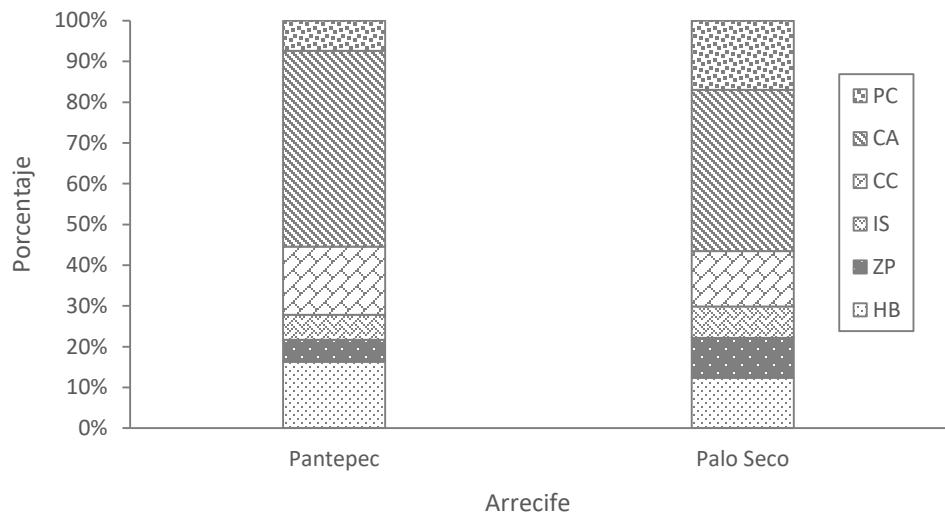


Figura 11. Contribución porcentual de la biomasa de los gremios tróficos de la comunidad de peces en Pantepec y Palo Seco. ZP= Zooplánctívoros, HB= Herbívoros, PC= Piscívoros, IS= Consumidor de invertebrados sésiles, CC= Consumidor de invertebrados con concha, CA= Carnívoros.

5.8 Distribución

La riqueza del arrecife Palo Seco es de 61 especies tanto para la zona somera (<15m) como para la profunda (15-20m) y, comparten más del 73 % del total de especies. Las familias Pomacentridae y Haemulidae fueron las mejor representadas por su número de especies en la zona somera, mientras que en la profunda fueron Labridae y Serranidae.

En términos de abundancia las familias Labridae, Pomacentridae, Gobiidae, Haemulidae y Sciaenidae obtuvieron los valores más altos tanto para la zona somera como en la profunda (Cuadro 4).

Cuadro 4. Familias con mayor abundancia promedio en los intervalos de profundidad en Palo Seco.

Familia	Abundancia	
	<15m	15-20m
Labridae	194.68	153.83
Pomacentridae	100.26	139.65
Gobiidae	92.58	84.61
Haemulidae	63.90	84.52
Sciaenidae	7.90	7.39

La abundancia de los gremios tróficos en ambas profundidades presenta tendencias similares, dominando los zooplanctívoros seguidos de herbívoros y consumidores de invertebrados con concha, mientras que los piscívoros fueron los menos abundantes. A pesar de presentar similitudes entre la riqueza, abundancia y grupos tróficos, el análisis estadístico (ANOSIM) mostro diferencias significativas entre las comunidades de peces en los diferentes intervalos de profundidad ($r= 0.1971$; $p= 0.0003$).

La biomasa de la comunidad de peces del arrecife Palo Seco se distribuyó de manera diferencial, un 65 % del total (213.88 g/m²) en la zona profunda y el resto en la somera (122.39 g/m²). En la primera, el grupo trófico dominante corresponde a los carnívoros y en la somera, los piscívoros y carnívoros fueron los gremios más abundantes (Figura 12).

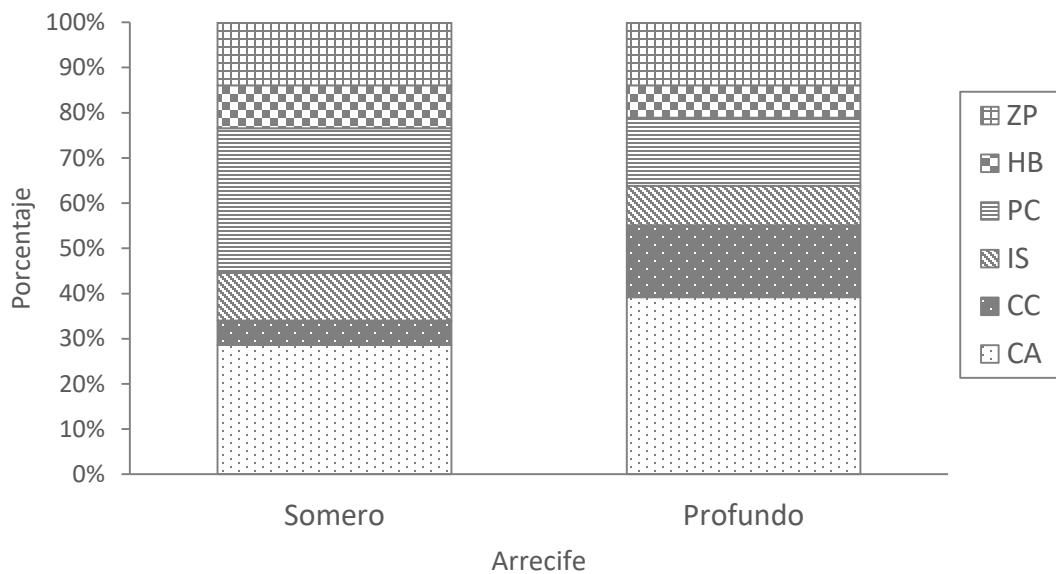


Figura 12. Biomasa porcentual de gremios tróficos en los intervalos de profundidad de Palo Seco. ZP= Zooplancnívoros, HB= Herbívoros, PC= Piscívoros, IS= Consumidor de invertebrados sésiles, CC= Consumidor de invertebrados con concha, CA= Carnívoros.

El arrecife Pantepec se dividió en los intervalos 15-20m (somera) y >20m (profunda), este último presentó la mayor riqueza con 67 especies. Entre ambos intervalos comparten 50 especies (más del 65.4 % de la riqueza). Para la zona somera las familias Labridae y Scaridae fueron las que obtuvieron mayor riqueza, ambas con siete especies. Por su parte, en la zona profunda, los serranidos y pomacéntridos mostraron el mayor número de especies con diez y ocho, respectivamente.

En términos de abundancia la mayor concentración se acumuló en la zona somera, abarcando más del 65 % de la abundancia total. Para ambos intervalos de profundidad las familias Gobiidae, Labridae y Pomacentridae obtuvieron los mayores valores (Cuadro 5). La abundancia de los gremios tróficos mostró la misma tendencia en ambos intervalos de profundidad, los zooplancnívoros dominaron, seguidos de herbívoros y carnívoros. Por último, la prueba estadística (ANOSIM) demostró diferencias

significativas entre las comunidades de peces en los diferentes intervalos de profundidad ($r= 0.1239$; $p= 0.0036$).

Cuadro 5. Familias con mayor abundancia numérica promedio en los intervalos de profundidad en Pantepec.

Familia	Abundancia	
	<15m	15-20m
Gobiidae	63	34
Labridae	49	31
Pomacentridae	26	24
Tetraodontidae	5	3
Haemulidae	4	4

La biomasa para las zonas somera y profundidad fue similar con 120.81 g/m^2 y 124.56 g/m^2 , respectivamente. En la zona somera, dominaron los carnívoros y herbívoros, mientras que en la profunda nuevamente los carnívoros y los consumidores de invertebrados con concha (Figura 13).

