



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

**Análisis multiescala de la
diversidad de peces en el parque
nacional arrecifes de Xcalak,
México: Relación con la estructura
del hábitat bentónico**

Tesis

que para obtener el grado de

**Maestro en Ciencias en Biosistemática
y Manejo de Recursos Naturales y
Agrícolas**

Presenta

Francisco Javier Ramos Gallego

Zapopan, Jalisco

noviembre de 2018



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

**Análisis Multiescala de la Diversidad de Peces
en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak,
México: Relación con la Estructura del
Hábitat Bentónico**

Tesis

que para obtener el grado de

**Maestro en Ciencias en Biosistemática y Manejo
de Recursos Naturales y Agrícolas**

Presenta

Francisco Javier Ramos Gallego

DIRECTOR

Fabián A. Rodríguez Zaragoza

Zapopan, Jalisco

Noviembre de 2018



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

ANÁLISIS MULTIESCALA DE LA DIVERSIDAD DE PECES EN EL PARQUE NACIONAL ARRECIFES DE XCALAK, MÉXICO: RELACIÓN CON LA ESTRUCTURA DEL HÁBITAT BENTÓNICO

Por

FRANCISCO JAVIER RAMOS GALLEGO

**Maestría en Ciencias en Biosistemática y Manejo de Recursos
Naturales y Agrícolas**

Aprobado por:

Dr. Fabián A. Rodríguez Zaragoza
Director de Tesis e integrante del jurado

15/noviembre/2018
Fecha

Dr. Manuel Ayón Parente
Asesor e integrante del jurado

15/noviembre/2018
Fecha

Dr. Amilcar L. Cupul Magaña
Asesor e integrante del jurado

15/noviembre/2018
Fecha

Dr. Leopoldo Díaz Pérez
Asesor e integrante del jurado

15/noviembre/2018
Fecha

Dr. Eduardo Ríos Jara
Asesor e integrante del jurado

15/noviembre/2018
Fecha

DEDICATORIA

Al responsable de que el mar sea mi -porqué y mi paraqué-: Papá.

A la responsable de mis sonrisas en soledad: Mamá

A mi segunda mamá: Tía Guisselly

A mi más temprano compañero de inmersiones: Hermano.

A la que me viste en los momentos más importantes: Abuela Nohemí

Y a mi Abuelo Gonzalo por enseñarme a salir de la rutina.

A ustedes que creyeron en mi: FAMILIA.

AGRADECIMIENTOS

Al programa de maestría en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas (BIMARENA) de la Universidad de Guadalajara.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado durante la maestría (Beca número 603374).

Quiero dar un especial agradecimiento a mi director de tesis. Porque no solamente es un Doctor supremamente eficaz, con vocación y conocimiento, sino que también es un -Señor y Caballero, en su propósito y en su porfía-. Gracias Fabián, la gente que te tiene -miedo académico- no sabe de lo que se pierde.

A la tremenda hospitalidad y eficiencia de la Dra. Patricia Zarazua (coordinadora) y Juri (secretaria) del programa de maestría en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas (BIMARENA).

A Omar Valencia, Karen Peña Joya, Martha Ostría (¡Que gran equipo de estudio!) y a Eliska Salcido Usela, por su apoyo en todo momento y por que son la muestra de que cuando se quiere ayudar hay -razones- y no excusas.

A Alejandro Corona, por que fue la primera persona en darme la mano y a Ana Nuño, por su apoyo inconmensurable y sus sándwiches antidepresivos.

A mis sinodales por sus consejos académicos.

Al conductor del bus que me dijo: “Vale más lo que aprendas hoy que el pasaje del bus, ¡pásale!”

A la disciplina con amor de mis padres.

A la mar, la cerveza y la música...

Contenido

ÍNDICE DE CUADROS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN GENERAL.....	7
MAIN ABSTRACT.....	9
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	11
2. HIPÓTESIS GENERAL.....	14
3. OBJETIVOS	15
A. OBJETIVO GENERAL.....	15
B. OBJETIVOS PARTICULARES.....	15
4. CAPITULO I: ENSAMBLAJE DE PECES DEL PARQUE NACIONAL ARRECIFES XCALAK, MÉXICO: VARIACIÓN ESPACIAL, ZONACIÓN POR PROFUNDIDAD Y RELACIÓN CON EL HÁBITAT BENTÓNICO 16	
4.1. RESUMEN	16
4.2. INTRODUCCIÓN	17
4.3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
ÁREA DE ESTUDIO	19
TRABAJO EN CAMPO.....	20
PROCESAMIENTO DE DATOS	21
4.4. RESULTADOS.....	24
ESFUERZO DE MUESTREO Y RIQUEZA TOTAL DE ESPECIES.....	24
MODELO I	25
MODELO II	30
4.5. DISCUSIÓN.....	35
4.6. CONCLUSIONES.....	42

5. CAPITULO II: ANÁLISIS MULTIESCALA DE LA DIVERSIDAD DE PECES DEL PARQUE NACIONAL ARRECIFES DE XCALAK, MÉXICO	43
5.2. INTRODUCCIÓN	44
5.3. METODOLOGÍA	47
ÁREA DE ESTUDIO	47
TRABAJO EN CAMPO	50
ANÁLISIS DE DATOS	50
PARTICIÓN DE LA DIVERSIDAD.....	51
PARTICIONES DE LA DIVERSIDAD BETA	51
PARTICIONES CANÓNICAS	52
5.4. RESULTADOS.....	53
PARTICIÓN ADITIVA CANÓNICA	60
5.5. DISCUSIÓN	63
PARTICIÓN DE GAMMA (r)	63
PARTICIÓN DE B.....	64
PARTICIÓN CANÓNICA DE LA VARIACIÓN EN LOS COMPONENTES DE LA DIVERSIDAD	66
5.6. CONCLUSIONES.....	68
6. LITERATURA CITADA.....	68
APÉNDICES CAPÍTULO I.....	80
APÉNDICE A.....	80
APÉNDICE B.....	83
APÉNDICE C.....	94
APÉNDICE D.....	147
APÉNDICES CAPÍTULO II.....	149
APÉNDICE A.....	150
APÉNDICE B.....	151
APÉNDICE C.....	159

Índice de Cuadros

Capítulo 1.

Cuadro 1. Resultados de los ANOVAs permutacionales y PERMANOVA para analizar la variación de los valores promedios de los atributos ecológicos del ensamblaje de peces. **27**

Capítulo 2.

Cuadro 1. Partición aditiva canónica de la variación de los componentes de la diversidad a escala de sitios y zonas. **61**

Índice de Figuras

Capítulo I

- Figura 1.** Área de estudio y distribución de las zonas y sitios de muestreo en el PNAX. 19
- Figura 2.** Gráficos de barras y bigotes que muestran la variación de la riqueza (\bar{S}), biomasa total (B) y diversidad de Shannon (H') en la escala de zonas y sitios anidados en zonas (modelo I). 26
- Figura 3.** Ordenamientos generados por análisis PcoA, basados en los diseños experimentales de los modelos I y II. 29
- Figura 4.** Resultados del CCA y RDA para los diseños experimentales de los modelos I y II, respectivamente. 32
- Figura 5.** Gráficos de barras y bigotes que muestran la variación de la riqueza (\bar{S}), biomasa total (B) y diversidad de Shannon (H') en la escala de zonas por nivel de profundidad (modelo II). 33

Capítulo II

- Figura 1.** Área de estudio y localización de las zonas y sitios de muestreo en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Q. Roo, México. 49
- Figura 2.** Partición aditiva de la diversidad de peces por sitio de muestreo en cada zona estudiada del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak. 54
- Figura 3.** Partición multiplicativa de la diversidad de peces por sitio de muestreo en cada zona estudiada del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Q. Roo, México. 55
- Figura 4.** Partición aditiva y multiplicativa de la diversidad de peces por zona estudiada en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Q. Roo, México. 57
- Figura 5.** Partición aditiva y multiplicativa de la diversidad de peces para toda el área de estudio en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Q. Roo, México. 58
- Figura 6.** Partición de la diversidad β con basado en disimilitudes de Jaccard al nivel de Sitios (A) y Zonas (B) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Q. Roo, México. 59

RESUMEN GENERAL

El presente estudio analiza la estructura del ensamblaje de peces en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX), el cual posee una heterogeneidad alta en sus componentes biológicos y ambientales bentónicos a lo largo de 30 km de costa. El objetivo principal fue estudiar dicho ensamblaje y su relación con los componentes bentónicos y bati-geoespaciales bajo una perspectiva multi-escala. El trabajo de campo fue realizado durante septiembre de 2011. Dentro del parque, se seleccionaron cinco zonas (Rio Huach, Hobná, Poza Rica, Alejandro Reef y Bacalar Chico). Cada zona anidó seis sitios y en cada uno se realizaron cinco transectos en banda (50 x 2 m), donde se hicieron censos visuales de peces, registrando, especies, clases de talla y densidad. Así mismo, se filmaron videotransectos de alta resolución para calcular el porcentaje de cobertura de los distintos elementos de la estructura bentónica y registró la complejidad topográfica con el método de cadena. La profundidad fue registrada *in situ* con computadores de buceo en cada transecto.

En el primer capítulo de esta tesis se utilizaron dos diseños de análisis. La hipótesis conjunta de ambos modelos fue que el cambio del ensamblaje de peces está en función de la variación espacial, la zonación por profundidad y su relación con el cambio del hábitat bentónico por profundidades. Se emplearon métodos de ordenación directa para relacionar las variables ambientales y biológicas del bentos con la diversidad biológica y composición de especies. Se registraron un total de 86 especies de peces. Se evidenció una heterogeneidad espacial alta en términos de la riqueza (S) y diversidad de Shannon (H'). En cambio, la biomasa total por transecto (B) no varió de forma significativa en ninguna escala especial analizada. Igualmente, la composición de especies de peces y su biomasa fue distinta en ambas escalas (zonas y sitios) a lo largo del arrecife, así como entre profundidades. No obstante, la mayor variación de dichos atributos fue explicada por la escala de sitios en el primer diseño y por la de zonas en el segundo en interacción con la profundidad.

En el segundo capítulo se emplearon tres niveles espaciales anidados (transectos, sitios, zonas). Se emplearon particiones aditivas y multiplicativas de la diversidad de peces para encontrar los componentes (i.e. diversidad α ó β) más importantes que aportan a la diversidad total de inventario en el arrecife de Xcalak. Complementariamente, se particionó

la diversidad β para conocer si el reemplazo o la anidación de especies determinan la diversidad de diferenciación. Finalmente, se realizaron particiones aditivas canónicas, empleando, una matriz de variables ambientales representativas de la estructura del hábitat arrecifal bentónico y otra de variables bati-geoespaciales, las cuales explican la relación de los distintos componentes de la diversidad en cada escala y la composición del ensamblaje de peces. Se encontró que la diversidad beta (β) a escala de zonas es el componente más importante que aporta al valor de diversidad gama (γ) de Xcalak. Complementario a esto, la diversidad β fue mejor explicada por el recambio de especies tanto a escala de sitios como de zonas.

En ambos capítulos se llega a la conclusión de que la composición de las especies y los distintos tipos de diversidades, tanto a escala de sitios como de zonas, están siendo afectados principalmente por la profundidad, y en menor manera, por la complejidad del substrato y la cobertura de coral hermatípico. Finalmente, solo en la escala de zonas, las variables de cobertura de coral hermatípico y el índice de complejidad topográfica fueron importantes para explicar la diversidad β .

MAIN ABSTRACT

The present study analyzes the assemblage structure of reef fishes in the Xcalak Reef National Park (PNAX), which has a high heterogeneity in its biological and benthic environmental components along 30 km reef length. The main objective was to study said assembly and its relationship with the benthic and bathy-geospatial components under a multi-scale perspective. The fieldwork was carried out during September 2011. Within the park, five zones were selected (Rio Huach, Hobná, Poza Rica, Alejandro Reef, and Bacalar Chicó). Each zone nested six sites and in each one five band transects were made (50 x 2 m), where visual fish censuses were made, recording species, size classes, and density. Also, high-resolution video transects were filmed to calculate the percentage of coverage of the different elements of the benthic structure and recorded the topographic complexity with the chain method. The depth was recorded in situ with diving computers in each transect.

In the first chapter of this thesis, two analysis designs were used. The joint hypothesis of both models was that the change in the fish assemblage is a function of spatial variation, depth zoning and its relation to the change of benthic habitat by depth. Direct ordination methods were used to relate the environmental and biological variables of the benthos with the biological diversity and composition of species. A total of 86 fishes species were recorded. High spatial heterogeneity was evidenced in terms of the richness (S) and diversity of Shannon (H'). In contrast, the total biomass per transect (B) did not vary significantly in any special scale analyzed. Likewise, the composition of fish species and their biomass was different in both scales (zones and sites) along the reef, as well as between depths. However, the greater variation of these attributes was explained by the scale of sites in the first design and by the zones in the second, in interaction with the depth.

In the second chapter, three nested spatial levels were used (transects, sites, zones). Additive and multiplicative partitions of fish diversity were used to find the most important components (i.e. α or β diversity) that contribute to the total inventory diversity in the Xcalak area. In addition, the β diversity was partitioned to know if the species replacement or nesting determines the diversity of differentiation. Finally, canonical additive partitions were made, using a matrix of environmental variables representative of the structure of the

benthic reef habitat and another of bathy-geospatial variables, which explain the relationship of the different components of diversity in each scale and the composition of the fishes assembly. It was found that the beta (β) diversity at the zone scale is the most important component that contributes to the gamma diversity value (γ) of Xcalak. Complementary to this, β diversity was better explained by the replacement of species at both site and zone scales.

In both chapters, it is concluded that the composition of the species and the different types of diversities, at the scale of sites and zones, are being affected mainly by depth, and in a lesser way, by the complexity of the substrate and the haermatypic coral cover. Finally, only in the zone scale, the haermatypic coral coverage variables and the topographic complexity index were important to explain β diversity.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La ecología busca identificar procesos que moldean patrones. Los procesos que anteceden a los patrones se construyen basados tanto en el tipo de relaciones intra e inter específicos, como en la relación de la comunidad con su ambiente y en última instancia con los humanos (Hixon 2009). Los procesos, se pueden evaluar a distintos niveles de integración (e.g. poblaciones, comunidades y ecosistemas) y en distintas escalas espaciales y temporales. Desde cada nivel de integración, se ha desprendido una rama de la ecología que, de manera complementaria, ha permitido el entendimiento de sistemas altamente complejos.

Para la ecología de comunidades, entender por qué hay pocas o muchas especies, sobre el rango de escala espacial (desde comunidad local hasta biosfera) ha sido desde siempre la pregunta central (Loreau 2000). Sin embargo, con el desarrollo de nuevos conceptos, las preguntas han abordado otras problemáticas como ¿por qué hay unas especies en un sitio y no en otros? No obstante, en la ecología, como en muchas otras ciencias, la formulación de preguntas puede resultar en un ciclo de retroalimentación. Por ejemplo, ¿son la biodiversidad y la diversidad conceptos equivalentes? La respuesta inmediata es no. Mientras que la *biodiversidad* contesta al número de especies, variabilidad y variedad en un área definida, la *diversidad* estima un valor basado en la riqueza y las abundancias relativas de cada especie. Con estos dos conceptos definidos, podemos generar preguntas distintas cuyas respuestas pueden o no ser independientes una de la otra, pero que juntas describen características más complejas de una taxocenosis.

Como en muchos estudios de biodiversidad, en el estudio de los peces, la aproximación inicial más importante fue su clasificación (e.g. Aristóteles, A.C.). Tiempo después los naturistas y científicos diversificaron su atención a la descripción ecológica de las comunidades, basados en distintos puntos de interés debido a que, son fuente de proteína para las poblaciones humanas (Bellwood et al. 2004), además, son uno de los principales atractivos turísticos en muchas de las costas tropicales alrededor del mundo (Hawkins y Roberts 1999), ciclan nutrientes, conectan ecosistemas (Núñez-Lara et al. 2005; Taylor et al. 2012), y son indicadores del estado del hábitat arrecifal (Nash et al. 2015, 2016).

Los arrecifes de coral se caracterizan por presentar la mayor diversidad de organismos en el planeta. La contribución de los peces a esta biodiversidad es junto con la de los corales la más importante. La relación entre la cobertura de coral vivo y la riqueza de peces es estrecha (Luckhurst y Luckhurst, 1978; Sale, 1991, 2004). Los primeros, son los bioingenieros del ecosistema, resultado del crecimiento de varias especies de coral y otros grupos bénticos que proveen de microhábitats a los distintos miembros del ensamblaje de peces (Bellwood y Huges, 2001). Sin embargo, los peces también tienen un impacto sobre el arrecife dados los diferentes hábitos que cada especie presenta. Por ejemplo, algunos lábridos y escáridos raspan corales y céspedes algales y producen arena coralina al incluir minerales que después defecan. Por otro lado, el agua que envuelve estos ecosistemas, normalmente es pobre en nutrientes, por lo que reciclarlos resulta esencial, por ejemplo, los nutrientes son asimilados por el plancton que, a su vez, sirve de alimento a peces planctófagos como *Chromys cianea*, para así, importar estos nutrientes a la economía del arrecife.

México comparte con Belice, Guatemala y Honduras el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), el segundo arrecife de coral más grande del mundo. La porción que corresponde a México, va hasta Cancún (Rodríguez-Zaragoza y Arias-González 2008). Para este estudio respectivamente, Xcalak es la zona de estudio, y se ubica en el estado de Quintana Roo, en el municipio de Othon P. Blanco. Fue decretada en el año 2000 como Parque Nacional e incluida por el gobierno federal a la categoría de área natural protegida con fines de conservación y manejo sustentable de los recursos naturales (CONANP 2004). El Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX) comprende un área de 13,500 ha y una franja arrecifal de 30 kilómetro. Este sitio es considerado uno de los sistemas arrecifales con mayor biodiversidad del Mar Caribe (Arias-Gonzales et al., 2011), ya que posee una riqueza alta de especies de corales escleractíneos en comparación con otros sitios del SAM (García-Salgado et al., 2006). Por otro lado, es área de refugio que favorece el incrementode la biodiversidad de peces, de los cuales algunos son de importancia pesquera. Por ello la protección de este sistema favorece a las pesquerías artesanales y de autoconsumo. Las actividades turísticas y recreativas también son relevantes y se centran en la belleza estética del arrecife. El buceo, por ejemplo, genera parte de los ingresos económicos que sustentan la economía del municipio.

En el caribe mexicano se han realizado varias investigaciones sobre el ensamblaje de peces arrecifales a grandes escalas (400 km, Nuñez-Lara et al. 2016), abordando enfoques de diversidad biológica (α , β , γ , Núñez-Lara et al. 2005; Rodríguez-Zaragoza y Arias-González 2008), factores ecológicos claves (Arias-González et al. 2011), efectos por pérdida de diversidad e impacto por desarrollo urbano (Acosta-González et al. 2013a; Arias-González et al. 2017) entre otros. Se han explicado patrones de alteración en los valores de los atributos ecológicos (S, B, H') y biológicos (diversidad β) típicos de un arrecife saludable, asociados a la pérdida de complejidad topográfica del hábitat bentónico (Alvarez-Filip et al. 2009), así como el efecto que tiene la escala y la profundidad en la composición de peces (Nuñez-Lara et al. 2016). Sin embargo, existe poco conocimiento local sobre la franja arrecifal de Xcalak.

Lo anteriormente justifica la importancia que tiene estudiar la variación espacial de peces en el área marina protegida del PNAX. Esta tesis considera un diseño de análisis espacial multi-escala, que busca explicar la variación del ensamblaje de peces basado en métodos numéricos, los cuales, les dan robustez a las conclusiones subyacentes. Para ello, se emplearon 30 sitios distribuidos dentro de cinco zonas y dos niveles de profundidad.

Así mismo, en este trabajo se aborda la ecología de los peces desde dos perspectivas que se desarrollan en dos capítulos. En el primero, se estudia la variación de atributos ecológicos (riqueza, biomasa, y diversidad de Shannon) y composición de las especies relacionado con la escala, la profundidad y con la estructura del bentos. En el segundo, se analizó en distintas escalas, la variación de la biodiversidad biológica en todos sus componentes (α , β , y γ), y en la composición de especies. Complementario a esto, se particionó la diversidad beta según los criterios de (Baselga 2010). Finalmente, se construyeron modelos de regresión multivariados con los componentes α , β , y γ como respuesta a las condiciones de dos grupos de variables independientes. El primer grupo, con variables de la estructura bentónica y el segundo, con variables batimétricas y geo-espaciales. Además, se analizó la relación de las variables con el efecto particionado de cada grupo. La información resultante de este estudio es fundamental para el manejo y conservación del Parque Nacional.

Este trabajo evidenció que el ensamblaje peces depende de la escala espacial del análisis y de variables similares a las reportadas en trabajos previos, aunque con distinto

grado de importancia (e.g. cobertura coralina, profundidad e índice de complejidad topográfica). Se evidencia también que la complejidad estructural del arrecife ha disminuido respecto a lo observado en otros años. Estos resultados alertan sobre el estado actual del arrecife y representan un escenario en el que resulta prioritario realizar programas de monitoreo continuo para entender los cambios y proponer estrategias de conservación de estos ecosistemas.

2. HIPÓTESIS GENERAL

La variación espacial de la diversidad ecológica y biológica de peces se explica por diferencias en la estructura del hábitat bentónico, generadas por los gradientes de profundidad y de variación espacial a lo largo de la costa (e.g. la cobertura de coral vivo, la cobertura de macroalgas y sustrato calcáreo, composición de especies de coral, índice de complejidad topográfica, etc.). Esta heterogeneidad ambiental, en particular del hábitat arrecifal bentónico y del cambio en profundidad, influye en los diferentes componentes de la diversidad de inventario y de diferenciación de estas especies, así como en el cambio de la composición de especies y de sus respectivas biomásas, lo que influye en la riqueza, biomasa y diversidad ecológica, así como en los componentes de la biodiversidad como son las diversidades alfa (α), beta (β) y gama (γ).

3. OBJETIVOS

a. Objetivo general

Realizar un análisis multiescala de la diversidad de peces del Parque Nacional arrecifes de Xcalak, México y evaluar su relación con la estructura del hábitat bentónico, a fin de identificar la variación de los componentes de la diversidad ecológica (i.e., riqueza, biomasa, diversidad) y biológica (i.e., diversidad alfa [α], beta [β] y gama [γ].) de estos organismos.

b. *Objetivos particulares*

1. Analizar la variación espacial de la estructura del ensamblaje de peces a lo largo de un gradiente latitudinal de ~30 km y dos niveles de profundidad, así como identificar los elementos del bentos explican su variación.
2. Evaluar con análisis de particiones aditivas y multiplicativas la contribución de la diversidad alfa, beta y gama de peces arrecifales , así como identificar los elementos del bentos explican su variación en cada escala.

4. CAPITULO I: Ensamblaje de peces del Parque Nacional Arrecifes Xcalak, México: variación espacial, zonación por profundidad y relación con el hábitat bentónico

4.1. Resumen

La estructura del ensamblaje de peces arrecifales depende de manera directa de las características del bentos, la profundidad y la escala espacial. Mediante censos visuales, se evaluó la variación de peces de arrecife en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo, México. Para ello se utilizó un modelo anidado con dos escalas espaciales (cinco zonas, 30 sitios) a lo largo de ~30 km de gradiente arrecifal, así como un modelo con dos niveles de profundidad a lo largo de seis zonas. La variación de la mayoría de los atributos estructurales (riqueza, biomasa y diversidad de Shannon) y de la composición de especies se explicaron a escala local (sitio). Sin embargo, el patrón de variación entre atributos y similitud de especies fue distinto entre los modelos. En general, la composición y biomasa fueron diferentes en todos los factores del primer modelo, mientras en el segundo modelo, la interacción de Zonas x Profundidad mostraron ser significativas. Además, las especies que favorecen las disimilitudes entre los factores fueron distintas en composición y biomasa. En la escala de sitios la complejidad topográfica, profundidad, cobertura de coral hermatípico, algas calcáreas articuladas y octocorales fueron las variables más importantes que explican la diversidad de peces. En cambio, la variación de peces entre las zonas a través de los dos niveles de profundidad, se explicó por la complejidad topográfica, riqueza de grupos morfofuncionales de coral duro y profundidad. Estos resultados sugieren que, aunque el ensamblaje de peces tiene una relación directa con los bentos, el gradiente arrecifal y la profundidad, en la escala de zonas la cobertura de coral hermatípico no fue una variable importante en los modelos, lo cual contrasta con otros estudios del caribe. Sin embargo, el índice de complejidad topográfica queda como una variable subyacente que favorece a los atributos del ensamblaje de peces.

Palabras clave: atributos estructurales, composición de especies, gradientes ambientales, multi-escala.

4.2. Introducción

El paisaje de un arrecife de coral se compone de un mosaico de arrecifes individuales que confieren una heterogeneidad importante a estos ecosistemas (Adam et al. 2015). La variación de las especies de coral hermatípico (e.g. especies bioingenieras) y las características ambientales (e.g. profundidad, complejidad topográfica y estructura del hábitat bentónico) hacen que los arrecifes de coral sean ecosistemas estructuralmente complejos con una gran biodiversidad asociada (Marshall 1965; Talbot 1965). Esta heterogeneidad espacial determina gran parte de la estructura (e.g. composición y abundancia de especies) de los ensamblajes biológicos (Sale et al. 1994; Chapman y Underwood 1999). Tal es el caso de los peces de arrecife que varían enormemente a través del hábitat arrecifal bentónico (Adam et al. 2015).

En el Caribe, al menos 600 especies de peces están relacionadas con la variación en la composición de los elementos estructurales del hábitat bentónico y los cambios de profundidad (Humann y Deloach 2014). La relación entre los peces arrecifales y las características de la estructura del hábitat bentónico ha sido de gran interés para los ecólogos, y está ampliamente documentada (e.g. Stark 1968; Goldman y Talbot 1976; Alevizon et al. 1985). Actualmente, se sabe que las especies ícticas dependen de las distintas formas de crecimiento de los corales hermatípicos, los cuales proveen microhábitats (Rodríguez-Zaragoza et al. 2011). Sin embargo, no todas las especies de coral aportan el mismo grado de complejidad estructural a los hábitats arrecifales (Sale 1991), además su distribución y forma de crecimiento depende de la profundidad (Chabanet et al. 1997). Por ello, la composición y abundancia de peces depende del cambio en la cobertura y distribución de corales (Richardson et al. 2017), al mismo tiempo que los componentes de los bentos y la profundidad también son considerados como predictores de la diversidad de peces.

Los peces son considerados indicadores de la salud de los arrecifes de coral y tienen un papel importante en el reciclaje de nutrientes (Allgeier et al. 2013; Layman et al. 2013). Estos organismos mantienen distintos procesos ecosistémicos –e.g. transferencia de energía, conectividad de ecosistemas, control biológico, etc.– que favorecen la resistencia de los ecosistemas de arrecifes de coral y a los servicios que proveen (Holbrook et al. 2016; Tupper 2003). Adicionalmente, son el sustento principal de las pesquerías locales y de

autoconsumo; son fuente de proteína, y constituyen junto con los corales, un atractivo turístico y de ingreso económico (Daily 1997; Pauly et al. 2002). No obstante, en el Mar Caribe, las pesquerías artesanales aumentan considerablemente con la presión turística que adicionalmente demanda alimentos incluyendo peces y otros mariscos. El resultado de esta presión es la disminución de la biomasa de peces de interés económico y de aquellas que son ecológicamente importantes.

Es importante conocer las variaciones de las comunidades de peces a través de distintas escalas espaciales, así como las variables que promueven estos cambios (Chittaro 2004). La escala de análisis tiene dos implicaciones, una estadística y otra ecológica. En la primera, la dispersión y cantidad de los datos disminuirá conforme aumenta la escala, lo que es inherente a los diseños de tipo jerárquico anidado. En la segunda, Hewitt et al. (1998) mencionan que los cambios en la importancia relativa de los procesos que influyen en los organismos son distintos en cada escala. Además, Sale (1998) argumenta que el entendimiento de la ecología de peces será tan preciso como la escala empleada, apoyado en el hecho de que el tamaño de las especies varía en más de dos órdenes de magnitud desde sus estadios juveniles y que por tanto el uso de microhábitats puede variar a lo largo de su vida.

Por ello, el objetivo de este trabajo fue realizar un análisis multiescala de la diversidad de peces de arrecife, donde se planteó la hipótesis que el cambio del ensamblaje de peces está en función de la variación espacial, la zonación por profundidad y su relación con el cambio del hábitat bentónico por profundidades. Para ello se seleccionó el arrecife del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, localizado en la costa sur del Caribe mexicano. Esta área protegida posee un grado de conservación adecuado y un desarrollo arrecifal considerable (Rodríguez-Zaragoza et al. 2015) para realizar el análisis aquí propuesto, a pesar del impacto humano generado por las pesquerías locales y el desarrollo urbano costero.

4.3. Materiales y métodos

Área de estudio

El Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX) fue decretado por el gobierno mexicano en el año 2000 como área natural protegida (CONANP-SEMARNAT 2004). Esta localizado al sur oriente de la costa de Quintana Roo (Fig. 1), y forma parte de la eco-región del Atlántico nor-occidental tropical, Provincia del Caribe Occidental (Spalding et al. 2007). Esta área protegida presenta un arrecife de coral semi-continuo de ~30 km de extensión y paralelo a la costa, con sistemas de macizos y canales que tienen una complejidad topográfica alta. La laguna arrecifal es amplia con grandes coberturas de pastos marinos en el extremo norte. La barrera arrecifal tiene profundidades mínimas de 1.5 m en el costado de la laguna arrecifal y mayores a 30 m en el costado de la pendiente (CONANP-SEMARNAT 2004).