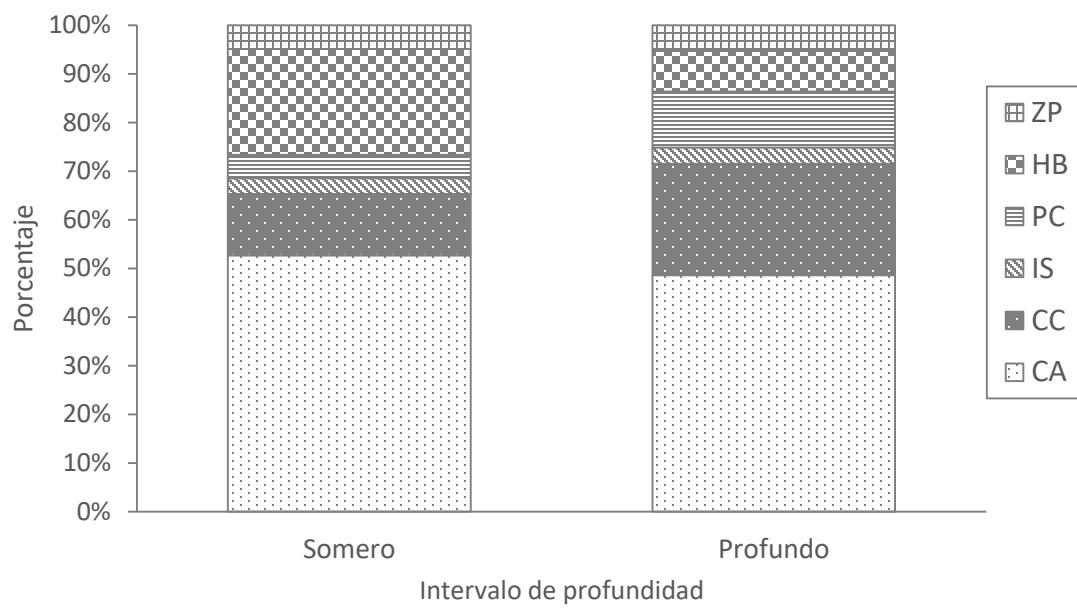


Figura 13. Aporte porcentual de gremios tróficos en los intervalos de profundidad de Pantepec. ZP= Zooplantívoros, HB= Herbívoros, PC= Piscívoros, IS= Consumidor de invertebrados sésiles, CC= Consumidor de invertebrados con concha, CA= Carnívoros.

5.9 Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), análisis de similitud (ANOSIM) y análisis de porcentajes (SIMPER)

Las comunidades de peces de los arrecifes Palo Seco y Pantepec muestran una separación espacial (sin traslape), de acuerdo al diagrama de ordenación nMDS. Para el primer sistema, se observan los datos más agrupados que en Pantepec, lo cual es un indicador de la variación de la información recabada durante los censos visuales (Figura 14).

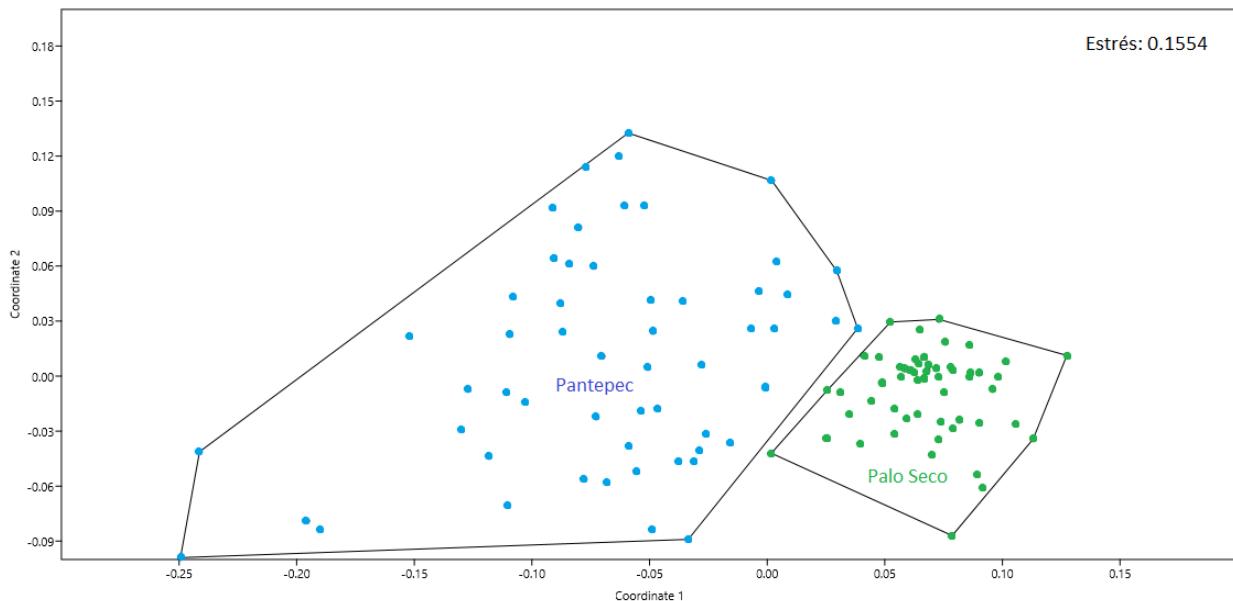


Figura 14. Diagrama de ordenación nMDS bidimensional de las comunidades de peces en los arrecifes Palo Seco y Pantepec.

El análisis de similitud (ANOSIM) mostró diferencias significativas entre las comunidades de peces ($r= 0.6606$; $p= 0.0001$). Posteriormente el análisis de similitud de porcentajes (SIMPER) indicó que cuatro especies contribuyeron con más del 70 % de disimilitud acumulada entre las comunidades, las cuales se observan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Principales especies que contribuyen a la disimilitud entre las comunidades de peces de Palo Seco y Pantepec.

Disimilitud entre arrecifes: 79.69		
Species	Contribución (%)	Acumulación (%)
<i>Halichoeres burekiae</i>	29.45	29.45
<i>Coryphopterus hyalinus</i>	21.25	50.7
<i>Haemulon</i> sp.	12.05	62.75
<i>Elacatinus jarocho</i>	7.62	70.37

5.10 Diversidad taxonómica

La distinción taxonómica promedio (Δ^+) indicó que el arrecife Palo Seco (75.02) tiene una mayor valor de diversidad que el Pantepec (73.78) y el análisis estadístico corrobora esas diferencias entre los dos arrecifes ($p= 0.037$). Sin embargo, los valores de distinción taxonómica promedio entre intervalos de profundidad, no presentaron diferencias significativas ($p= 0.152$ y $p= 0.095$) tanto en Palo Seco como en Pantepec.

6. DISCUSIÓN

Riqueza

El número de especies registrado en este estudio para Palo Seco (75 especies) es menor al registrado por Valdez-Melo (2015) con 88, caso contrario sucede con Pantepec (76), que casi duplica la cifra reportada por Cortés-Useche *et al.* (2015) (41 especies). Tomando en cuenta los listados taxonómicos anteriores en Palo Seco y Pantepec, la riqueza ictiológica se incrementa a 103 y 101, respectivamente, aumentando hasta en un 252.5 % el número de especies en el caso de Pantepec. Es claro que el número de especies incrementa al efectuar un mayor esfuerzo de muestreo.

La riqueza actualizada de los arrecifes Palo Seco y Pantepec (103 y 101 especies) es similar a la registrada en otros arrecifes del estado como Enmedio (105), Tanhuijo (100), Blanca (92), Sacrificios (92) y Blanquilla (90), pero menor a la reportada para Lobos (248), Tuxpan (139), isla Enmedio (188), isla Verde (121) (Vargas-Hernández *et al.*, 2002; Del Moral-Flores *et al.*, 2013; González-Gándara *et al.*, 2013). Si esta riqueza se evalúa en orden decreciente con otros arrecifes de tipo sumergido se ubicarían únicamente por debajo de Blake con 122 especies (González-Gándara, 2014), pero por encima de Tripie (47) (Cortés-Useche *et al.*, 2015) y Oro Verde (45) (Valdez-Melo, 2015). Las diferencias observadas se deben principalmente al esfuerzo de muestreo,

diversidad de hábitats, aporte continental y la cobertura coralina de cada sistema arrecifal.

Del listado de especies reportadas resalta la presencia de *Pterois volitans* y *Neopomacentrus cyanomos*, las cuales son nativas del Indo-Pacífico. La primera registrada para ambos arrecifes y catalogada como especie invasora en Veracruz (Santander-Monsalvo *et al.*, 2012). Por su parte, se reafirma la presencia de *N. cyanomos* para el arrecife Palo Seco (González-Gándara y de la Cruz-Francisco, 2014), misma que ha ampliado su distribución hacia otros sistemas arrecifales del centro y norte del estado (de la Cruz-Francisco *et al.*, 2016; Robertson *et al.*, 2016b) por lo que es de vital importancia darle seguimiento al desarrollo de su población.

Destacan la presencia de especies endémicas de los arrecifes del estado de Veracruz como: *E. jarocho* (Taylor y Akins, 2007), *Hypoplectrus atlahua* (Tavera y Acero, 2013) e *Hypoplectrus castroaguirrei* (Del Moral-Flores *et al.*, 2011), las dos primeras registradas en ambos arrecifes mientras que la última únicamente para Palo Seco. Así mismo, se reporta para ambos arrecifes *Hypoplectrus floridae* y *H. burekae*, especies endémicas del golfo de México (Weaver y Rocha, 2007; Victor, 2012).

Los estimadores (Chao 1 y 2, Jackknife 1 y 2 y Bootstrap) indicaron que para el arrecife Pantepec el muestreo fue suficiente ya que explicó el 86 % de la ictiofauna total. Sin embargo, para Palo Seco solo se explica el 73 % de la riqueza total. Este bajo porcentaje puede ser explicado por la aparición de 15 especies con un solo organismo observado (Figura 5), ya que cuantas más especies raras existan, mayor será el

número de especies que quedan por aparecer en el inventario (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003; González-Oreja *et al.*, 2010).