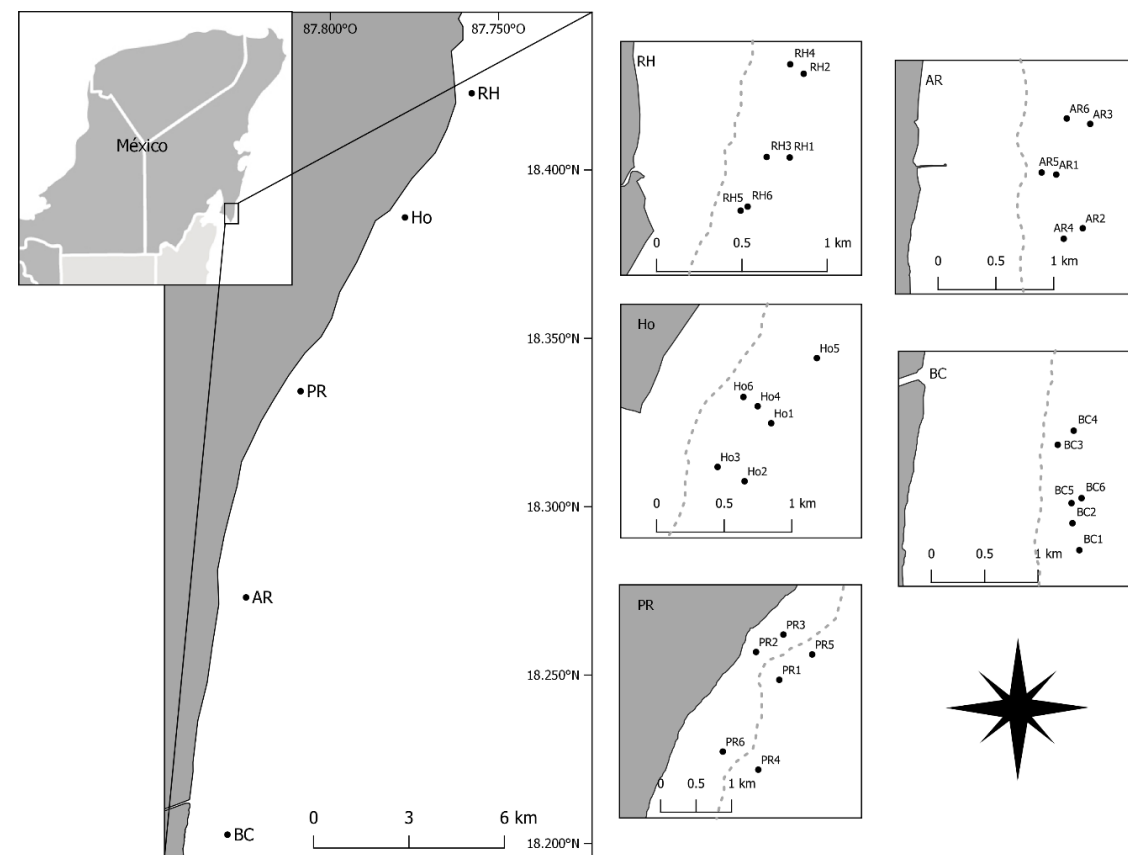


Figura 1. Área de estudio y distribución de las zonas y sitios de muestreo en el PNAX. Los códigos de las zonas son: Río Huach (RH), Hobná (Ho), Poza Rica (PR), Alejandro Reef (AR), Bacalar Chico (BC). La línea punteada corresponde a la cresta arrecifal.

Las tormentas tropicales y huracanes ocurren de junio a noviembre. La franja costera de la región tiene influencia del Río Huache y se caracteriza por tener manglares y marismas que ocupan grandes extensiones pantanosas (Daltaubuit et al. 2006). La corriente marina predominante del área se desplaza en dirección noroeste con una velocidad de entre 0.5 y 0.95 nudos en junio y julio en la zona cercana a la barrera arrecifal (CONANP-SEMARNAT 2004). En el extremo sur del área de estudio está el canal de Zaragoza, que conecta a la Bahía de Chetumal con el Mar Caribe y tiene una influencia considerable en el arrecife de Xcalak (Ruiz-Zárate y Arias-González 2004b).

En el PNAX existe un asentamiento humano pequeño, donde la pesca artesanal y el turismo son actividades primordiales, aunque se consideran de impacto bajo pero en aumento (CONANP-SEMARNAT, 2004). La pesca sustenta al menos 375 personas residentes de esta localidad (INEGI 2010), además de la demanda de la población flotante debido a las actividades turísticas. En menor grado, la economía de la población se basa también en la agricultura y ganadería, que propician la tala de bosques de manglar.

Este trabajo consideró la variación espacial y el gradiente de profundidad del arrecife, por lo que se seleccionaron cinco zonas equidistantes, de norte a sur: Río Huache (RH), Hobná (Ho) Poza Rica (PR), Alejandro Reef (AR) y Bacalar Chico (BC) (Fig. 1). Estas zonas están dentro de dos grandes zonificaciones de manejo definidas por la CONANP-SEMARNAT (2004) como Uso Restringido (UR) y de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Marinos (ASURENAMA). La primera incluye sólo a la zona RH, mientras que la segunda a las demás zonas (Ho, PR, AR y BC) (Apéndice A, Cuadro A1).

Trabajo en campo

El trabajo en campo se llevó a cabo en septiembre del 2011 y se utilizó un diseño jerárquico anidado balanceado compuesto por cinco zonas, 30 sitios de muestreo (seis por zona) y 150 transectos (cinco por sitio). En cada transecto se registró, la riqueza, abundancia y talla de los peces mediante censos visuales (2 x 50 m), mientras que la composición y cobertura de elementos del hábitat bentónico se registraron con la filmación de videotransectos (~0.6 x 50 m) en un ángulo recto y a 0.4 m del fondo (Arias-González et al. 2008). En cada transecto se midió también la complejidad topográfica [ICT] con el método de cadena

(Aronson et al. 1994) y la profundidad [Prof] con computadoras de buceo. La biomasa de peces se estimó con la abundancia y talla, usando una ecuación de potencia $B = aL^b$, donde B es la biomasa ($g\ m^{-2}$), L es la talla promedio ponderada, mientras a y b son las constantes de la relación talla-peso de cada especie. Las constantes a y b fueron obtenidas en Fishbase (Froese y Pauly 2018).

En laboratorio, cada videotransecto se revisó en un monitor de alta resolución con 40 cuadros de video y 2,000 puntos sistemáticos aleatorios (50 puntos por cuadro) (Rodríguez-Zaragoza et al. 2011). Los elementos del bentos se registraron como categorías bentónicas, siguiendo los criterios de Arias-González et al. (2008): coral hermatípico (CH), hidrocorales (HC), octorales (Oct), esponjas (Esp), hidrocorales (Hic), macroalgas carnosas (MC), algas calcáreas articuladas (ACA), algas costrosas coralinas (ACC), céspedes algales (turf), pastos marinos (Pas), sustrato arenoso (Sar), sustrato calcáreo (Sca) y escombros (Esc) (Arias-González et al. 2008). Los corales hermatípicos se registraron también al nivel de especie y se incluyeron dentro de grupos morfofuncionales (Rodríguez-Zaragoza y Arias González 2015) para generar otras dos variables representativas de la heterogeneidad del hábitat arrecifal: riqueza de corales (SC) y riqueza de grupos morfofuncionales de corales (SGMF).

Procesamiento de datos

El esfuerzo de muestreo se evaluó con rarefacciones basadas en muestras que consideran la riqueza de especies de peces observada y la estimada por los procedimientos no paramétricos Chao 1, Chao 2, Jackknife 1 y Jackknife 2. De manera similar, se construyeron curvas de acumulación de la función exponencial de la diversidad de Shannon ($e^{H'}$) y del recíproco de la dominancia de Simpson ($1/\lambda$) para evaluar la calidad del registro de especies de abundancia intermedia y alta respectivamente. Las riquezas totales (S) de peces de las zonas, profundidades y zonas por profundidad se compararon con rarefacciones basadas en individuos. El análisis de rareza ecológica de especies consideró la identificación y conteo de especies singletons (especies con un individuo en los transectos), doubletons (especies con dos individuos en los transectos), únicas (especies que inciden en una muestra) y duplicadas (especies que inciden en dos muestras). Las rarefacciones

y el conteo de la rareza ecológica se hicieron con 10,000 aleatorizaciones sin reemplazo en el programa EstimateS 9.1 (Colwell 2013).

La riqueza de especies (\bar{S}), biomasa total (B , g/m²) y diversidad de Shannon (H' , estimada con la biomasa por especie) se calcularon por transecto, para estimar valores promedio y utilizarlos en dos diseños experimentales: i) Modelo I de variación espacial multiescala; y ii) Modelo II que consideró la variación espacial a través de dos niveles de profundidad (Apéndice A, Cuadro A2 y A3). El modelo I consideró la variación espacial a través del gradiente costero de ~30 km con dos escalas espaciales: zonas (~6.5 km) y sitios (~0.6 km). Esto con la finalidad de identificar en qué escala existe una mayor explicación de variación de los atributos estructurales (\bar{S} , B y H') y del cambio de la composición y biomasa de las especies de peces. De esta forma, el modelo consideró a las zonas con un efecto fijo y los sitios anidados dentro de zonas con un efecto aleatorio (modelo tipo III):

$$Y = \mu + Zo_i + Si_j(Zo_i) + \varepsilon_{ij} \quad 1$$

donde Y es la variable a analizar (e.g. \bar{S} , B y H'), μ es el promedio de la variable, Zo_i es el factor Zonas (e.g. RH, Ho, PR, AR y BC); Si_j es el factor Sitios anidado dentro de Zonas; ε es el error acumulado del modelo.

El modelo II consideró sólo la variación espacial entre zonas a través de dos niveles de profundidad (somero ≤ 11 m y profundo > 11 m; rango de profundidad de 1 a 20 m). De esta forma, este diseño permitió identificar un patrón de zonación en el ensamblaje de peces en zonas someras y profundas. Este diseño no consideró la escala de sitios, porque el número de sitios someros y profundos fue diferente entre zonas, además Poza Rica sólo tuvo sitios someros. Por ello, los transectos fueron utilizados como réplicas para analizar la variación entre zonas a través del cambio en profundidad:

$$Y = \mu + Zo_i + Prof_j + Zo_i x Prof_j + \varepsilon_{ij} \quad 2$$

donde Y es la variable a analizar (e.g. \bar{S} , B y H'); μ es el promedio de la variable, Zo_i es el factor Zonas (e.g. RH, Ho, AR y BC); $Prof_j$ es el factor Profundidad (somero [Som], profundo [Dep]); ε es el error acumulado del modelo. Los factores *Profundidad* y *Zonas* tuvieron un efecto fijo (modelo tipo I).

Estos modelos se evaluaron con análisis de varianza (ANOVA) permutacionales debido a que los datos no cumplieron con los supuestos estadísticos paramétricos. Para

esto, se construyeron matrices de distancias euclidianas con los valores de la \bar{S} , B y H' estimados por transecto, siguiendo los criterios de Anderson et al. (2008).

El análisis multidimensional del ensamblaje de peces consideró los dos diseños experimentales antes descritos. Se aplicó una transformación raíz cuarta a los datos composición y biomasa de especies, para construir una matriz de similitud de Bray-Curtis. Posteriormente, se hicieron análisis de varianza multidimensional basados en permutaciones (PERMANOVA) de dos vías. Las significancias estadísticas de los diseños de ANOVA permutacional y PERMANOVA fueron probadas con la suma de cuadrados tipo III (parcial) y con 10,000 permutaciones. Se utilizó también la prueba Montecarlo (MC) en las comparaciones pareadas que tuvieron ≤ 100 permutaciones. Estos análisis se generaron en el programa Primer v6.1+Permanova (Clarke y Gorley 2006; Anderson et al. 2008).

Se utilizó un análisis de similitud en porcentaje (SIMPER) para identificar cuáles especies favorecieron la disimilitud de los ensamblajes de peces a nivel de Zonas, Sitios y Zonas x Profundidad. Las relaciones de similitud de especies entre estos factores se visualizaron con un análisis de coordenadas principales (PCoA). En ambos análisis se utilizó el mismo pretratamiento de datos (raíz cuarta) del PERMANOVA y se construyeron matrices de similitud de Bray-Curtis. El SIMPER y PCoA se hicieron en Primer v6.1+Permanova (Clarke y Gorley 2006; Anderson et al. 2008).

Se utilizaron dos tipos de ordenamientos canónicos para explicar la variación del ensamblaje de peces y su relación con la estructura del hábitat arrecifal bentónico y otras variables ambientales. Los diseños de análisis de estos ordenamientos directos se hicieron con base en los resultados de los modelos PERMANOVA. En primer lugar, se evaluó el gradiente de distribución de las especies con una análisis de correspondencia corregido (DCA), empleando el criterio de Lepš y Šmilauer (1999). En la escala de sitios, el gradiente de distribución superó cuatro desviaciones estándar (7.98), mientras que a nivel de zonas por profundidad estuvo por debajo tres desviaciones estándar (1.4). Con base en estos resultados, se usó un análisis de correspondencia canónica (CCA) en la escala de sitios, mientras que en la escala de zonas por nivel de profundidad se empleó un análisis de redundancia canónica (RDA). En el CCA y RDA, las variables biológicas (dependientes) correspondieron a matrices con la composición y biomasa de las especies de peces. En

cambio, las variables ambientales y biológicas (predictivas) correspondieron a la profundidad, complejidad topográfica, riqueza de corales (SC), riqueza de grupos morfofuncionales de corales (SGMF) y los elementos estructurales registrados de los bentos como categorías bentónicas. Para el RDA, las biomásas por especie fueron sometidas a una transformación Hellinger para mejorar su relación lineal (Legendre y Gallagher 2001). Los mejores conjuntos de variables predictivas en el CCA y RDA fueron encontrados con un procedimiento de selección automática (e.g. modelos con mayores valores de R^2_{ajust} y $p \leq 0.05$). La colinealidad fue reducida al eliminar variables con correlaciones de Pearson mayores a 0.75, además se consideró un factor de inflación de la varianza (VIF) ≤ 10 . La significancia estadística de los modelos CCA y RDA se probó con 10,000 permutaciones bajo un modelo reducido en CANOCO v4.5 (ter Braak y Verdonschot 1995)

4.4. Resultados

Esfuerzo de muestreo y riqueza total de especies

La evaluación del esfuerzo de muestreo en el área total de estudio mostró una representatividad del 77.4% de la riqueza promedio estimada por los estimadores no-paramétricos (Apéndice B, Figura B1). Por nivel de profundidad, la representatividad fue de 73% en el nivel somero y 71% en el profundo (Apéndice B, Figura B1). En la escala de zonas, esta representatividad varió entre el 59.2% y 87.2%, donde PR tuvo los valores más bajos y Ho los más altos (Apéndice B, Figura B2). De igual manera, el comportamiento asintótico de las curvas de acumulación de la función exponencial de la diversidad de Shannon (e^H) y recíproco de la dominancia de Simpson ($1/\lambda$), evidenciaron un registro adecuado de las especies de peces con abundancia media y alta para el área total de estudio, por nivel de profundidad y por zona (Apéndice B, Figuras B3 y B4).