Abundancia

En términos de abundancia para ambos arrecifes las familias con mayor número fueron: Labridae, Gobiidae y Pomacentridae, mismas que han sido registradas como abundantes para sistemas arrecifales del golfo de México (Nava-Martínez, 2006; Núñez-Lara *et al.*, 2013; Robertson *et al.*, 2016a) y del estado de Veracruz (Muñoz-Bautista, 2010; Pérez-España *et al.*, 2015). Al parecer, factores ecológicos que favorecen el desarrollo de estas familias como: fondos rocosos y grietas (Hernández *et al.* 2006; Nunes *et al.*, 2013), profundidad (10-20 m) (Martínez y Grijalba-Bendek, 2006), presencia de corales masivos (Coker *et al.*, 2014; de la Cruz-Francisco y Franco-Mejía, 2017) y aportes de agua dulce (Mallela *et al.*, 2007; Aldana-Moreno, 2016), parecen ser determinantes para su dominancia en Palo Seco y Pantepec.

Las especies con mayor abundancia fueron *H. burekiae*, *C. hyalinus* y *E. jarocho*, las primeras dos han sido previamente reportadas como especies abundantes para arrecifes del golfo de México como Alacranes (Aguilar-Perera y Tuz-Sulub, 2009) y Cayo Arcas (Robertson *et al.*, 2016a), de igual manera para el centro y norte de Veracruz (Santander-Monsalvo, 2010; de la Cruz-Francisco y Franco-Mejía, 2017). Los elevados valores numéricos de estas especies se debe principalmente a tres factores: 1) su reducido tamaño (1.5-7 cm); 2) a las agrupaciones que comúnmente conforman de entre 20-200 organismos (inclusive hasta 1000) (Taylor y Akins, 2007; Weaver y

Rocha, 2007; Robertson *et al.*, 2016a), y 3) a las condiciones de exceso de materia orgánica aportada por la descarga de ríos (Salas-Pérez *et al.*, 2015) que pueden fungir como alimento para estas especies de hábitos zooplanctívoros (Santander-Monsalvo, 2010).

Biomasa

Tomando en cuenta ambos arrecifes, las especies con mayor aporte a la biomasa fueron *Sphyraena barracuda*, *Lutjanus jocu*, *Anisotremus virginicus*, *Megalops atlanticus* y *Haemulon plumieri*. Todas estas especies, han sido registradas como de importancia comercial en la región, además de que más del 55 % de las especies registradas en este estudio presentan interés económico para el estado (CONAPESCA, 2014). Se sabe que para Tuxpan y Coatzacoalcos la pesca artesanal es una actividad económica importante para la población (González-Gándara, 2010; Cruz-Jiménez, 2013; Ávila-Pérez, 2016), desarrollándose a través de cooperativas en distintos puntos de la costa. Esta actividad de impacto directo requiere necesariamente de regulación, ya que de lo contrario puede alterar gravemente las redes tróficas y tener un efecto en la dinámica del sistema (Carrillo y Ménanteau, 2012). Lo anterior puede verse reflejado en la pérdida de especies de peces de ornato y consumo, y en la disminución en el tamaño y talla de otras (Jiménez-Badillo y Castro-Gaspar, 2007; Jiménez-Badillo *et al.*, 2014; Gijón-Díaz *et al.*, 2017).

Dominancia

Las especies dominantes (*H. burekae*, *C. hyalinus* y *E. jarocho*) (Cuadro 3) han sido previamente registradas como tales para otros sistemas arrecifales de Veracruz (a

excepción de *E. jarocho*) (Martínez-Hernández y Camacho-Olivares, 2007; Pérez-España y Vargas-Hernández, 2007; Pérez-España *et al.*, 2015; Velazco-Mendoza, 2016), inclusive han sido objetivo de estudio por su dominancia como posibles especie clave para entender las relaciones depredador-presa (Santander-Monsalvo, 2010). Los estudios acerca de la población del góbido *E. jarocho* son escasos, probablemente debido a que es una de las especies de reciente descripción (Taylor y Akins, 2007). Sin embargo, se ha reportado para cinco arrecifes del centro del estado (La Palma, Santiaguillo, Sargazo, Galleguilla y Verde) estimando un abundancia máxima de 1,090 organismos para La Palma (Santander-Monsalvo y Rivera-Garibay, 2013). La dominancia de estas especies puede estar determinada principalmente por adaptación o la capacidad para ocupar un área, sin embargo también puede ser un indicador de la disponibilidad de recursos alimenticios o de refugio (Flores-Ortega *et al.*, 2010; Kahng *et al.*, 2010).

Estructura trófica

En general para ambos arrecifes los peces zooplánctívoros fueron los más abundantes, tal y como se ha registrado en sistemas con condiciones de turbidez (Mallela *et al.*, 2007; Fabricius *et al.*, 2014). El arrecife con mayor abundancia promedio de este grupo fue Palo Seco, donde probablemente el alimento se distribuye mejor, ya que el río Coatzacoalcos puede llegar a aportar hasta seis veces más materia orgánica que el río Tuxpan (Salas-Pérez *et al.*, 2015). De igual manera, el aporte continental aumenta la concentración de sedimentos suspendidos, lo cual influye en la relación depredador-

presa, provocando una disminución en esta actividad hasta en un 50 %; beneficiando a la proliferación de consumidores primarios (Wenger *et al.*, 2013).

Distribución

Los análisis estadísticos (distinción taxonómica promedio) no indican diferencias en la composición de la comunidad de peces entre intervalos de profundidad en ambos arrecifes, la respuesta podría estar relacionada con la geomorfología del arrecife (Ortiz-Lozano *et al.*, 2013). Por ejemplo, los arrecifes tipo plataforma emergente tienen una muy marcada zonificación (Chávez *et al.*, 2010), cada una con diferentes condiciones ambientales que influyen en la estructuración íctica (Chávez y Beaver, 2010; Jankowski *et al.*, 2015; Molina-Hernández, 2016; Romero-Morales, 2016), mientras que para los arrecifes de tipo plataforma sumergida (Palo Seco y Pantepec), al encontrarse por debajo de los 10 m de profundidad, las condiciones ambientales pueden homogeneizarse, teniendo un impacto menor en las comunidades de peces.

Palo Seco y Pantepec

A pesar de presentar similitudes en condiciones ambientales como profundidad (10-25 m), visibilidad limitada (observaciones personales), aportes de descargas continentales (Salas-Pérez *et al.*, 2015) e inclusive la riqueza registrada en este estudio (75 y 76 especies) y la actualizada (103 y 101), tanto la composición como la abundancia de peces presentan diferencias. Como ya se ha venido mencionando, la principal causa que puede estar influyendo en estas diferencias es un mayor aporte de materia orgánica en Palo Seco por parte del río Coatzacoalcos, sin mencionar que este arrecife se encuentra más cercano a la costa (<1 km), teniendo una mayor exposición ante este

factor. Otros posibles fundamentos que apoyen las diferencias pueden ser la complejidad estructural (Arias-González *et al.*, 2011; Graham y Nash, 2013) y la composición coralina. La primera siendo mayor para Pantepec, mientras que la segunda obedece a la riqueza y las especies presentes para cada sistema, la cual es mayor para el norte del estado (Jordán-Garza *et al.*, 2017).

Si bien la comunidad de peces de los arrecifes Palo Seco y Pantepec presentan diferencias en su composición y abundancia de especies, esto no significa que sean sistemas aislados, ya que se encuentran interconectados mediante las corrientes marinas del interior del golfo de México (Salas-Monreal *et al.*, 2018). Sin embargo, la presencia de barreras geográficas (desembocadura de ríos) puede restringir la conexión de algunas especies entre sistemas, y aunado a aspectos locales (variables ambientales, actividad pesquera, etc.) puede promover una estructuración íctica característica en cada región.

7. CONCLUSIONES

La composición ictiofaunística de los arrecifes Palo Seco y Pantepec es de 103 y 101 especies, respectivamente. Las familias con mayor riqueza fueron: Serranidae, Labridae y Pomacentridae.

La comunidad de peces se caracteriza por la abundancia y dominancia (IVI) de *C. hyalinus* y *H. burekiae* para Palo Seco, y *H. burekiae* y *E. jarocho* para Pantepec. Los mayores aportadores de biomasa fueron *Sphyraena barracuda* en Palo Seco y *Lutjanus jocu* para Pantepec. En cuanto a los gremios tróficos, el grupo dominante de acuerdo a la abundancia son los zooplanctívoros, mientras que con base en la biomasa son los carnívoros.

Las comunidades de peces en los arrecifes Pantepec y Palo Seco presentan diferencias en su composición y abundancia. Para ambos arrecifes, a nivel de intervalos de profundidad la composición de la comunidad es similar, sin embargo si se toma en cuenta la abundancia esta tiende a presentar diferencias.

8. APPLICACIÓN PRÁCTICA

La información biológica que ha sido generada resulta de gran relevancia para fundamentar y motivar la política pública en materia de conservación que debería ser puesta en marcha.

Especies endémicas y exóticas

La presencia de especies endémicas como *E. jarocho*, *H. atlahua* e *H. castroaguirrei*, más la especies reportada para Palo Seco anteriormente *Elacatinus redimiculus* Taylor y Akins, 2007 (Valdez-Melo, 2015), demandan estrategias de 1) Protección: orientadas a evitar que las actividades antropogénicas perjudiquen a las poblaciones de estas especies y su hábitat, por medio de actividades de inspección y vigilancia, 2) Manejo: contempladas hacia el manejo de las poblaciones y del hábitat, así como el de especies asociadas (especies críticas para la especie), a través del fomento de prácticas de aprovechamiento sustentable de los recursos y 3) Conocimiento: enfocada a la información de la biología de la especie y a sus interacciones con los elementos del ecosistema en el que se desarrolla, mediante programas de monitoreo sobre aspectos biológicos, ecológicos y ambientales, así como programas de investigación científica.

Ante los registros en este estudio de la presencia de especies invasoras como *P. volitans* (Pantepec) y *N. cyanomos* (Palo Seco), es necesario: 1) implementarse técnicas de monitoreo que permitan evaluar el desarrollo poblacional de las especies en cuestión y 2) posteriormente formular estrategias que permitan el control o/y

erradicación de dichas especies que son potencialmente perjudiciales para el ecosistema.

Propuestas de protección

La información que aquí se aporta constituye una herramienta importante para apoyar la propuesta de modificación (Cortés-Useche, 2014) del Área de Protección de Fauna y Flora “Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan” para la inclusión total del arrecife Pantepec. De igual manera con respecto al arrecife Palo Seco, se incluye información crucial que refuerza la propuesta de Reserva de la Biosfera “Sistema Arrecifal de los Tuxtlas” (CEMDA, 2017), la cual se encuentra en espera de protección legal. Lo anterior toma fuerza a partir de la evidente vulnerabilidad de los arrecifes coralinos, sensibles a las actividades humanas y procesos naturales.

Pesca

Este estudio aporta una multitud de especies de peces de interés comercial para ambos arrecifes, por lo que es información vital para el aprovechamiento del recurso, siendo una futura herramienta básica para la administración de las pesquerías a nivel local.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abarca-Arenas, L.G., Cruz, N., Franco-López, J., González-Gándara, C. y Silva-López, G. 2012. Distribution and biogeographical notes of the coastal fish fauna of Veracruz, Mexico. pp. 190-212. *En: Thangadurai, D., Busso, C.A., Abarca-Arenas, L.G. y Jayabalan, S. (eds). Frontiers in Biodiversity Studies.* International Publishing House, New Delhi, India. 417 p.
- Aguilar-Perera, A. y Tuz-Sulub, A. 2009. Occurrence of the Mardi Gras wrasse, *Halichoeres burekiae* (Teleostei: Labridae) in the Alacranes Reef, off northern Yucatan Peninsula. *Zootaxa* **2298**:64-68.
- Aldana-Moreno, A., Montero-Muñoz, J. y Aldana-Aranda, D. 2016. Variación espacio-temporal de la ictiofauna del Parque marino Xel-Há, Caribe mexicano y su relación con parámetros fisicoquímicos. *Revista de Biología Tropical* **64(4)**: 1353-1367.
- Arias-González, J.E., Acosta-González, G., Membrillo, N., Garza-Pérez, J.R. y Castro-Pérez, J.M. 2011. Predicting spatially explicit coral reef fish abundance, richness and Shannon-Weaver index from hábitat characteristics. *Biodivers and Conserv.* **21(1)**: 115-130.
- Arriaga-Cabrera, L., Vázquez-Domínguez, E., González-Cano, J., Jiménez-Rosenberg, R., Muñoz-López, E. y Aguilar Sierra, V. 1998. *Regiones marinas prioritarias de México.* Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Ávila-Pérez, E. 2016. *Heterogeneidad Ambiental y Factores de Presión en los Arrecifes de Los Tuxtlas, México.* Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan. 75 p.
- Barrera-Lara, M.A. 2013. Análisis poblacional del pargo *Lutjanus griseus* (Linnaeus, 1758), a través de la pesquería artesanal en la costa de Tamiahua, Ver. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan. 81 p.
- Bautista-De la Cruz, T. 2008. Contribución al conocimiento de los peces del arrecife de En medio, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan. 61 p.
- Bejarano, I. y Appeldoorn, R.A. 2013. Seawater turbidity and fish communities on coral reefs of Puerto Rico. *Marine Ecology Progress Series* **474**: 217-226.
- Bohnsack, J.A. y Harper, D.E. 1988. Length-weight relationships of selected marine reef fishes from the southeastern United States and the Caribbean. *NOAA Tech.* 31 p.
- Carrillo, L. y Ménanteau, L. 2012. Gestión integrada del patrimonio natural y cultural en áreas marinas protegidas (AMP) de México: estudio de casos en el Golfo de México y el Mar Caribe. *I Congreso Iberoamericano de Gestión Integrada de Áreas Litorales*, Cadix, España. 1626-1637 p.
- Carrillo, L., Horta-Puga, G., Carricart-Ganivet, J.P. 2010. Clima y oceanografía. pp: 48-59. *En: J.W. Tunnell Jr., E.A. Chávez y Withers, K. (eds). Arrecifes Coralinos del Sur del Golfo de México. Versión en español.* Instituto Politécnico Nacional, México. 293 p.
- CEMDA, 2017. *El Sistema Arrecifal de Los Tuxtlas, área prioritaria para la conservación en espera de protección legal.* Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A.C. México. 70 p.
- Chávez, E.A. y Beaver, C.R. 2010. Peces de los Arrecifes. pp. 149-161. *En: J.W. Tunnell Jr., E.A. Chávez y Withers, K. (eds). Arrecifes Coralinos del Sur del Golfo de México. Versión en español.* Instituto Politécnico Nacional, México. 293 p.

- Chávez, E.A., Tunnell Jr., J.W. y Withers, K. 2010. Zonación y ecología de los arrecifes: Plataforma Veracruzana y Banco de Campeche. pp. 60-100. En: J.W. Tunnell Jr., E.A. Chávez y Withers, K. (eds). Arrecifes Coralinos del Sur del Golfo de México. Versión en español. Instituto Politécnico Nacional, México. 293 p.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* **18**:117-143.
- Clarke, K.R. y Warwick, R.M. 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology* **35**: 523-531.
- Coker, D.J., Wilson, S.K. y Pratchett, M.S. 2014. Importance of live coral habitat for reef fishes. *Fish Biology and Fisheries* **24**: 89-126.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS, Version 9.1: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide).
- CONAPESCA, 2014. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2013. Comisión Nacional de Pesca y Acuacultura (CONAPESCA), D.F., México. 295 p.
- Cortés-Useche, C. 2014. Herramientas para incluir tres arrecifes no emergentes en el Área de Protección de Fauna y Flora – Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana, Tuxpan. 153 p.
- Cortés-Useche, C., Calle-Triviño, J. y Martos-Fernández, F.J. 2015. Lista de peces de los arrecifes Oro Verde, Pantepec y Blake Veracruz, México. *Revista Investigaciones Marinas* **35**: 112-118.
- Cruz-Jiménez, M.A. 2013. Peces de interés pesquero asociados a los arrecifes coralinos del norte de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan. 107 p.
- De la Cruz-Francisco, V. y Franco-Mejía, J.C. 2017. Nivel invasivo de la especie exótica *Neopomacentrus cyanomos* (Bleeker, 1856) (Pomacentridae) dentro de la ictiofauna asociada a corales *Orbicella* spp. (Scleractinia:Merullinidae) en el arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. *Océanides* **32(2)**: 51-61.
- De la Cruz-Francisco, V., González-González, M. y Morales-Quijano, I. 2016. Ampliación del ámbito de distribución geográfica de la especie exótica: *Neopomacentrus cyanomos* (Bleeker, 1856) (Perciformes-Pomacentridae) en el Sistema arrecifal Lobos-Tuxpan, Veracruz, México. *Revista Investigaciones Marinas* **35**: 101-108.
- Del Moral-Flores, L.F., Tello-Musi, J.L. y Martínez-Pérez, J.A. 2011. Descripción de una nueva especie del género *Hypoplectrus* (Actinopterigii: Serranidae) del Sistema Arrecifal Veracruzano, golfo de México. *Revista de Zoología* **22**: 1-10.
- Del Moral-Flores, L.F., Tello-Musi, J.L., Reyes-Bonilla, H., Pérez-España, H., Martínez-Pérez, J.A., Horta-Puga, G., Velazco-Mendoza, L.A. y Álvarez del Castillo-Cárdenas, P.A. 2013. Lista sistemática y afinidades zoogeográficas de la ictiofauna del Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **84**: 825-846.
- Fabricius, K., Logan, M., Weeks, S. y Brodie, J. 2014. The effects of river run-off on water clarity across the central Great Barrier Reef. *Marine Pollution Bulletin* **84**: 191-200.
- Feinsinger, P. 2003. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 242 p.