En general, en el PNAX se registraron 86 especies de peces arrecifales distribuidas en 45 géneros y 25 familias. De esta riqueza, en el nivel somero se identificaron 68 especies, mientras que el profundo 71. A nivel de zonas se encontraron 25 especies en Río Huach, 50 en Hobná, 56 en Poza Rica, 53 en Alejandro Reef y 45 en Bacalar Chico (Apéndice B, Cuadro B1). Los resultados de las rarefacciones basadas en individuos mostraron que no existen diferencias en la riqueza total de especies entre los niveles de

profundidad (e.g. somero y profundo; Apéndice B, Figura B5), ni tampoco entre las zonas, excepto por RH que tuvo la menor riqueza y abundancia de especies (Apéndice B, Figura B6).

Modelo I

Los resultados del modelo de variación espacial multiescala mostraron que la riqueza promedio de especies (\bar{S}) fue significativamente diferente en las escalas de zonas y sitios. Las zonas Ho y RH generaron las mayores diferencias, ya que la primera tuvo la mayor riqueza la segunda la menor. En cambio, la biomasa total (B) no varió a ninguna escala espacial. Por su parte, la diversidad de Shannon (H') mostró sólo diferencias en la escala entre sitios dentro de cada zona (Figura 2, Cuadro 1). Los ANOVAs permutacionales de la \bar{S} y H' mostraron que los componentes de variación más altos estuvieron en la escala de sitios (Cuadro 1).

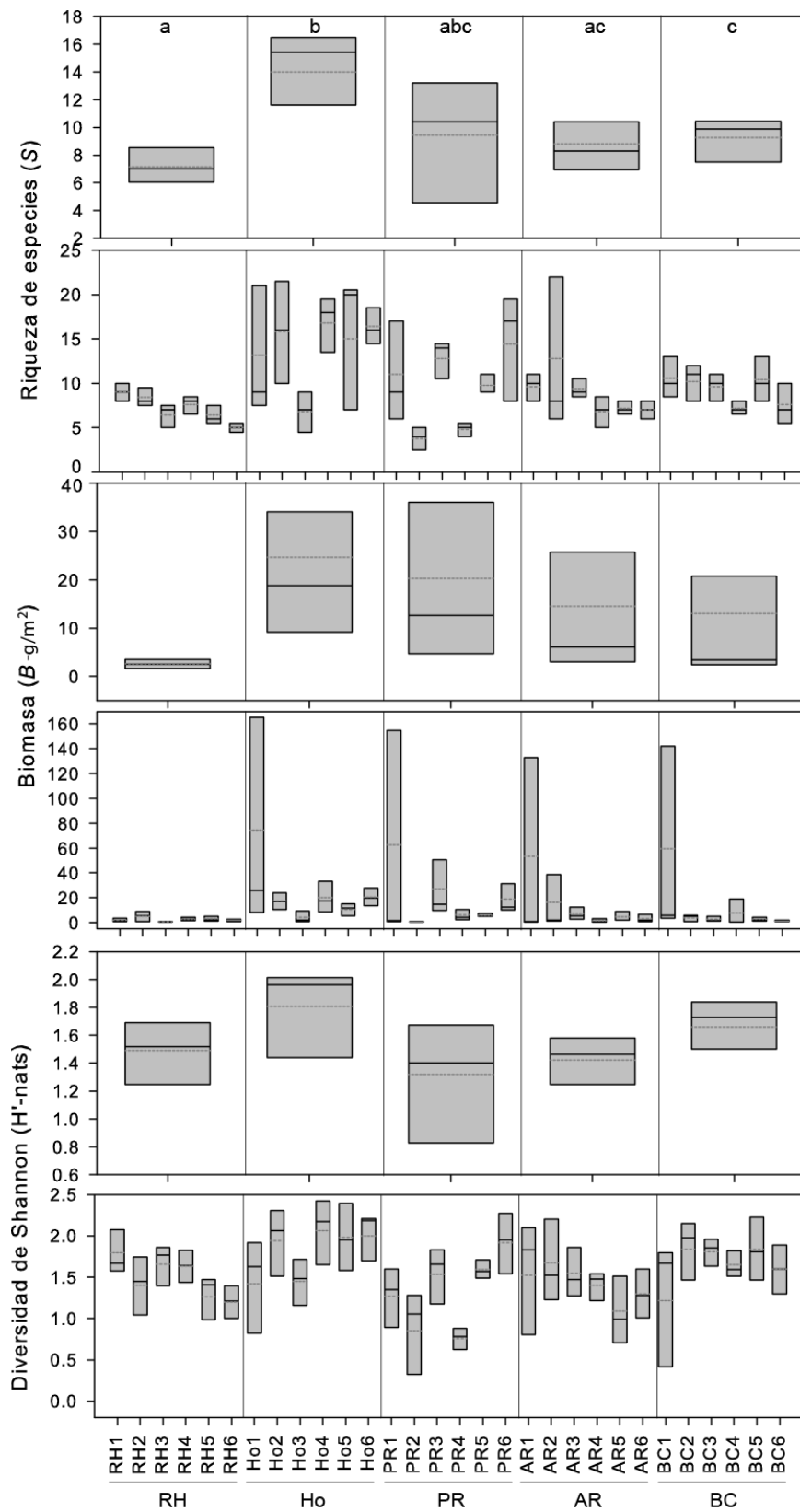


Figura 2. Gráficos de barras y bigotes que muestran la variación de la riqueza (\bar{S}), biomasa total (B) y diversidad de Shannon (H') en la escala de zonas y sitios anidados en zonas (modelo I). La línea punteada dentro de la caja corresponde al promedio, la línea continua representa la mediana. Los puntos negros son los valores extremos. Las letras en minúsculas corresponden a los resultados de las comparaciones pareadas.

Cuadro 1. Resultados de los ANOVAs permutacionales y PERMANOVA para analizar la variación de los valores promedios de la riqueza de especies (\bar{S}), biomasa total (B), y diversidad de Shannon (H'), así como de la variación del ensamblaje de peces (e.g. composición y biomasa de especies). Códigos: F.V. es fuente de variación; Zo es Zona; Si es Sitios; Prof es profundidad. En negritas se presentan las diferencias significativas con una $p < 0.05$.

	F.V.	Pseudo-F	P (perm)	C.E.V. (%)		F.V.	Pseudo-F	P (perm)	C.E.V. %
Modelo I									
ANOVA permutacional									
Riqueza promedio (\bar{S})	Zo	4.6476	0.0078	26.9	Diversidad de Shannon (H')	Zo	2.536	0.0648	19.0
	Si(Zo)	2.9149	0.0002	27.9		Si(Zo)	2.6901	0.0002	29.8
	Residuales			45.2		Residuales			51.2
Biomasa total (B)	Zo	1.0001	0.4218	0.2					
	Si(Zo)	1.0014	0.3363	1.7					
	Residuales			98.1					
PERMANOVA									
Ensamblaje de peces	Zo	2.6422	0.0002	20.5					
	Si(Zo)	3.5943	0.0001	33.3					
	Residuales			46.2					
Modelo II									
ANOVA permutacional									
Riqueza promedio (\bar{S})	Prof	15.715	0.0001	24.5	Diversidad de Shannon (H')	Prof	4.2583	0.0402	15.7
	Zo	10.845	0.0001	28.3		Zo	3.6498	0.0146	20.0
	Prof x Zo	0.33189	0.8058	0.0		Prof x Zo	0.15377	0.9258	0.0
	Residuales			47.2		Residuales			64.3
Biomasa total (B)	Prof	0.94539	0.3532	0.0					
	Zo	0.89464	0.4585	0.0					
	Prof x Zo	1.0308	0.3822	4.5					
	Residuales			95.5					
PERMANOVA									
Ensamblaje de peces	Prof	5.3596	0.0001	13.9					
	Zo	7.1383	0.0001	23.4					
	Prof x Zo	1.9751	0.0026	13.2					
	Residuales			49.5					

Los resultados del PERMANOVA mostraron que el ensamblaje de peces varió significativamente en las dos escalas espaciales estudiadas (e.g. zonas y sitios; Cuadro 1). Las pruebas pareadas entre zonas mostraron que la mayoría de las zonas poseen una composición y biomasa de especies de peces diferente entre sí, excepto entre AR-BC, AR-PR y PR-Ho que no tuvieron diferencias significativas (Apéndice B, Cuadro B2). El PERMANOVA mostró también que los mayores componentes de variación se encontraron en la escala de sitios (Cuadro 1).

Con base en el diseño del modelo I, el PCoA generado a nivel de zonas mostró una disimilitud alta entre los ensamblajes de peces que habitan en ellas, con una explicación de la variación del 74.2%. No obstante, las zonas BC y AR presentaron la mayor similitud entre ellas (65.1%) en composición y biomasa de especies (Figura 3A). Los resultados del SIMPER evidenciaron que las disimilitudes promedio de especies entre zonas varió entre 52.8% (BC vs. Ho) y 66.8% (AR vs. PR). Las especies que más contribuyeron a las disimilitudes entre zonas fue *Kyphosus sectrix* (e.g. Chopas), seguida de *Sparisoma viride* (e.g. peces loro), *Stegastes diencaeus*, *Microspathodon chrysurus* (e.g. damiselas), *Halichoeres maculipinna* (e.g. lábridos), *Haemulon plumierii* (e.g. roncós) (Apéndice C, Tabla C1).

Por otro lado, el PCoA realizado en la escala de sitios (Figura 3B) tuvo explicación baja por los ejes canónicos (39.8%) debido a la gran dispersión de los ensamblajes de peces entre los sitios de cada zona. Sin embargo, los sitios de la zona PR mostraron la mayor similitud de especies entre sí, mientras que los de RH fueron los más dispersos y con menor similitud entre ellos. Los resultados del SIMPER demostraron que las disimilitudes promedio entre sitios de cada zona tuvieron valores de entre 43.8% (zona RH) y 98.2% (zona PR). Las especies de peces que más contribuyeron a la disimilitud entre los sitios de cada zona fueron: i) en AR, *K. sectatrix*, *Halichoeres garnoti*, *M. chrysurus*, *Scarus iseri*, *Sparisoma aurofrenatum*; ii) en BC, *M. chrysurus*, *S. iseri*, *Thalassoma bifasciatum*, *H. maculipinna*, *Chromis. cyanea*; iii) en Ho, *S. aurofrenatum*, *S. viride*, *Carangoides ruber*, *S. diencaeus* y *Acanthurus coeruleus*; iv) en PR, *S. diencaeus*, *S. partitus*, *H. maculipinna*, *S. iseri*, *K. sectator*, *P. arcuatus*; v) en RH, *Acanthurus bahianus*, *S. iseri*, *Ocyurus. chrysurus*, *Chaetodon capistratus*, *C. cyanea* (Apéndice C, Tabla C2).

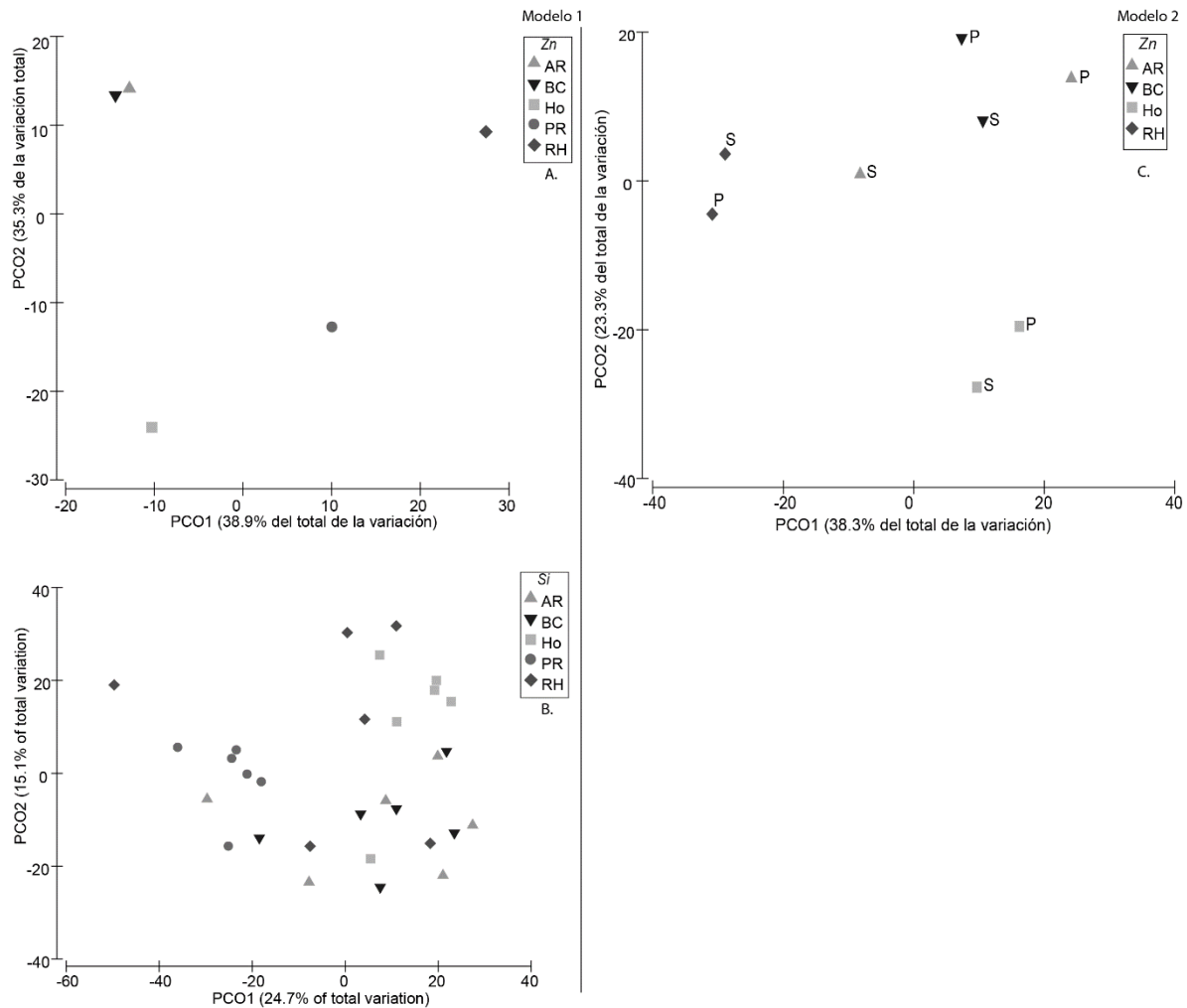


Figura 3. Ordenamientos generados por análisis PcoA, basados en los diseños experimentales de los modelos I y II. Para el modelo I –variación espacial con factores anidados–, el análisis se hizo en las escalas de zona (A) y sitios (B). Para el modelo II –variación espacial con factores cruzados–, que consideró la escala espacial de zonas x profundidad (C).

Los resultados del CCA mostraron que la variación del ensamblaje de peces en la escala de sitios fue explicada por 10 variables ambientales ($R^2_{\text{ajustado}} = 0.0097$, $p = 0.006$) (Figura 4; Apéndice D, Cuadro D1). Las variables más importantes fueron la complejidad topográfica (ICT) y algas calcáreas articuladas (ACA), que se correlacionan entre sí en el primer eje canónico. La profundidad (Prof), octocorales (Oct) y coral hermatípico (CH) se relacionan de forma similar, pero en el segundo eje canónico. La distribución de los sitios en la ordenación no presentó un patrón claro ya que no se separaron con base en la zona a la que pertenecen. Las especies *Bodianus rufus* (*Bodruf*), *S. diencaeus* (*Stedie*), *Cephalopholis fulva* (*Cepful*), *C. capistratus* (*Chacap*), *H. plumierii* (*Haepflu*), *A. coeruleus* (*Acacoe*), *Haemulon flavolineatum* (*Haeflav*) y *T. bifasciatum* (*Thabif*) se relacionaron al primer eje canónico y al índice de complejidad topográfica (ICT) y cobertura de algas calcáreas articuladas (ACA). Otro resultado importante fue que la mayoría de las especies más importantes tuvieron poca relación con el incremento de la profundidad y con aquellos sitios que presentaron las mayores coberturas de Oct y CH. El pez ballesta reina *Balistes vetula* (*Balvet*) y la chopo *K. sectatrixor* (*Kypsec*) fueron las únicas que tuvieron una relación importante con estas variables ambientales en el segundo eje canónico. Por último, *S. aurofrenatum* (*Spaaur*), *M. chrysurus* (*Micchr*) y *Scarus iseri* (*Scaise*) mostraron una relación negativa con ICT y las ACA, pero en sitios con coberturas de intermedias a bajas de Oct y CH (Figura 4).

Modelo II

Los resultados de los ANOVAS permutacionales del modelo de variación espacial a través de dos niveles de profundidad, mostraron que la riqueza promedio (\bar{S}) y la diversidad de Shannon (H') tuvieron sólo una variación importante entre zonas y entre profundidades, ya que la interacción entre ambos factores no fue significativa (Cuadro 1). Para \bar{S} , la mayoría de las zonas mostraron una riqueza de especies distinta, excepto entre AR con Ar y BC (Figura 5, Apéndice B, Cuadro B3). La zona Ho tuvo la mayor riqueza de especies. Con respecto a la diversidad de Shannon (H'), las mayores diferencias las generaron Ho y AR, donde la primera tuvo la diversidad más alta y la segunda la más baja (Figura 5, Apéndice B, Cuadro B3). En contraste, la biomasa total (B) no mostró una variación significativa en los factores analizados e interacción (Cuadro 1, Figura 5).

Los resultados del PERMANOVA evidenciaron que la interacción entre factores zonas y profundidad fue significativa (Cuadro 1). Esto quiere decir que, existió un cambio importante en la composición y biomasa de las especies entre las zonas a través de los dos niveles de profundidad. Las pruebas pareadas mostraron que existe una variación espacial importante entre las zonas de cada nivel de profundidad (somero y profundo), excepto por AR vs. BC en el nivel profundo, debido a que presentan un ensamblaje de especies similar (Apéndice B, Cuadro B3). Finalmente, los ensamblajes de peces entre los niveles de profundidad de cada zona fueron diferentes sólo dentro de AR y Ho (Figura 3C, Apéndice B, Cuadro B3).

El PCoA del modelo II (61.6% de explicación de la variación) evidenció que existe una mayor disimilitud de especies en la variación espacial entre las zonas que en la existente por nivel de profundidad (Figura 3C). Las especies de peces que mayormente contribuyeron a la disimilitud promedio en todas las comparaciones pareadas entre zonas a través de las profundidades fueron: *K. sectator*, *S. diencaeus*, *M. chrysurus*, *S. aurofrenatum*, *S. iseri*, *A. coeruleus*, *A. bahianus*, *S. viride*, *S. adustus*, *C. cyanea*, *H. garnoti*, *H. maculipinna*, *T. bifasciatum* y *H. plumierii*. Las disimilitudes promedio entre las zonas del nivel somero tuvieron un rango del 64% y 74%, mientras que las del nivel profundo estuvieron entre 64% y 74%. En cambio, las disimilitudes variaron desde 54% hasta 74% en las comparaciones entre nivel de profundidad por cada zona estudiada (Apéndice C, Cuadro C1-C4).

El ordenamiento del RDA del modelo II mostró que cinco variables ambientales explicaron el cambio de la composición y biomasa de las especies de peces entre las zonas a través de los dos niveles de profundidad ($R^2_{ajus} = 0.723$, $p = 0.0001$) (Figura 4). De igual forma, la variable más importante y relacionada al primer eje canónico fue la complejidad topográfica (ICT), que determina principalmente la variación del ensamblaje de peces entre las zonas, en particular, en RH que presenta mayor relación con esta variable debido a que posee los valores más altos de ICT. Otras variables importantes fueron la riqueza de grupos morfofuncionales de corales (SGMF), profundidad (Prof), algas calcáreas articuladas (ACA) y sustrato calcáreo (Sca), que se relacionaron al segundo eje canónico (Figura 4, Apéndice D, Cuadro D2).

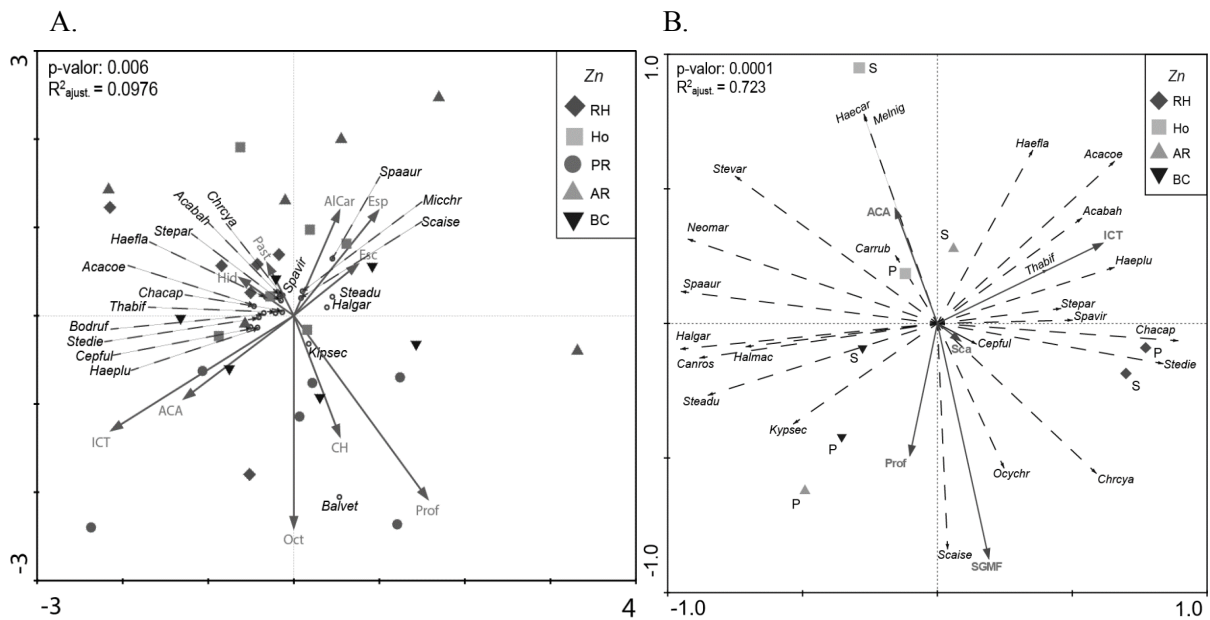


Figura 4. Resultados del CCA y RDA para los diseños experimentales de los modelos I y II, respectivamente. En el triplot del CCA (A) se muestra el anidamiento de los sitios dentro de zonas (cuadro de leyenda), el punto óptimo de distribución de las especies de peces (círculos pequeños abiertos) y las variables ambientales predictivas (flechas en color gris obscuro). En el triplot del RDA (B) a nivel de zonas (cuadro de leyenda) por profundidad (S es somero, P es profundo) se presentan también las especies (flechas delgadas y segmentadas) y las variables ambientales (flechas gruesas de continuas). En los triplots se presentan sólo las especies con mayor contribución según la prueba SIMPER. Códigos: ACA son algas calcáreas articuladas, AlCar son algas calcáreas costrosas, CH es coral hermatípico, Esc es escombros de coral, Esp es esponjas, Hid es hidrocoral, ICT es la complejidad topográfica, Oct es octocorales, Prof es profundidad, Sar es Sustrato arenoso, Sca es sustrato calcáreo, SGMF es riqueza de grupos morfofuncionales de coral hermatípico, Turf es céspedes algales. Los códigos de las especies están en el apartado de resultados.

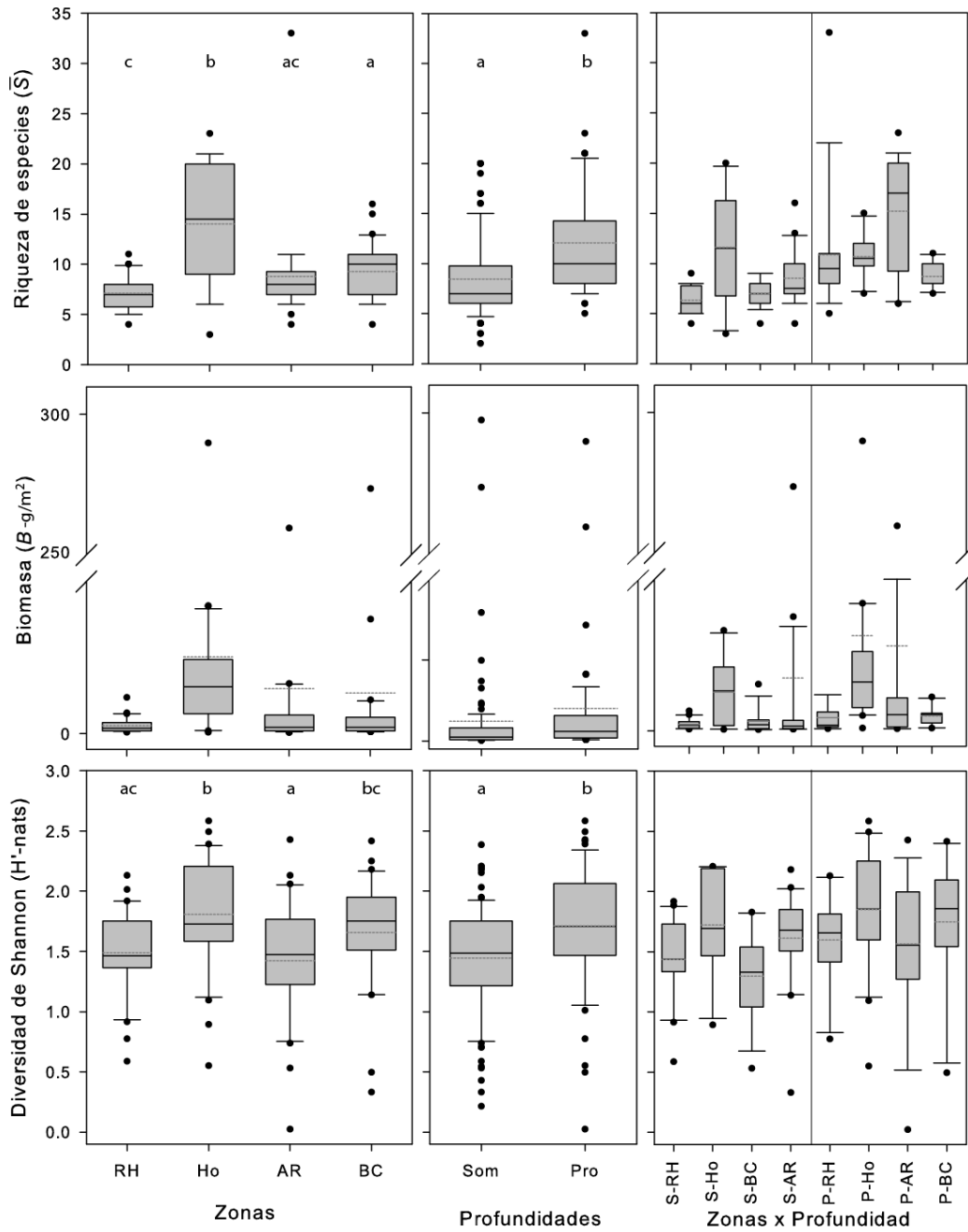


Figura 5. Gráficos de barras y bigotes que muestran la variación de la riqueza (\bar{S}), biomasa total (B) y diversidad de Shannon (H') en la escala de zonas por nivel de profundidad (modelo II). La línea punteada dentro de la caja corresponde al promedio, mientras que la línea continua representa la mediana. Los puntos negros son los valores extremos. Las letras en minúsculas corresponden a los resultados de las comparaciones pareadas.

Las especies *S. diencaeus* (Stedien), *C. capistratus* (Chacap), *H. plumieri* (Haeplu), *Stegastes partitus* (Stepa), *Sparisoma viridis* (Spavir), *T. bifasciatum* (Thabif) y *C. fulva* (Cepful) se correlacionaron con el ICT y presentaron una mayor biomasa en la zona RH. En cambio, *H. garnoti* (Halgar), *Canthigaster rostrata* (Canros), *S. aurofrenatum* (Spaaur), *Stegastes adustus* (Steadu), *K. sectator* (Kypsec), *Neoniphon marianus* (Neomar), *Stegastes variabilis* (Stevar) y *H. maculipina* (Halmac) tuvieron una relación negativa con el ICT, por lo que tuvieron una biomasa más alta en las zonas de BC y Ho, así como en el nivel profundo de AR. Por otro lado, los peces *Scarus isertii* (Scaise), *O. chrysurus* (Ocychry), *Chromis cyanea* (Chrocya) se correlacionaron con el incremento de profundidad y de la SGMF, en especial en los niveles profundos de Ar y BC. En contraste, *Haemulon carbonarium* (Haecar) y *Melichthys niger* (Melnig) tuvieron una mayor biomasa en los niveles de las zonas someras, en particular en la zona Ho. Otras especies como *A. coeruleus* (Acacoe), *A. bahianus* (Acabah) y *Haemulon flavolineatum* (Haefla) se correlacionan también con el ICT, pero en las zonas someras de AR (Figura 4). Un resultado relevante fue que la variable profundidad si fue importante en el modelo, pero el RDA demostró que el ensamblaje de peces de los niveles somero y profundo de RH, somero de BC y profundo de Ho presentaron un comportamiento diferente al cambio de profundidad, ya que estuvieron más relacionados a la variación del ICT (Figura 4, Apéndice D, Cuadro D2).