Flores-Ortega, J.R., Godínez-Domínguez, E., Rojo-Vázquez, J.A., Corgos, A., Galván-Piña, V.H. y González-Sansón, G. 2010. Interacciones tróficas de las seis especies de peces más abundantes en la pesquería artesanal en dos bahías del Pacífico central mexicano. *Revista de Biología Tropical* **58(1)**: 383-397.

Froese, R. y Pauly, D. 2018. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org.

García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana). 2a. ed., Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 90 p.

Gijón-Díaz, D., Reyes-Bonilla, H., Guerrero-Izquierdo, T.P. y Fernández-Rivera Melo, F.J. 2017. Potencial económico de la captura de peces de ornato bajo protección federal en México. *Revista de Biología Tropical* **65**: 195-210.

González-Cobos, J.M. 2010. Localización y caracterización de los arrecifes no emergentes en la costa de Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan. 49 p.

González-Gándara, C. 2001. Las comunidades de peces del Arrecife Alacranes, Yucatán, México: variaciones espacio-temporales. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. 192 p.

González-Gándara, C. 2003. Ictiofauna de los arrecifes coralinos del norte de Veracruz. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología* **74(2)**: 163-177.

González-Gándara, C. 2010. Peces asociados a los arrecifes coralinos del norte de Veracruz. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. EJ002. México D. F.

González-Gándara, C. 2014. Peces del arrecife Blake, Veracruz, México: inventario, distribución y afinidades zoogeográficas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* **2(4)**: 87-97.

González-Gándara, C. y de la Cruz-Francisco, V. 2014. Unusual record of the Indo-Pacific pomacentrid *Neopomacentrus cyanomos* (Bleeker, 1856) on coral reefs of the Gulf of Mexico. *Bioinvasion Records*. **3(1)**:49-52.

González-Gándara, C., Lozano-Vilano, M.L., de la Cruz-Francisco, V. y Domínguez-Barradas, C. 2013. Peces del sistema arrecifal Lobos-Tuxpan, Veracruz, México. *Universidad y Ciencia* **29**: 191-208.

González-Gándara, C., Santos-Rodríguez, E. y Arias-González, J.E. 2003. Length-weight relationships of coral reef fishes from the Alacran reef Yucatán, México. *World Fish Center Quarterly* **26(1)**: 13-16.

González-Gándara, C., Solís-Marín, F. A., de la Cruz-Francisco, V., Granados-Barba, A., Salas-Pérez, J. de J., Argüelles-Jiménez J. y Escárciga-Quiroga, A.P. 2015. Riqueza y distribución de equinodermos en los arrecifes del norte y sur de Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical* **63(2)**: 183-193.

González-Oreja J.A., de la Fuente-Díaz-Ordaz A.A., Hernández-Santín, L., Buzo-Franco D. y Bonache-Rigidor, C. 2010. Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation* **33**:31-45.

Graham, N.A.J. y Nash, K.L. 2013. The importance of structural complexity in coral reef ecosystems. *Coral Reefs* **32(2)**: 315-326.

- Gutiérrez-Benítez, O. 2012. Aspectos Biológico Pesqueros de la rubia *Ocyurus chrysurus* (Bloch, 1791) en Antón Lizardo, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana, Veracruz. 58 p.
- Hammer, O., Harper D., A.T. y Ryan P., D. 2001. PAST: Palaeontological statistics software package for education and data analysis.
- Harmelin-Vivien, M.L., Harmelin, J.G., Chauvet, C., Duval, C., Galzin, R., Lejeune, P., Barnabé, G., Leblanc, F., Chevalier, R., Duclerc, J. y Laserre, G. 1985. Evaluation Visuelle, des Peuplements et Populations de Poissons: Methods et Problèmes. *Revue d'Ecologie* **40**:467-539.
- Hernández, I., Consuelo, A. y González-Sansón, G. 2006. Variación estacional de la abundancia de especies de peces seleccionadas en el sublitoral rocoso de Ciudad de La Habana, Cuba. *Revista de investigaciones marinas* **27**(1): 61-68.
- Humann, P. y DeLoach, N. 2014. Reef fish identification: Florida, Caribbean, Bahamas, 4th edition. Jacksonville, Florida: New World Publications. 537 p.
- Jankowski, M.W., Gardiner, N.R. y Jones, G.P. 2015. Depth and reef profile: effects on the distribution and abundance of coral reef fishes. *Environmental Biology of Fishes* **98**(5): 1373-1386.
- Jiménez-Badillo M.L., y Castro-Gaspar, L.G. 2007. Pesca artesanal en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México. pp. 221-240. En: A. Granados-Barba, L. G. Abarca-Arenas y Vargas-Hernández, J.M. (Eds.) *Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche. Campeche, México. 366 p.
- Jiménez-Badillo, M.L., Cruz-Rodas, S., Lozano-Aburto, M.A. y Rodríguez-Quiroz, G. 2014. Problemática ambiental y socioeconómica del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* **60**: 58-64.
- Jiménez-Badillo, M.L., Pérez-España, H., Vargas-Hernández, J.M., Cortés-Salinas, J.C. y Flores-Pineda, P.A. 2006. Catálogo de especies y artes de pesca del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. CONABIO, Universidad Veracruzana, México, D. F. 188 p.
- Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* **8**: 151-161.
- Jordan-Dahlgren, E. 1993. El ecosistema arrecifal coralino del atlántico mexicano. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* **44**: 157-175.
- Jordan-Dahlgren, E. 2004. Arrecifes coralinos del Golfo de México: Caracterización y Diagnóstico. pp. 555-572. En: *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*. M. Caso, I. Pisanty y Ezcurra, E. (eds.), Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Instituto de Ecología, A. C. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. 626 p.
- Jordán-Garza, A.G., González-Gándara, C., Salas-Pérez, J.J. y Morales-Barragán, A.M. 2017. Coral assemblages are structured along a turbidity gradient on the Southwestern Gulf of Mexico, Veracruz. *Continental Shelf Research* **138**: 32-40.
- Kahng, S.E., Garcia-Sais, J.R., Spalding, H.L., Brokovich, E., Wagner, D., Weil, E., Hinderstein, L. y Toonen, R.J. 2010. Community ecology of mesophotic coral reef ecosystems. *Coral Reefs* **29**: 255-275.
- Lang, J.C., Deslarzes, K.J.P. y Schmahl, G.P. 2001. The Flower Garden Banks: remarkable reefs in the NW Gulf of Mexico. *Coral Reefs* **20**: 126-126.

Leahy S.M., McCormick, M.I., Mitchell, M.D. y Ferrari, M.C.O. 2011. To fear or to feed: the effects of turbidity on perception of risk by a marine fish. *Biology Letters* **7**:811–813.

Lehman, R.L. 2010. Algas de los Arrecifes. pp. 129-140. *En: J.W. Tunnell Jr., E.A. Chávez y Withers, K. (eds). Arrecifes Coralinos del Sur del Golfo de México. Versión en español. Instituto Politécnico Nacional, México.* 293 p.

Littler, M.M. y Littler, D.S. 2011. Algae, blue-green boring. pp. 18-20. *En: Hopley, D. (ed), Encyclopedia of modern coral reefs: Structure, Form and Process. Berlin, Springer-Verlag.*

Magurran, A. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing. Oxford. 265 p.

Mallela, J., Roberts, C., Harrod, C. y Goldspink, C.R. 2007. Distributional patterns and community structure of Caribbean coral reef fishes within a river-impacted bay. *Journal of Fish Biology* **70**: 523-537.

Martínez, O.R. y Grijalba-Bendek, M. 2006. Preliminary evaluation of fish settlement on GuSi Type Collectors. Santa Marta, Colombian Caribbean. 57th Gulf and Caribbean Fisheries Institute, Saint Petersburg, US. 1021-1022 p.

Martínez-Hernández J.A. y Camacho-Olivares, B. 2007. Ictiofauna del arrecife artificial Ex Cañonero C-50, General Vicente Riva Palacio en el Sistema Arrecifal Veracruzano, México. pp. 209-219. *En: Granados-Barba, A., Abarca-Arenas, L.G. y Vargas-Hernández, J.M. (eds). Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. Campeche, México.* 366 p.