4.5. Discusión

Los modelos de variación espacial utilizados mostraron diferentes patrones de la variación del ensamblaje de peces en el arrecife de Xcalak. El modelo I, que corresponde a un análisis espacial multiescala, evidenció que la escala de los sitios anidados dentro de zonas es donde existe la mayor explicación de variación, en particular para la S , H' y cambios de la composición y biomasa de las especies de peces (e.g. similitud). Esta mayor variación del ensamblaje de peces en la escala de sitios (o local) reportada en este trabajo, es un patrón registrado reportado en varios estudios alrededor del mundo, tanto para peces como para otros organismos de arrecife (e.g. Beukers y Jones 1997; Ruiz-Zárate y Arias-González 2004). Es sabido que cuando la escala de análisis disminuye, las posibilidades de hacer un mejor reconocimiento de la cantidad de oquedades y espacio disponible para refugio aumentan, lo cual repercute en resultados distintos cuando se realizan análisis de los patrones de distribución y abundancia del ensamblaje íctico a nivel espacial más pequeño porque permite evaluar a mayor detalle la relación entre los peces y su hábitat. Por ejemplo, Richardson et al. (2017) y Nuñez-Lara et al. (2016) encontraron que en escalas más pequeñas existe mayor variación del ensamblaje de peces por su relación directa con la estructura del hábitat arrecifal bentónico. Los resultados de este trabajo coinciden con lo mencionado antes, lo que explica que en este trabajo existió mayor número de variables predictivas que influyeron en el cambio del ensamblaje de peces en Xcalak en la escala de sitios, sugiriendo, una heterogeneidad ambiental más alta y una mayor dependencia e interacción de los peces con el hábitat arrecifal.

En este estudio se muestra que la variación de la riqueza, diversidad ecológica y similitud de las especies de peces es explicada por la heterogeneidad ambiental dentro y entre los sitios de muestreo. Actualmente, se sabe que la riqueza de especies *per se* es un indicador de la cantidad de nichos que ofrece un complejo ambiental (Messmer et al. 2011). En cambio, la H' representa los cambios de la equidad de las especies de peces, los cuales están determinados por la variación de sus abundancias proporcionales. Entonces, la variación general de la riqueza y diversidad de peces se explica porque dentro de cada sitio de muestreo, independiente de la zona analizada, existe una variación importante en el número de especies registradas y de su respectiva biomasa. Esto significa que cada sitio posee una heterogeneidad importante de hábitats arrecifales que determinan cuales especies

de peces se asocian a ellos, influyendo también en su biomasa. Esto genera agregaciones de especies inter e intraespecíficas, las cuales son registradas en los transectos. En otras palabras, este cambio de riqueza y biomasa de especies favorece una disimilitud más alta en la escala de sitios de cada zona de Xcalak. Legendre et al. (1997) mencionan que el mosaico arrecifal cambia la distribución de las especies en respuesta a las condiciones ambientales, lo que promueve disimilitudes entre comunidades biológicas. Por lo tanto, la tasa de recambio de especies es debida principalmente, a las diferencias encontradas a la escala local (Baselga 2012).

Con base en los resultados del CCA, las variables ambientales más importantes para explicar la estructura del ensamblaje de peces en la escala de sitios, fueron la complejidad topográfica, profundidad y las coberturas de algas calcáreas articuladas, octocorales y coral hermatípico. Ault y Johnson (1998) explican que, el tipo de relación entre peces con el substrato depende de la estructura del hábitat y sus componentes. Principalmente, la complejidad topográfica está relacionada a la tridimensionalidad del arrecife y a la disponibilidad de refugio que otorgan el crecimiento de corales hermatípicos de tipo ramoso y sub-masivo, el cual es empleado por los peces con fines de protección, refugio, desarrollo biológico, alimentación y para escapar de la depredación (Chong-Seng et al. 2012; Darling et al. 2017). La estructura del hábitat en Xcalak está dominada por algas calcáreas articuladas (ACA) y carnosas, lo cual es una propiedad de arrecifes con un estado de deterioro (Birkeland 2015), seguido de corales blandos. Por otro lado, la complejidad del hábitat en Xcalak tiene poca relación con la cobertura de coral hermatípico y ahora está mejor relacionada con las ACA. Por su parte, las ACA tienen una influencia en la composición de especies de peces, debido a que son preferidas por algunas especies de ramoneadores, principalmente scaridos (Steneck 1988). En cambio, los octocorales proveen refugio por sus ramificaciones, principalmente a haemulidos y lutjanidos. Finalmente, la profundidad puede modificar la estructura del ensamblaje de peces de forma indirecta porque es una variable que tiene un efecto sobre la estructura bentónica, y regula la presencia de algunos componentes del suelo marino como corales, esponjas y algas (Birkeland 2015; Nuñez-Lara et al. 2016).

Los resultados del SIMPER y del CCA mostraron que varias especies favorecen las disimilitudes entre los sitios estudiados de las zonas de Xcalak pero tuvieron una relación

importante con algunas variables ambientales. Por ejemplo, *K. sectatrix* tuvo preferencia a mayor cobertura de coral hermatípico y profundidad, además de que tuvo el aporte más alto en biomasa, y junto a *S. diencaeus*, *T. bifasciatum*, y *M. chrysurus*, fueron las más importantes en generar diferencias entre grupos. Otras estas especies importantes fueron *B. rufus*, *C. fulva*, *C. capistratus*, *H. plumierii*, *A. coeruleus*, *H. flavolineatum* y *T. bifasciatum*, las cuales se asociaron directamente al ICT, ACA e inversamente a CH y Prof. Sin embargo, la relación de estas especies con los sustratos mencionados también ha sido reportada por Nuñez-Lara et al. (2016) y, aunado a esto, la biomasa de la familia scaridae (peces loro) siempre fue mayor que la de acanthuridae (peces cirujano). Esta observación coincide con lo reportado por Arias-González et al. (2017) y Darling et al. 2017).

El modelo de variación espacial a través de la profundidad mostró dos patrones diferentes en los atributos de la estructura del ensamblaje de peces. El primero fue que la *S* y la *H'* variaron sólo entre zonas y entre profundidades, mientras que el segundo evidenció que la composición y biomasa de las especies de peces fue disímil entre las zonas a través de los niveles de profundidad. Sin embargo, el factor de la escala espacial de Zona fue el más importante al explicar esta variación. Por ejemplo, Hobná tuvo los mayores valores de *S* y *H'* y fue la zona que generó el patrón de diferenciación entre las zonas estudiadas. Esto ocurrió porque en Hobná existe una mayor variación de profundidad, además el muestreo en esta zona como en otras tres, se hizo en el costado del barlovento del arrecife, pero sobre las grutas y canales, lo que le confirió una alta complejidad topográfica y una cobertura de coral más alta, además de que el acceso para botes artesanales está un poco más restringido. Esta relación de riqueza y diversidad de especies y exposición del arrecife fue reportada también por Núñez-Lara et al. 2003 y Núñez-Lara et al. (2005) para el Caribe mexicano y ratifica que la cantidad de microhábitats dados por la complejidad del sustrato pueden aumentar los atributos ecológicos del ensamblaje de peces arrecifales.

Por otro lado, la riqueza y diversidad de peces de Xcalak incrementan conforme aumenta la profundidad. Esto se explica porque conforme aumenta la profundidad se presentan sistemas de macizos y canales en el arrecife, lo que provee mayor cantidad de microhábitats para peces. Diversos estudios demuestran que la profundidad se relaciona con el aumento en estos atributos estructurales del ensamblaje de peces, tanto en el Caribe (e.g. Núñez-Lara et al. 2005; Arias-González et al. 2008) como para el Pacífico (e.g. Rodríguez-

Zaragoza et al. 2011; Ricart et al. 2016). La profundidad facilita la estabilidad ambiental ya que el movimiento del oleaje es menor y la temperatura fluctúa en un menor rango (Van den Hoek et al. 1978), lo que favorece valores más altos de riqueza y diversidad de peces. Esto coincide con Friedlander y Parrish (1998), quienes al comparar los niveles extremos de profundidad (somero vs. profundo) observaron que a mayor profundidad la diversidad de peces aumenta. Además, la profundidad tiene un efecto sobre la estructura del ensamble de peces (Choat y Bellwood 1985; Meekan et al. 1995) pues la morfología de corales tiende a ser menos compleja al aumentar la profundidad, lo cual limita la disponibilidad de microhábitats debido a la morfología de los corales (Done 1982). Finalmente, la distribución vertical de peces entre profundidades está influenciada desde su asentamiento larval determinado por procesos físicos (e.g. patrones de circulación y corrientes) y de comportamiento (Ault y Johnson 1998a). La selección del hábitat puede suceder a gran o a pequeña escala espacial (Shima 2001) y puede estar influenciada por la presencia de residentes conoespecíficos (especies iguales) o heteroespecíficos (especies distintas) (Jones 1988).

Lo resultados del RDA del modelo II mostraron que el ensamblaje de peces se relacionó sólo con cinco variables predictivas, las más importantes, ICT, Prof y ACA fueron también importantes en el CCA del modelo I. Aunque, otras variables ambientales significativas fueron la riqueza de grupos morfofuncionales de corales (SGMF) y sustrato calcáreo (Sca). Esto evidencia que el cambio del ensamblaje de peces es explicado por diferentes variables, dependo de la escala analizada. A escala de zonas, el ensamblaje de peces presentó una variación importante entre las estas a través de los niveles de profundidad, donde el factor Zonas tuvo mayor influencia. Entre las especies más importantes, se encontró que *K. sectatrix* seguido de *S. adustus* tuvieron de nuevo un aporte importante de biomasa; sin embargo su relación con el sustrato cambió, pues su relación con el ICT fue inversa, mientras que la relación *S. diencaeus* se mantuvo positiva con la misma variable. Ault y Johnson (1998) explican que, el tipo de relación entre peces con el sustrato depende de la estructura del hábitat y sus componentes. En este estudio se observó que *A. bahianus*, y *A. chirurgus* tuvieron relación con profundidades someras y con coberturas altas de algas, mientras que *S. iseri* se encontró asociado principalmente a sitios con altas riquezas de grupos morfofuncionales de coral. Estas especies, además,

fueron importantes en explicar las diferencias entre la interacción de las zonas por profundidad. Estas asociaciones también fueron reportadas en el Caribe por Núñez-Lara et al. (2016) Williams y Polunin (2001) y Ruiz et al. (2003), quienes además evidenciaron distintas composiciones de peces explicadas por coberturas de algas carnosas y calcáreas, coral hermatípico, y valores distintos de ICT entre áreas de estudio. En otras investigaciones, el ICT y la profundidad son las dos variables más importantes, incluso más que la cobertura de corales hermatípicos. Por ejemplo, Nuñez-Lara, et al. (2016) y Hernández-Landa et al. 2015, en el Caribe mexicano reportaron que la profundidad fue el factor más relevante seguido de la complejidad del sustrato, mientras que la cobertura de coral no fue significativa. En cambio, el trabajo de Darling et al. (2017) y Jankowski et al. (2015) en el Pacífico occidental, evidenciaron que el predictor más significativo fue la complejidad topográfica, seguido de la profundidad y la cobertura de coral.

Otro aspecto importante fue que la cobertura total de coral vivo (CH) no fue un predictor al nivel de zona por nivel de profundidad. Esto puede ser explicado por los valores bajos de cobertura de corales vivos en el PNAX y quizás por la disminución de la abundancia de ciertos grupos de coral hermatípico como *Acropora* spp. y *Orbicella* spp, las cuales proveen mayor número de microhábitats gracias a su tipo de crecimiento ramoso y submasivo respectivamente. Esto contrasta con lo reportado por Arias-González et al. (2008, 2011), quienes reportaron que la cobertura de coral vivo, junto con el gradiente espacial, la complejidad topográfica explicaron la variación del ensamblaje de peces en el Caribe mexicano. Las observaciones de este estudio concuerdan con lo encontrado por Graham y Nash (2012) y Alvarez-Filip et al. (2009) quienes describen que en el proceso de aplanamiento de los ecosistemas de arrecife de coral se pierde en valores de riqueza, biomasa y diversidad de peces. Con las especies adecuadas de coral vivo, la complejidad del arrecife se puede mantener indefinidamente, pues con el coral vivo existe mayor resiliencia, lo que le da la oportunidad al ensamblaje de peces de diversificarse y aumentar su biomasa en el tiempo. Basados en estas observaciones, se recomienda que las autoridades locales consideren estrategias apropiadas que contribuyan a mejorar las estrategias de conservación y restauración del arrecife de Xcalak.

La biomasa total no presentó una variación importante en ninguna de las escalas espaciales analizadas, ni tampoco a través de la zonación por profundidad. Esto es explicado porque el contraste entre niveles de cada factor (zonas, sitios y profundidad) fue bajo a causa de las amplias desviaciones estándar producto de valores extremos. La biomasa por sí sola, fue independiente de cualquier factor, lo cual indica que probablemente sea necesario reducir los rangos y añadir más niveles de profundidad para reconocer diferencias; esto con base en otros estudios que tuvieron en cuenta más niveles de profundidad y gradientes ambientales más largos en donde sí se encontraron diferencias importantes (Eckert 1985; Smallhorn-West et al. 2017; Paddock et al. 2009). Otra estrategia sería eliminar las especies con valores extremos de biomasa, lo cual reduciría el rango de variación de cada nivel, lo que en consecuencia disminuiría el traslape en las desviaciones y aumentaría el contraste en las medias de cada nivel.

Los atributos de S , B y H' de la comunidad de peces presentaron valores menores comparados con otros sitios del Caribe (Nuñez-Lara y Arias-González, 1998; Delgadillo-Garzon y Zapata-Ramirez, 2009). Estas diferencias pueden ser debidas al impacto humano que existe dentro del área protegida de Xcalak. Aunque no se posee información del disturbio humano, es probable que la distribución y atributos del ensamblaje de especies de peces esté siendo influenciada por las actividades locales de pesca y de turismo, el cual es promovido por el gobierno local de Quintana Roo (Díaz-Pérez et al. 2016). Con el desarrollo urbano costero, aumenta principalmente la demanda de mariscos, la cual está sujeta a la pesca local, que tiene un efecto negativo sobre el ensamblaje de peces, y que, al mismo, tiempo puede impactar la composición de las coberturas de coral y macroalgas carnosas. Con la pesca local no regulada, los valores de S , B y H' se ven disminuidos. De estos tres atributos, el primero en verse afectada es la B , ya que la pesca está dirigida a especies más voluminosas, posteriormente al acabar con las especies objetivo (e.g. lutjánidos) la pesca se vuelve menos selectiva, y otras especies comienzan a ser extraídas (e.g. haemulidos, acanthuridos, pomacentridos), lo que disminuye la riqueza local en conjunto con la diversidad. Xcalak tiene la presión de un desarrollo urbano acelerado debido a que el gobierno local promociona el turismo (Bozec et al. 2008), lo cual aumenta la demanda del consumo de peces, y en consecuencia, disminuye la selectividad del

recurso, haciendo de los ramoneadores objetivo de pesca, lo que contribuyen a un mayor impacto en el arrecife (Mumby et al. 2014).