Martos, F.J. 2010. Evaluación de la salud de los corales del arrecife Blake, Cazones, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. Xalapa. 94 p.

Molina-Hernández, A.L. 2016. Estructura comunitaria de peces arrecifales y su relación con el hábitat en Akumal, Quintana Roo. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. 118 p.

Monreal-Gómez, M.A., Salas-de León, D.A. y Velasco-Mendoza, H. 2004. La hidrodinámica del Golfo de México. pp. 47-68. *En: Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. M. Caso, I. Pisanty y Ezcurra, E. (eds.), Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Instituto de Ecología, A. C. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies.* 626 p.

Moreno, C. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad. 1a. edición. Universidad Veracruzana, Textos Universitarios. Xalapa, Veracruz, México, 49 p.

Muñoz-Bautista, A. N. 2010. Estructura de la comunidad de peces del arrecife Lobos, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan. 61 p.

Nava-Martínez, G.G. 2006. Comunidades de peces y sus relaciones con el hábitat en dos sistemas arrecifales del Golfo de México. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. 75 p.

Nelson, J.S., Grande, T.C. y Wilson, M.V.H. 2016. Fishes of the world. Fifth edition. Hoboken, New Jersey, John Wiley y Sons. 707 p.

Nunes, J.A.C.C., Sampaio, C.L.S. y Barros, F. 2013. How wave exposure, group size and habitat complexity influence foraging and population densities in fishes of the genus *Halichoeres* (Perciformes: Labridae) on tropical rocky shores. *Marine Biology* **160**: 2383-2394.

Núñez-Lara, E. 1998. Factores que determinan la estructura de la comunidad de peces arrecifales en el sur del caribe mexicano: un análisis multivariado. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. 76 p.

Núñez-Lara, E., González-Salas, C., Pérez-España, H. y Laffon-Leal, S. 2013. Composición y Estructura Trófica de la Comunidad de Peces de los Arrecifes del Banco de Campeche, Golfo de México. 66th Gulf and Caribbean Fisheries Institute.

Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E. y Wagner, H. 2018. Vegan: community ecology package. R. Package Version 2.4-6 (<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>).

Ortiz-Lozano, L., Colmenares-Campos, C. y Gutiérrez-Velázquez, A. 2018. Submerged Coral Reefs in the Veracruz Reef System, Mexico, and its implications for marine protected area management. *Ocean and Coastal Management* **158**: 11-23.

Ortiz-Lozano, L., Pérez-España, H., Granados-Barba, A., González-Gádara, C., Gutiérrez-Velázquez, A. y Martos, J. 2013. The reef corridor of the southwest Gulf of Mexico: Challenges for its management and conservation *Ocean y Coastal Management* **86**: 22-32.

Pérez-España, H. y Vargas-Hernández, J.M. 2007. Caracterización ecológica y monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: primera etapa. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), México, D.F. 70 p.

Pérez-España, H., Ávila-Gutiérrez, P.S., Melo-Merino, S.M., Berumen-Solorzano, P. y Flores-Arévalo, R.R. 2015. Patrones interanuales e interarrecifales de las comunidades de peces, corales y equinodermos en el Sistema Arrecifal Veracruzano. pp. 159-178. En: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal y C. González-Gádara (eds.). Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 366 p.

Pratchett, M.S., Hoey, A., Coker, D. y Gardiner, N. 2012. Interdependence between reef fishes and scleractinian corals. Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium, Cairns, Australia, 9-13 July 2012 13C Ecological effects of habitat degradation.

R Core Team, 2016. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, (ISBN 3-900051-07-0, URL www.R-project.org).

Randall, J.E., 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies. Studies in tropical oceanography. **5**: 665-847.

Reyes-Osorio, B. E. 2009. Evaluación de la comunidad de peces del arrecife Enmedio, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan. 55 p.

Robertson, D.R., Pérez-España, H., Lara, E.N., Itza, F.P. y Simoes, N. 2016a. The fishes of Cayo Arcas (Campeche Bank, Gulf of Mexico): an updated checklist. *ZooKeys* **640**: 139-155.

Robertson, D.R., Simoes N., Gutiérrez-Rodríguez, C., Piñeros, V. J. y Pérez-España, H. 2016b. An Indo-Pacific damselfish well established in the southern Gulf of Mexico: prospects for a wider, adverse invasión. *Ocean Science Foundation* **19**: 1-17.

Romero-Morales, Y.A. 2016. Las comunidades de peces de los arrecifes: La Perla y Zapotitlán, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan. 53 p.

- Rosas-Sánchez, J.L. 2008. Contribución al conocimiento de los peces del arrecife Tanhuijo, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan. 157 p.
- Salas-Monreal, D., Jasso-Montoya, J., Salas-Pérez, J.J., Salas-de-León D.A., Monreal-Gómez, M.A. y Marín-Hernández, M. 2018. Oceanographic Parameter Variation of a Coral Larvae Reef Provider in the Reef Corridor of the Southwestern Gulf of Mexico. pp. 107-130. En: Salas-Pérez, J.J. y Jordán-Garza, A.G. (eds). Oceanography of the Reef Corridor of the Southwestern gulf of Mexico. New York. 151 p.
- Salas-Pérez, J.J., Jordán-Garza, A.G., Salas-Monreal, D., González-Gándara, C. y Domínguez-Barradas, C. 2018. Features and Circulation of Water Masses in the Reef Corridor of the Southwestern Gulf of Mexico. pp. 39-66. En: Salas-Pérez, J.J. y Jordán-Garza, A.G. (eds). Oceanography of the Reef Corridor of the Southwestern gulf of Mexico. New York. 151 p.
- Salas-Pérez, J.J., Ocaña-Valencia, Á.N. y González-Gándara, C. 2015. Temperatura superficial del mar y concentración de Clorofila-a en zonas arrecifales y desembocadura de sus ríos en el golfo de México occidental. pp. 315-332. En: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal y González-Gándara, C. (eds.). Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 366 p.
- Santander-Monsalvo, J. 2010. Ecología trófica de los peces más abundantes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana, Campus Veracruz. 66 p.
- Santander-Monsalvo, J. y Rivera-Garibay, O.O. 2013. Los peces endémicos del Sistema Arrecifal Veracruzano. Memorias. En: 7mo Congreso Mexicano y 1er Congreso Panamericano de Arrecifes Coralinos, Mérida, Yucatán.
- Santander-Monsalvo, J., López-Huerta, I., Aguilar-Perera, A., y Tuz-Sulub, A. 2012. First record of the red lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus, 1758]) off the coast of Veracruz, Mexico. BioInvasions Records **1**(2): 121-124.
- Souter, D.W. y Linden, O. 2000. The health and future of coral reef systems. Ocean and Coastal Management **43**: 657-688.
- Tavera J. y Acero, A.P. 2013. Description of a new species of *Hypoplectrus* (Perciformes: Serranidae) from the Southern Gulf of México. Aqua International Journal of Ichthyology **19**: 29-38.
- Taylor M.S. y Akins, L. 2007. Two new species of *Elacatinus* (Teleostei: Gobiidae) from the Mexican coast of gulf of Mexico. Zootaxa **1425**: 45-51.
- Valdez-Melo, A.J. 2015. Estructura comunitaria de la ictiofauna de los arrecifes Palo Seco y Tripié de la zona costera del sur de Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan. 50 p.
- Vargas-Hernández, J.M., Nava-Martínez, G. y Ramón-Vives, M.A. 2002. Peces del Sistema Arrecifal Veracruzano. pp. 17-29. En: Guzmán A. P., C. B. Quiroga, C. L. Díaz, C. D. Fuentes, C. M. Contreras y Silva-López, G. (eds.). La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. INP. SAGARPA, UV. Xalapa, México. 436 p.
- Velazco-Mendoza, L.A. 2016. Estructura comunitaria de la ictiofauna del Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 111 p.

Victor, B.C. 2012. *Hypoplectrus floridae* n. sp. and *Hypoplectrus ecosur* n. sp., two new Barred Hamlets from the Gulf of Mexico (Pisces: Serranidae): more than 3% different in COI mtDNA sequence from the Caribbean Hypoplectrus species flock. *Journal of the Ocean Science Foundation* **5**:1-19.

Warwick, R.M. y Clarke, K.R. 1995. New 'biodiversity' measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series* **129**: 301-305.

Weaver, D.C. y Rocha, L.A. 2007. A new species of *Halichoeres* (Teleostei:Labridae) from the western Gulf of Mexico. *Copeia* **4**: 798-807.

Wenger, A.S., McCormick, M.I., McLeod, I.M. y Jones, G.P. 2013. Suspended sediment alters predator-prey inter-actions between two coral reef fishes. *Coral Reefs* **32**: 369-374.

Zaragoza-Villela, E. 2008. Los peces del arrecife Medio, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan. 127 p.

Zimmer, B., Duncan, L., Aronson, R., Deslarzes, K., Deis, D., Robbart, M.L., Precht, W.F., Kaufman, L., Shank, B., Weil, E., Field, J., Evans, D.J. y Whaylen, L. 2011 Long-term monitoring at the East and West Flower Garden Banks, 2004-2008. Volume I: Technical report. U.S. DOI BOEM, GOM OCS Region, New Orleans, LA. OCS Study BOEMRE 2010-052. 310 p.

Anexo I. Categorías Tróficas de las especies registradas con base en la clasificación de Randall (1967).

Familia	Especie	Categoría Trófica
Urotrygonidae	<i>Urobatis jamaicensis</i>	Carnívoro
-Megalopidae	<i>Megalops atlanticus</i>	Piscívoro
Muraenidae	<i>Gymnothorax moringa</i>	Piscívoro
Synodontidae	<i>Synodus intermedius</i>	Piscívoro
Holocentridae	<i>Myripristis jacobus</i>	Zooplanctívoro
	<i>Holocentrus adscensionis</i>	Carnívoro
Gobiidae	<i>Coryphopterus hyalinus</i>	Plantas y Detritus
	<i>Elacatinus jarocho</i>	Zooplanctívoro
	<i>Elacatinus oceanops</i>	Zooplanctívoro
Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i>	Invertebrados sésiles
	<i>Chromis cyanea</i>	Zooplanctívoro
	<i>Chromis insolata</i>	Zooplanctívoro
	<i>Chromis multilineata</i>	Zooplanctívoro
	<i>Chromis scotti</i>	Zooplanctívoro
	<i>Microspathodon chrysurus</i>	Plantas y Detritus
	<i>Neopomacentrus cyanomos</i>	Zooplanctívoro
	<i>Stegastes adustus</i>	Plantas y Detritus
	<i>Stegastes partitus</i>	Plantas y Detritus
	<i>Stegastes variabilis</i>	Plantas y Detritus
Blenniidae	<i>Ophioblennius macclurei</i>	Plantas y Detritus
	<i>Parablennius marmoreus</i>	Plantas y Detritus
Labrisomidae	<i>Malacoctenus triangulatus</i>	Carnívoro
Carangidae	<i>Caranx bartholomaei</i>	Piscívoro
	<i>Caranx cryos</i>	Carnívoro
	<i>Caranx latus</i>	Piscívoro
	<i>Caranx ruber</i>	Piscívoro
	<i>Elagatis bipinulata</i>	Invertebrados con concha
Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i>	Piscívoro
	<i>Sphyraena guaguano</i>	Carnívoro
Labridae	<i>Bodianus pulchellus</i>	Carnívoro
	<i>Bodianus rufus</i>	Carnívoro
	<i>Clepticus parrae</i>	Zooplanctívoro
	<i>Halichoeres bivittatus</i>	Invertebrados con concha
	<i>Halichoeres burekae</i>	Zooplanctívoro
	<i>Halichoeres caudalis</i>	Invertebrados con concha
	<i>Halichoeres maculipinna</i>	Carnívoro
	<i>Halichoeres radiatus</i>	Invertebrados con concha

Anexo I. Continua

Familia	Especie	Categoría Trófica
Scaridae	<i>Lachnolaimus maximus</i>	Invertebrados con concha
	<i>Thalassoma bifasciatum</i>	Invertebrados con concha
	<i>Nicholsina usta</i>	Plantas y Detritus
	<i>Scarus iseri</i>	Plantas y Detritus
	<i>Scarus taeniopterus</i>	Plantas y Detritus
	<i>Scarus vetula</i>	Plantas y Detritus
	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	Plantas y Detritus
	<i>Sparisoma chrysopterum</i>	Plantas y Detritus
	<i>Sparisoma radians</i>	Plantas y Detritus
	<i>Sparisoma rubripinne</i>	Plantas y Detritus
	<i>Sparisoma viride</i>	Plantas y Detritus
Gerreidae	<i>Gerres cinereus</i>	Invertebrados con concha
Mullidae	<i>Pseudupeneus maculatus</i>	Carnívoro
Pempheridae	<i>Pempheris schomburgkii</i>	Zooplanctívoro
Kyphosidae	<i>Kyphosus incisor</i>	Plantas y Detritus
Serranidae	<i>Cephalopholis cruentata</i>	Piscívoro
	<i>Epinephelus adscensionis</i>	Carnívoro
	<i>Hypoplectrus atlahua</i>	Carnívoro
	<i>Hypoplectrus castroaguirrei</i>	Carnívoro
	<i>Hypoplectrus floridae</i>	Carnívoro
	<i>Mycteroperca acutirostris</i>	Carnívoro
	<i>Mycteroperca bonaci</i>	Piscívoro
	<i>Mycteroperca interstitialis</i>	Piscívoro
	<i>Mycteroperca phenax</i>	Piscívoro
	<i>Paranthias furcifer</i>	Zooplanctívoro
	<i>Serranus subligarius</i>	Piscívoro
Priacanthidae	<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>	Zooplanctívoro
Chaetodontidae	<i>Priacanthus arenatus</i>	Carnívoro
	<i>Chaetodon ocellatus</i>	Invertebrados sésiles
Pomacanthidae	<i>Chaetodon sedentarius</i>	Invertebrados sésiles
	<i>Holacanthus bermudensis</i>	Invertebrados sésiles
Haemulidae	<i>Holacanthus tricolor</i>	Invertebrados sésiles
	<i>Pomacanthus paru</i>	Invertebrados sésiles
	<i>Anisotremus surinamensis</i>	Invertebrados con concha
	<i>Anisotremus virginicus</i>	Carnívoro
	<i>Haemulon aurolineatum</i>	Carnívoro
	<i>Haemulon carbonarium</i>	Invertebrados con concha
	<i>Haemulon flavolineatum</i>	Carnívoro
	<i>Haemulon macrostomum</i>	Invertebrados con concha
	<i>Haemulon plumieri</i>	Invertebrados con concha

Anexo I. Continua

Familia	Especie	Categoría Trófica
Lutjanidae	<i>Lutjanus apodus</i>	Carnívoro
	<i>Lutjanus cyanopterus</i>	Carnívoro
	<i>Lutjanus griseus</i>	Carnívoro
	<i>Lutjanus jocu</i>	Carnívoro
	<i>Lutjanus mahogoni</i>	Carnívoro
	<i>Lutjanus synagris</i>	Carnívoro
	<i>Ocyurus chrysurus</i>	Piscívoro
Cirrhitidae	<i>Rhomboplites aurorubens</i>	Zooplanctívoro
	<i>Amblycirrhitus pinos</i>	Zooplanctívoro
Scorpaenidae	<i>Pterois volitans</i>	Piscívoro
	<i>Scorpaena plumieri</i>	Carnívoro
Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i>	Invertebrados sésiles
Sciaenidae	<i>Equetus lanceolatus</i>	Carnívoro
	<i>Odontoscion dentex</i>	Zooplanctívoro
Acanthuridae	<i>Acanthurus bahianus</i>	Plantas y Detritus
	<i>Acanthurus chirurgus</i>	Plantas y Detritus
	<i>Acanthurus coeruleus</i>	Plantas y Detritus
Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i>	Invertebrados con concha
	<i>Calamus calamus</i>	Invertebrados con concha
Ostraciidae	<i>Lactophrys triqueter</i>	Invertebrados con concha
Monacanthidae	<i>Aluterus scriptus</i>	Invertebrados sésiles
	<i>Cantherhines pullus</i>	Invertebrados sésiles
Tetraodontidae	<i>Canthigaster jamestyleri</i>	Plantas y Detritus
	<i>Canthigaster rostrata</i>	Plantas y Detritus
	<i>Sphoeroides spengleri</i>	Carnívoro
Diodontidae	<i>Diodon histrix</i>	Invertebrados con concha
	<i>Diodon holacanthus</i>	Invertebrados con concha

Anexo II. Valores de las constantes a y b utilizadas para el cálculo de biomasa de las especies de peces registradas.