Los resultados de este trabajo muestran que existe un impacto humano potencial en el arrecife de Xcalak. Esta declaración se basa en que la cobertura total de coral vivo ya no es de las variables predictivas más importantes que explican la estructura del ensamblaje de peces en las escalas espaciales analizadas. Sin embargo, la complejidad topográfica, que depende tanto de las especies de coral como de la cobertura de coral vivo y la geomorfología local, si lo fue al nivel de sitios (e.g. Modelo I) y zonas (e.g. Modelo II). Esto sugiere que en Xcalak los corales hermatípicos quizás ya no contribuyen de forma relevante a la acreción arrecifal y la generación- mantenimiento refugio dentro del arrecife, porque posiblemente esté en un proceso de aplanamiento, tal como se ha encontrado en distintos arrecifes del Caribe (Alvarez-Filip et al. 2009, 2015). Por ejemplo, al igual que lo reportado por Arias-González et al. (2006) en el Caribe mexicano, este trabajo encontró que los peces pomacéntridos planctófagos y herbívoros (*Chromys* spp. y *M. chrysurus*) y lábridos pequeños (e.g. *Halichoeres* spp.) dominaron en biomasa y se asociaron a sitios más planos, con complejidad topográfica baja, coberturas altas de escombros, sustrato calcáreo y poca cobertura de macroalgas carnosas. Por, otro lado, en Xcalak se registraron biomásas bajas de especies ícticas que son de importancia pesquera, pero que tienen un papel funcional relevante, como herbívoros (e.g. escáridos) y depredadores (lutjánidos y serránidos). Esto permite deducir que quizás hay nichos ecológicos vacíos, lo cual promueve que otras especies como *S. diaencaeus* y *K. sectatrix* tomen su lugar aunque con funciones diferentes. Estas observaciones han sido reportadas también para otros sitios arrecifales del Caribe (Foster 1985; Reinthal y Lewis 1986; Alvarez-Filip et al. 2009, 2015), lo que sugiere un indicio de sobrepesca en la zona estudiada que reduce la biomasa de peces de interés comercial (Campbell et al. 2014). Finalmente, aunque los eventos meteorológicos propios de la zona pueden promover cambios en la estructura del ensamblaje de peces y en la conformación del bentos, este trabajo no tuvo acceso a datos de este tipo, sin embargo, para futuros estudios se recomienda tenerlos en cuenta (Done 1982).

4.6. Conclusiones

En general, se que el ensamblaje de peces tiene una variación importante en las dos escalas espaciales (sitios y zonas) a través de los niveles de profundidad (somero y profundo) analizados. La composición y biomasa de las especies de peces tuvieron una variación diferente en cada escala espacial analizada, donde diferentes variables ambientales explican su variación. Las variables predictivas más importantes fueron la complejidad topográfica, profundidad y algas calcáreas articuladas. No obstante, la cobertura de corales blandos y coral hermatípico vivo fueron más importantes al nivel de sitio, mientras que la riqueza de grupos morfofuncionales fue relevante entre zonas a través de niveles de profundidad. La riqueza (S) y diversidad de Shannon (H') mostraron un cambio importante en todos los modelos analizados, excepto de la biomasa total (B) que no tuvo ninguna variación significativa en los modelos analizados. Se considera, que el arrecife del área protegida de Xcalak presenta un impacto por las actividades humanas, principalmente debido a la pesca, turismo y desarrollo urbano costero. Esto hace que quizás los atributos estructurales (S, H y B) sean bajos en comparación con otros arrecifes del Mar Caribe. Asimismo, se presume que este disturbio ha generado que la cobertura total de coral vivo posea una menor relación con la variación del ensamblaje de peces y con la complejidad topográfica del arrecife.

Para futuros monitoreos, se recomienda tener en cuenta los posibles efectos de eventos meteorológicos y climáticos, pues Xcalak está ubicado en un área con una fuerte influencia de depresiones tropicales y huracanes, cuyo efecto no debería de ser descartado.

Finalmente, se alienta a las autoridades administrativas reevaluar las estrategias de manejo y la zonificación del área protegida, para optimizar los esfuerzos de conservación del ensamblaje de peces y de la estructura del hábitat arrecifal bentónico. De esta manera se podrá favorecer la calidad en el tiempo de los servicios que el ecosistema arrecifal ofrece. El PNAX es un segmento clave para conservar la biodiversidad del Sistema Arrecifal Mesoamericano

5. CAPITULO II: ANÁLISIS MULTIESCALA DE LA DIVERSIDAD DE PECES DEL PARQUE NACIONAL ARRECIFES DE XCALAK, MÉXICO

5.1. Resumen

Xcalak es una zona protegida del estado de Quintana Roo, en el Caribe mexicano. Mediante censos visuales se colectaron datos para realizar particiones de la biodiversidad de peces. Para ello se emplearon tres niveles espaciales anidados de la siguiente forma: cinco transectos por sitio, seis sitios por zonas y cinco zonas en un área de estudio con ~30 km de gradiente arrecifal. Se realizaron particiones aditivas y multiplicativas de la diversidad para encontrar el componente más importante (α , β) que aporta a la diversidad de inventario en cada escala. Complementario a esto, se particionó β para conocer el principal componente de esta diversidad y finalmente se realizaron particiones canónicas aditivas empleando una matriz de variables biológicas del bentos y otra de variables bati-geoespaciales (e.g. profundidad y posición geográfica) para explicar su relación con los distintos componentes de la diversidad en cada escala y la composición del ensamblaje de peces. En general, se encontró que la diversidad β a escala de zonas es el componente que más aporta al valor de diversidad γ (gama) de Xcalak, complementario a esto, la diversidad β está mejor explicada por el recambio de especies tanto a escala de sitios como de zonas. Por otro lado, la profundidad fue la variable más importante que explica la variación de los componentes de la diversidad y de composición en el ensamblaje de peces tanto a escala de sitios como de zonas, además, se observó que tanto el índice de complejidad topográfica y la cobertura de corales hermatípicos solo fueron importantes solo cuando covariaron con la profundidad, lo que significa que han perdido importancia en el arrecife. Finalmente, el método multiplicativo fue el más sensible para explicar la variación de α y β . Este trabajo evidenció que la diversidad de peces depende de variables similares a las reportadas en trabajos previos, pero con distinto grado de importancia (e.g. cobertura coralina, profundidad e índice de complejidad topográfica) y que la complejidad estructural del arrecife ha disminuido respecto a lo observado en otros años. Estos resultados alertan sobre el estado actual del arrecife y representan un escenario en el que resulta prioritario realizar programas de monitoreo continuo para entender los cambios y proponer estrategias de conservación de estos ecosistemas.

5.2. Introducción

Los análisis multiescala son importantes para entender los patrones y procesos ecológicos que ocurren en las diferentes escalas espaciales (Hewitt et al. 1998; Chave 2013). Se conoce que los procesos que operan en escalas regionales y que determinan el ensamblaje de especies, influyen en patrones locales de biodiversidad, en particular en un componente jerárquico de organización ecológica (Belmaker et al., 2008). Además, las variables que determinan el número, composición y abundancia de las especies presentan distintos patrones, dependiendo de la escala analizada (Sale 1998). Por otro lado, existen también distintas reglas de ensamblaje de comunidades, que consideran a las interacciones inter e intra específicas (e.g. depredación, competencia por reproducción y espacio) que determinan la diversidad y estructura de los ensamblajes biológicos (Kraft et al. 2015; Lecchini et al. 2003). Estos dos aspectos le confieren a los ecosistemas características ecológicas que explican los patrones de composición, abundancia y distribución de su biodiversidad asociada.

La biodiversidad puede partitionarse en tres componentes de diversidad alfa, beta y gamma, que permiten entender mejor su variación y dependencia de la escala (Whittaker 1960; Lande 1996; Loreau 2000) para identificar áreas de interés para la conservación (Bouchon-Navaro et al. 2005; Campbell et al. 2014). La diversidad alfa (α) corresponde a la diversidad registrada dentro de un hábitat en un tiempo dado. La diversidad beta (β) es la tasa de renovación o cambio en composición de especies entre comunidades ó hábitats, donde β puede ser particionada en dos componentes: reemplazo y anidamiento (Baselga 2010; Schmera y Podani 2011). El reemplazo de especies explica las diferencias en composición entre comunidades mediante el número de especies no compartidas, mientras que el anidamiento de especies se entiende como la cantidad de especies de una comunidad que son el subconjunto de otra (Baselga 2010). La diversidad gamma (γ) representa la diversidad global de un paisaje resultante de las contribuciones de la diversidad α y β . Por esta razón, los análisis de la biodiversidad de un área de interés deben considerar su organización a través de las distintas escalas espaciales. La relación de los componentes de γ puede analizarse de forma aditiva o multiplicativa. La partición aditiva es considerada como un exceso de diversidad, porque beta es una medida de diferenciación expresada por el número de especies presentes en distintas unidades de diversidad α y γ . Es decir, cuántas

especies promedio en la escala más amplia (gamma) exceden a cada unidad α (Chao et al. 2012). En cambio, en la partición multiplicativa, la diversidad β representa la tasa de recambio de especies, o bien, el número de comunidades dentro de la escala más amplia que pueden mantener la riqueza promedio observada, las cuales serían distintas en su composición de especies (Pereyra y Moreno 2013).

La diversidad β permite conocer e identificar los procesos y las escalas espaciales que mantienen la diversidad biológica, lo cual es importante para establecer, diseñar y mantener redes de áreas protegidas (Golodets et al. 2011; Zamora-Marin et al. 2016). La composición de las especies de un área particular depende del balance de los procesos bióticos (e.g. interacciones inter e intraespecíficas como exclusión por competencia, relaciones simbióticas, entre otras) y abióticos (e.g. impacto de huracanes, aportes de ríos, geoformas, entre otros). La diversidad β puede aumentar, disminuir o mantenerse por impactos de distinta naturaleza como podrían ser los cambios distintos factores ambientales a lo largo de un gradiente espacial y de variación temporal.

Los ecosistemas de arrecife de coral son de conservación prioritaria porque albergan al menos 30 phyla de organismos, y de ellos dependen decenas de millones de personas que se ven beneficiados por los cientos de billones de dólares al año que se generan a partir de sus servicios ecosistémicos (Birkeland 2015). Los peces son uno de los grupos más importantes en términos ecológicos y económicos, ya que mantienen procesos ecosistémicos que favorecen la resistencia y resiliencia de los arrecifes de coral (Tupper 2003; Holbrook et al. 2016). Asimismo, son el sustento de pesquerías locales y de autoconsumo, así como representan un atractivo turístico y fuente de ingreso económico (Daily 1997; Pauly y Zeller 2016). Entre los arrecifes de coral más importantes en el Mar Caribe se encuentra el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) por su extensión y biodiversidad, el cual abarca a cuatro países, de los cuales a México le corresponde el extremo norte con ~400 km de sus aproximadamente 1,000 km de longitud.

La diversidad de peces en los arrecifes de coral ha sido explicada comúnmente por la relación que tienen con los elementos estructurales del hábitat bentónico (Luckhurst et al. 1978). Esto se debe a que los elementos del hábitat generan que los ensamblajes de peces sea heterogéneo dentro y entre hábitats arrecifales (Sale et al. 1994; Komyakova et al. 2013). Asimismo, los procesos biológicos son también importantes a esta escala espacial

(Hewitt et al. 1998). En este sentido, el cambio de composición y biomasa de especies de peces arrecifales está sujeta a variables como la profundidad, los tipos de sustrato y elementos que conforman el hábitat arrecifal, así como también la cercanía y el impacto de los asentamientos humanos (Belmaker et al. 2008; Hixon 2011)). Por ello, los estudios multi-escala que incluyen diseños jerárquicos de análisis permiten descubrir patrones subyacentes de distribución y abundancia de especies y su relación con variables ambientales de distinta naturaleza (Caley y John 1996).

La descripción cuantitativa y cualitativa de un ensamblaje de peces resulta en patrones que normalmente están bien explicados y restringidos a variables del hábitat (Hixon y Beets 1993; Carr et al. 2002). Por lo cual están estructurados espacialmente (Legendre et al. 2005). Por ello, el conocimiento e identificación de las escalas espaciales que contribuyen principalmente a mantener la biodiversidad global de una región o paisaje, permite entender los procesos que influyen en la estructura de los ensamblajes biológicos (Young et al. 2005; Moreno et al. 2017). Tal es el caso de los peces de arrecifes de coral (Rodríguez-Zaragoza y Arias-González 2008; Rodríguez-Zaragoza et al. 2011). Los peces representan una gran parte de la biodiversidad de los arrecifes de coral (Sale 1991; Hixon 2011; Bowen et al. 2013), y como se mencionó anteriormente, son cruciales para mantener el funcionamiento del ecosistema por soportar procesos como el ciclamiento de nutrientes y la transferencia de energía (Layman et al. 2013), por lo que son considerados como un grupo indicador de la salud arrecifal.

El conocimiento de la variación en la diversidad de peces de arrecife es fundamental para entender cuáles variables ambientales, procesos e interacciones biológicas la determinan en las diferentes escalas de análisis. Por ejemplo, a pequeñas escalas, la diversidad α se puede ver restringida por las interacciones locales, mientras que beta depende de limitaciones por dispersión (Baselga 2010; Jost 2010). En este sentido, se han realizado diversos estudios en distintos sistemas acuáticos y terrestres donde han mostrado que los componentes de la diversidad regional cambian en las distintas escalas espaciales analizadas, o bien, tiene distintos patrones de variación en distintos ensamblajes biológicos (Jost et al. 2010; Rodríguez-Zaragoza et al. 2011; Kraft et al. 2015; Zamora-Marin et al. 2016; Esqueda-González et al. 2017). Otros trabajos han analizado la diversidad β entre comunidades, a lo largo de gradientes latitudinales y en análisis multi-

escala (Koleff et al. 2003; Arias-González et al. 2008; Arroyo-Rodríguez et al. 2013; Myers et al. 2013). No obstante, pocos estudios han integrado las perspectivas de partición aditiva y multiplicativa de manera conjunta, al igual que escasos estudios explican la relación de las variables ambientales con los componentes de la biodiversidad.

Por lo anterior, este trabajo tiene como objetivo principal evaluar la variación de los componentes de la diversidad de peces en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX) y analizar su relación con variables ambientales representativas de la estructura del hábitat arrecifal bentónico. Para esto se empleó un diseño de muestreo jerárquico anidado que permitió utilizar particiones aditivas y multiplicativas, para separar la diversidad total en distintos componentes espaciales a través de un análisis múltiple-escala. Finalmente, se emplearon métodos de ordenamiento directo no restringidos que explican la variación de los componentes de la diversidad. Las variables explicativas se clasificaron según su naturaleza bentónica (e.g. 16 variables representativas de la estructura del hábitat arrecifal) o bati-geoespacial (e.g. profundidades y coordenadas geográficas). Se escogió al PNAX como área de investigación porque permite hacer comparaciones entre diferentes niveles espaciales (transectos, sitios y zonas) a lo largo de ~30 km de costa, dada la disposición espacial de su franja arrecifal con diferente intervención humana.

5.3. Metodología

Área de estudio

El arrecife de coral de Xcalak se localiza en el municipio de Othón P. Blanco, al sur oriente del estado de Quintana Roo, que es un área protegida decretada desde el año 2000 por el gobierno mexicano. Las tormentas tropicales y huracanes ocurren de junio a noviembre (Vidal-Zepeda 2005). El sistema marino tiene influencia del Río Huache y la franja costera se caracteriza por tener manglares y marismas con grandes extensiones pantanosas (Daltabuit et al. 2006). La corriente marina predominante en el área se desplaza en dirección noroeste con una velocidad promedio de 0.5 nudos en promedio, pero alcanza hasta 0.95 nudos en junio y julio. La topografía de su porción sur la constituyen rocas sedimentarias del Cenozoico y al este por rocas del Cuaternario (CONANP-SEMARNAT 2004). Por otro lado, es posible que las aguas del canal de Zaragoza, que conectan la Bahía de Chetumal con el Mar Caribe tengan una influencia considerable sobre este arrecife

(Rodríguez-Zaragoza, 2008). Por último, el PNAX se localiza biogeográficamente en la ecorregión del Atlántico tropical, Provincia del Caribe occidental mexicano (Spalding et al. 2007).