Especie	Relación de L-P		Referencia
	a	b	
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.01700	3.12000	Claro y García-Arteaga, 1994
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.07800	2.80000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0.15400	2.60000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.09100	2.80000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Aluterus scriptus</i>	0.82300	1.81400	Froese y Pauly, 2017
<i>Amblycirrhitus pinos</i>	0.00257	3.42700	Froese y Pauly, 2017
<i>Anisotremus surinamensis</i>	0.02330	3.01000	Froese y Pauly, 2017
<i>Anisotremus virginicus</i>	0.04700	2.90000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Archosargus probatocephalus</i>	0.02960	3.04500	Froese y Pauly, 2017
<i>Bodianus pulchellus</i>	0.01349	3.05000	Froese y Pauly, 2017
<i>Bodianus rufus</i>	0.01440	3.05300	Bohnsack y Harper, 1988
<i>Calamus calamus</i>	0.06600	2.80000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Cantherhines pullus</i>	0.03140	2.56320	Bohnsack y Harper, 1988
<i>Canthigaster jamestyleri</i>	0.04200	2.61000	Sustiuido por <i>C. rostrata</i>
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.04200	2.61000	Núñez-Lara, 1998
<i>Caranx bartholomaei</i>	0.02590	2.90800	Froese y Pauly, 2017
<i>Caranx cryos</i>	0.05250	2.69000	Froese y Pauly, 2017
<i>Caranx latus</i>	0.03000	2.90000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Caranx ruber</i>	0.29100	2.20000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Cephalopholis cruentata</i>	0.04800	2.80000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Chaetodipterus faber</i>	0.05910	2.26000	Froese y Pauly, 2017
<i>Chaetodon ocellatus</i>	0.02960	2.98380	Bohnsack y Harper, 1988
<i>Chaetodon sedentarius</i>	0.02510	3.07600	Bohnsack y Harper, 1988
<i>Chromis cyanus</i>	0.01730	3.12000	Núñez-Lara, 1998
<i>Chromis insolata</i>	0.01730	3.12000	Núñez-Lara, 1998
<i>Chromis multilineata</i>	0.01730	3.12000	Núñez-Lara, 1998
<i>Chromis scotti</i>	0.01820	3.00000	Froese y Pauly, 2017
<i>Clepticus parrae</i>	0.01446	3.05300	Froese y Pauly, 2017
<i>Coryphopterus hyalinus</i>	0.03450	2.68000	Sustiuido por <i>C. glaucofraenum</i>
<i>Diodon histrix</i>	0.02910	2.73290	González-Gándara, 2001
<i>Diodon holacanthus</i>	0.11830	2.39790	Bohnsack y Harper, 1988
<i>Engraulidae</i>	0.01820	2.82600	Sustiuido por <i>A. hepsetum</i>
<i>Elacatinus jarocho</i>	0.00799	3.13700	Sustiuido por <i>E. Oceanops</i>
<i>Elacatinus oceanops</i>	0.00799	3.13700	Froese y Pauly, 2017
<i>Elagatis bipinnulata</i>	0.01096	2.88000	Froese y Pauly, 2017
<i>Epinephelus adscensionis</i>	0.01530	3.00000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Equetus lanceolatus</i>	0.00109	3.84400	Froese y Pauly, 2017

Especie	Relación de L-P		Referencia
<i>Gerres cinereus</i>	0.02900	2.82000	Froese y Pauly, 2017
<i>Gymnothorax moringa</i>	0.00100	3.15800	Froese y Pauly, 2017
<i>Haemulon aurolineatum</i>	0.01510	3.10000	Froese y Pauly, 2017
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.01698	2.98000	Froese y Pauly, 2017
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.02500	3.00000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Haemulon macrostomum</i>	0.01549	3.03000	Froese y Pauly, 2017
<i>Haemulon plumieri</i>	0.03100	3.00000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Haemulon sp.</i>	0.01510	3.10000	Sustituido por <i>H. aurolineatum</i>
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.01200	3.20000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Halichoeres burekae</i>	0.01200	3.20000	Sustituido por <i>H. bivittatus</i>
<i>Halichoeres caudalis</i>	0.01200	3.20000	Sustituido por <i>H. bivittatus</i>
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.00280	3.69300	Bohsack y Harper, 1988
<i>Halichoeres radiatus</i>	0.01310	3.03820	Bohsack y Harper, 1988
<i>Halichoeres sp.</i>	0.01200	3.20000	Sustituido por <i>H. bivittatus</i>
<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>	0.01520	3.00000	Froese y Pauly, 2017
<i>Holacanthus bermudensis</i>	0.03368	2.90000	Froese y Pauly, 2017
<i>Holacanthus tricolor</i>	0.04283	2.85800	Froese y Pauly, 2017
<i>Holocentrus adscensionis</i>	0.02080	3.00000	Froese y Pauly, 2017
<i>Hypoplectrus atlahua</i>	0.09000	3.04000	Datos de colección UV
<i>Hypoplectrus castroaguirrei</i>	0.09000	3.04000	Datos de colección UV
<i>Hypoplectrus floridae</i>	0.09000	3.04000	Datos de colección UV
<i>Hypoplectrus sp.</i>	0.09000	3.04000	Datos de colección UV
<i>Kyphosus incisor</i>	0.01740	3.08000	Bohsack y Harper, 1988
<i>Lachnolaimus maximus</i>	0.04900	2.90000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Lactophrys triqueter</i>	0.03090	3.00000	Bohsack y Harper, 1988
<i>Lutjanus apodus</i>	0.01700	3.20000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Lutjanus cyanopterus</i>	0.92600	2.88000	Froese y Pauly, 2017
<i>Lutjanus griseus</i>	0.05370	3.10000	Barrera-Lara, 2012
<i>Lutjanus jocu</i>	0.04800	2.80000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Lutjanus mahogoni</i>	0.00900	3.30000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Lutjanus synagris</i>	0.03870	2.84400	Froese y Pauly, 2017
<i>Malacoctenus triangulatus</i>	0.00890	3.00000	Bohsack y Harper, 1988
<i>Megalops atlanticus</i>	0.01200	2.98400	Froese y Pauly, 2017
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.03280	3.08250	Bohsack y Harper, 1988
<i>Mycteroperca acutirostris</i>	0.02000	3.00000	Sustituido por <i>M. bonaci</i>
<i>Mycteroperca bonaci</i>	0.02000	3.00000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Mycteroperca interstitialis</i>	0.01880	2.94000	Froese y Pauly, 2017
<i>Mycteroperca phenax</i>	0.01435	3.00000	Froese y Pauly, 2017
<i>Myripristis jacobus</i>	0.11100	2.72000	Froese y Pauly, 2017
<i>Neopomacentrus cyanomos</i>	0.01224	3.00000	Froese y Pauly, 2017

Especie	Relación de L-P		Referencia
<i>Nicholsina usta</i>	0.01940	3.00000	Froese y Pauly, 2017
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.02400	2.73000	Gutiérrez Benítez, 2002
<i>Odontoscion dentex</i>	0.01050	3.00700	Froese y Pauly, 2017
<i>Ophioblennius macclurei</i>	0.09360	2.37910	Sustituido por <i>O. atlanticus</i>
<i>Parablennius marmoreus</i>	0.01090	3.02500	Froese y Pauly, 2017
<i>Paranthias furcifer</i>	0.04760	3.04300	Bohnsack y Harper, 1988
<i>Pempheris schomburgkii</i>	0.04390	2.62000	Froese y Pauly, 2017
<i>Pomacanthus paru</i>	0.02030	3.12600	Bohnsack y Harper, 1988
<i>Priacanthus arenatus</i>	0.06650	3.03870	Bohnsack y Harper, 1988
<i>Pseudupeneus maculatus</i>	0.05610	3.02570	Bohnsack y Harper, 1988
<i>Pterois volitans</i>	0.01148	3.09000	Froese y Pauly, 2017
<i>Rhomboplites aurorubens</i>	0.07800	3.04360	Bohnsack y Harper, 1988
<i>Scarus iseri</i>	0.01600	3.20000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Scarus taeniopterus</i>	0.01350	3.00000	Froese y Pauly, 2017
<i>Scarus vetula</i>	0.02300	2.94730	González-Gándara, 2001
<i>Scorpaena plumieri</i>	0.02430	2.94900	Froese y Pauly, 2017
<i>Serranus subligarius</i>	0.01450	3.04800	Froese y Pauly, 2017
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.01290	3.11000	Froese y Pauly, 2017
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0.01350	3.10000	Froese y Pauly, 2017
<i>Sparisoma radians</i>	0.01220	3.02800	Froese y Pauly, 2017
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0.01940	3.00000	Froese y Pauly, 2017
<i>Sparisoma viride</i>	0.03700	2.92140	Bohnsack y Harper, 1988
<i>Sphoeroides spengleri</i>	0.01074	3.26700	Froese y Pauly, 2017
<i>Sphyraena barracuda</i>	0.00600	3.10000	González-Gándara <i>et al.</i> , 2003
<i>Sphyraena guaguanchio</i>	0.01320	2.88000	Froese y Pauly, 2017
<i>Stegastes adustus</i>	0.03532	2.89600	Froese y Pauly, 2017
<i>Stegastes partitus</i>	0.01816	3.15200	Froese y Pauly, 2017
<i>Stegastes variabilis</i>	0.03236	2.83600	Froese y Pauly, 2017
<i>Synodus intermedius</i>	0.01650	2.99880	Bohnsack y Harper, 1988
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.01010	3.04000	Froese y Pauly, 2017
<i>Urobatis jamaicensis</i>	0.01530	2.84400	Froese y Pauly, 2017