El arrecife de Xcalak comienza en el paralelo 18°30'00" N y colinda en el sur con Belice en el paralelo 18°11'00" N (CONANP-SEMARNAT 2004). El arrecife es semicontinuo y paralelo a la costa, se presentan sistemas de macizos, canales y paredes arrecifales con una topografía alta y compleja en algunos segmentos de la barrera. La laguna arrecifal es amplia con grandes coberturas de pastos marinos y arena, mientras que la cresta está definida a la altura de la superficie del nivel del mar. La barrera arrecifal tiene profundidades mínimas de 1.5 m en el costado de la laguna arrecifal y máximas de 30 m en el costado de la pendiente.

Este estudio se realizó a lo largo del arrecife (~30 km de longitud) de Xcalak en cinco zonas equidistantes: Río Huach (RH), Hobná (Ho) Poza Rica (PR), Alejandro Reef (AR) y Bacalar Chico (BC) (Figura 1). En esta área protegida, el plan de manejo define dos grandes zonificaciones (CONANP-SEMARNAT 2004): i) Uso Restringido (UR) y ii) Uso de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Marinos (ASURENAMA). La primera abarcó únicamente la zona RH, mientras que la segunda incluye a las cuatro zonas restantes. Otras sub-zonificaciones (Uso Restringido, Aprovechamiento Especial y Uso Público) existen en la actualidad dentro de la ASURENAMA, aunque ninguna zona del estudio estuvo comprendida por alguna sub-zonificación (Apéndice A, Cuadro A1).

En el PNAX, la pesca artesanal y el turismo son actividades primordiales. Este último se considera que tiene un impacto bajo (CONANP-SEMARNAT, 2004). La economía de la población humana local depende en gran parte de la pesca artesanal y el turismo, sin embargo, esta última actividad ha aumentado considerablemente en los últimos años (González-Damián 2011).

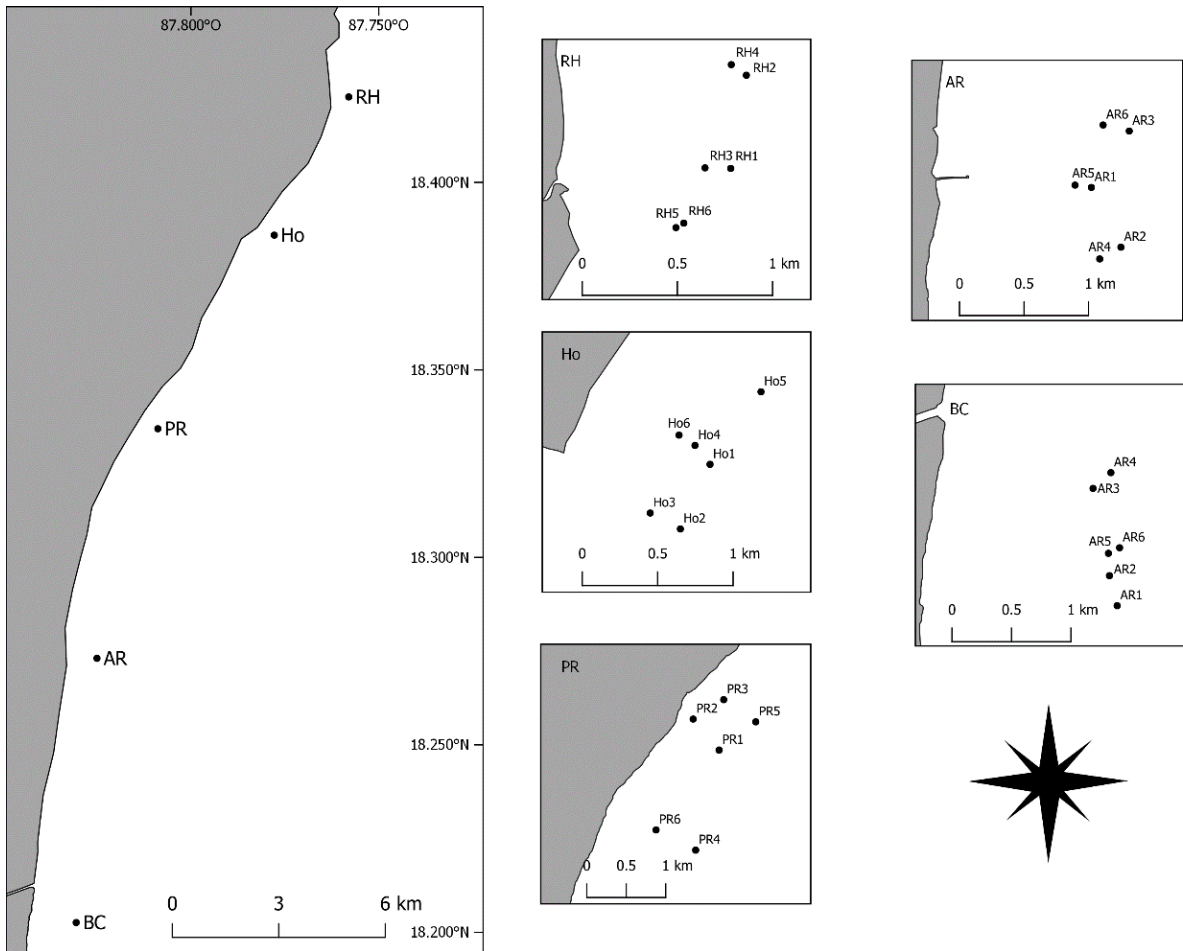


Figura 1. Área de estudio y localización de las zonas y sitios de muestreo en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Q. Roo, México. Los códigos de las zonas son: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef y BC es Bacalar Chico. Los sitios se codificaron con el código de cada zona más un número consecutivo del uno al seis.

Trabajo en campo

El trabajo en campo se llevó a cabo en septiembre del año 2011, con base en un diseño de muestreo jerárquico anidado balanceado: cinco zonas, 30 sitios y 150 transectos. En cada transecto se registró: i) La riqueza, abundancia y talla de las especies de peces con censos visuales (2 x 50 m) (Arias-González et al. 2008); ii); La composición y cobertura de grupos morfofuncionales bentónicos con videotransectos (~0.6 x 50 m) filmados en ángulo recto a 0.4 m del fondo; iii); La complejidad topográfica con el método de cadena (Aronson et al. 1994); iv) y la profundidad con computadoras de buceo.

En laboratorio, cada videotransecto se revisó con 40 cuadros de video y 2,000 puntos en un monitor de alta resolución (Rodríguez-Zaragoza et al. 2011). Las variables bentónicas se registraron como coberturas de grupos morfofuncionales bentónicos y tipos de sustrato según los criterios de Arias-González et al. (2008): coral hermatípico [CH], hidrocorales [HC], octorales [Oct], esponjas [Esp], hidrocorales [Hic], macroalgas carnosas [MC], algas calcáreas articuladas [ACA], algas costrosas coralinas [ACC], césped algal [turf], pasto marino [Pas], sustrato arenoso [Sar], sustrato calcáreo [Sca] y escombros [Esc]. Por otro lado, las variables geoespaciales correspondieron a coordenadas geográficas [E] y [N] en UTM.

Análisis de datos

El esfuerzo de muestreo se evaluó a nivel de zonas con rarefacciones basadas en muestras y los procedimientos no paramétricos Chao 1, Chao 2, Jackknife 1 y Jackknife 2, usando 10,000 aleatorizaciones sin reemplazo. Esto permitió evaluar la representatividad de la riqueza observada *versus* la riqueza potencialmente esperada por el azar. Asimismo, se construyeron curvas de acumulación de la función exponencial de la diversidad de Shannon (e^{H^*}) y del recíproco de la dominancia de Simpson ($1/D$) para evidenciar el registro correcto de las especies de abundancia alta e intermedia. La comparación de la riqueza total (S) entre zonas se realizó con rarefacciones basadas en individuos y la estimación de intervalos de confianza al 95%. El análisis de rareza de especies consideró a los singletons, doubletons, especies únicas y duplicadas. Todos estos análisis se hicieron con el programa EstimateS V9.1 (Colwell 2013).

Partición de la diversidad

El análisis de partición de la diversidad de peces consideró un diseño espacial con tres niveles: i) Transectos (2 x 50 m), cinco por sitio; ii) Sitio, seis por zona; iii) zonas (cinco en el área de estudio) (Apéndice A, Cuadro A2). Por lo tanto, la diversidad total fue dada por los siguientes modelos:

a) Partición multiplicativa

$$(\gamma *) = \alpha_{transectos} * \beta_{transectos} * \beta_{sitios} * \beta_{zonas} \quad \text{Ecuación 1}$$

b) Partición aditiva

$$(\gamma +) = \alpha_{transectos} + \beta_{transectos} + \beta_{sitios} + \beta_{zonas} \quad \text{Ecuación 2}$$

donde $\gamma *$ y $\gamma +$ son la diversidad gama bajo un modelo multiplicativo y aditivo, respectivamente. En cambio, $\alpha_{transectos}$ es la riqueza alfa promedio (e.g. inventario) en el nivel de transectos, $\beta_{transectos}$, β_{sitios} , y β_{zonas} es la diversidad beta (e.g. recambio de especies) de los modelos multiplicativo y aditivo en las escalas de transectos, sitios y zonas.

Los componentes de la diversidad en cada escala fueron el número promedio de especies dentro de transectos ($\bar{\alpha}_1$) y sitios ($\bar{\alpha}_2$), y recambio de especies entre transectos (β_1), entre sitios (β_2) y entre zonas (β_3). Las riquezas totales por sitios (a_2) y zonas (a_3) fueron el resultado de la estrategia multiplicativa $\bar{\alpha} * \beta^* = \alpha_{+1}$ (Whittaker 1960) y aditiva $\bar{\alpha} + \beta^+ = \alpha_{+1}$ (Lande 1996) (Apéndice A, Cuadro A2). Las particiones de la diversidad γ se realizaron con 10,000 combinaciones aleatorias basadas en individuos y sin ponderación en el programa Partition v3 (Veech y Crist 2009).

Particiones de la diversidad beta

Para evaluar el patrón de recambio de especies al nivel de sitios y zonas se usó la estrategia de partición aditiva de Baselga (2010). Para ello se utilizó la familia de disimilitudes de Jaccard, cuyo resultado absoluto (β_{jac}) estuvo compuesto por un componente de recambio de especies (β_{ju}) y uno de anidación, entendido como la medida de disimilitud entre comunidades debido al efecto de patrones de anidación (β_{jne}). Esta exploración se realizó cuando la diversidad β fue proporcionalmente más alta que el valor de la diversidad de

inventario de la siguiente escala. Posteriormente, se identificaron las especies únicas en cada unidad de muestreo correspondiente a la escala a evaluar y se halló el porcentaje de especies únicas respecto a la diversidad total de la zona de muestreo.

Particiones canónicas

Se llevaron a cabo varios análisis para evaluar cuáles variables ambientales explicaron la variación de los diferentes componentes de la diversidad de peces al nivel de sitios y de zonas. Para esto, se construyeron dos matrices de variables predictivas: Una con variables representativas de la estructura del hábitat que correspondieron a las coberturas de algas carnosas (AC) algas calcáreas articuladas (ACA), algas calcáreas costrosas (ACC), esponjas (Esp), sustrato calcáreo (Sca), sustrato arenoso (Sar), escombros (Esc), hidrocorales (Hid) octocorales (Oct), céspedes algales (Turf) e índice de complejidad topográfica (ICT); La otra correspondió a los componentes bati-geoespaciales con variables de profundidad (Prof) y coordenadas geográficas en UTM (E y N). Posteriormente, se realizaron ordenamientos basados en análisis de redundancia canónica (RDA), asumiendo una relación lineal. El sesgo del *trace* fue corregido con la ecuación de Legendre y Legendre (2012): El *trace* corregido (R_{adj}^2) fue utilizado para analizar el ajuste global del modelo, el cual representa la variación de Y (α , β , β^* , $\alpha+1$) explicada por los ejes canónicos.

La partición canónica aditiva fue construida basado en los criterios de Leps y Smilauer (2003) en la escala de sitios y la estrategia de Legendre y Legendre (2012) a escala de zonas, donde el porcentaje de la variación explicada de cada componente de la biodiversidad fue estimado con base en el *trace* corregido (R_{adj}^2), empleando las siguientes fracciones: [a] es la variación pura bentónica; [c] es la variación pura bati-geoespacial; [b] es la composición bentónica estructurada por la profundidad y disposición espacial; [d] es la variación residual no explicada. Para reducir la multi-colinealidad entre las variables predictivas se eliminaron aquellas variables con correlaciones de Pearson > 0.9 . De manera similar, las variables con factor de inflación de la varianza (VIF) > 10 fueron también eliminadas. Los modelos fueron elegidos por criterios de significancia estadística (p -valor ≤ 0.05), el más parsimonioso y con el mejor ajuste R_{adj}^2 .

5.4. Resultados

La rarefacción basada en muestras evidenció que la riqueza de especies registrada en el área de estudio representó en promedio un 77.4% de la riqueza potencialmente esperada (Apéndice B, Figura B1). Al nivel de zonas, la representatividad promedio de la riqueza fue del 82.1% en Alejandro Reef (AR), 87.2%, en Bacalar Chico (BC), 59.2% en Hobná (Ho), 65.7% en Poza Rica (PR) y 64.9% en Río Huach (RH) (Apéndice B, Figura B2). El comportamiento asintótico de las curvas de acumulación de la función exponencial de la diversidad de Shannon (H') y recíproco de Simpson ($1/D$) representó un registro adecuado de las especies con abundancia media y alta en todos los niveles espaciales (Apéndice B, Figura B3 y B4).

En toda el área de estudiada del PNAX se registraron 86 especies de peces en el PNAX, pertenecientes a 45 géneros y 25 familias (Apéndice B, Cuadro B1). De éstas, 56 especies se encontraron en PR, 53 en AR, 50 en Ho, 45 en BC y 25 en RH. Las rarefacciones basadas en individuos entre zonas, mostraron que la mayoría de zonas tuvieron riqueza especies semejantes pero con diferente abundancia total de individuos, a excepción de RH que fue la única zona que tuvo la menor riqueza y abundancia con respecto a las demás zonas (Apéndice B, Figura B5).

Partición de la diversidad de peces

Al nivel de sitios (diversidad α_2), los resultados de las particiones aditivas y multiplicativas mostraron un patrón similar, ya que sólo la mayoría de los componentes de diversidad β_1 mostraron diferencias significativas con lo estimado por el azar (Figura 2 y 3). Lo anterior sugiere que, estos componentes de diferenciación de especies son reales y no son un resultado estocástico. Sin embargo, algunos valores de diversidad β_1 no fueron significativos en al menos uno de los sitios de las zonas BC, AR, RH. En la partición aditiva se observó que los valores de la diversidad β_1 en la mayoría de los sitios fueron más altos que la diversidad α_1 .

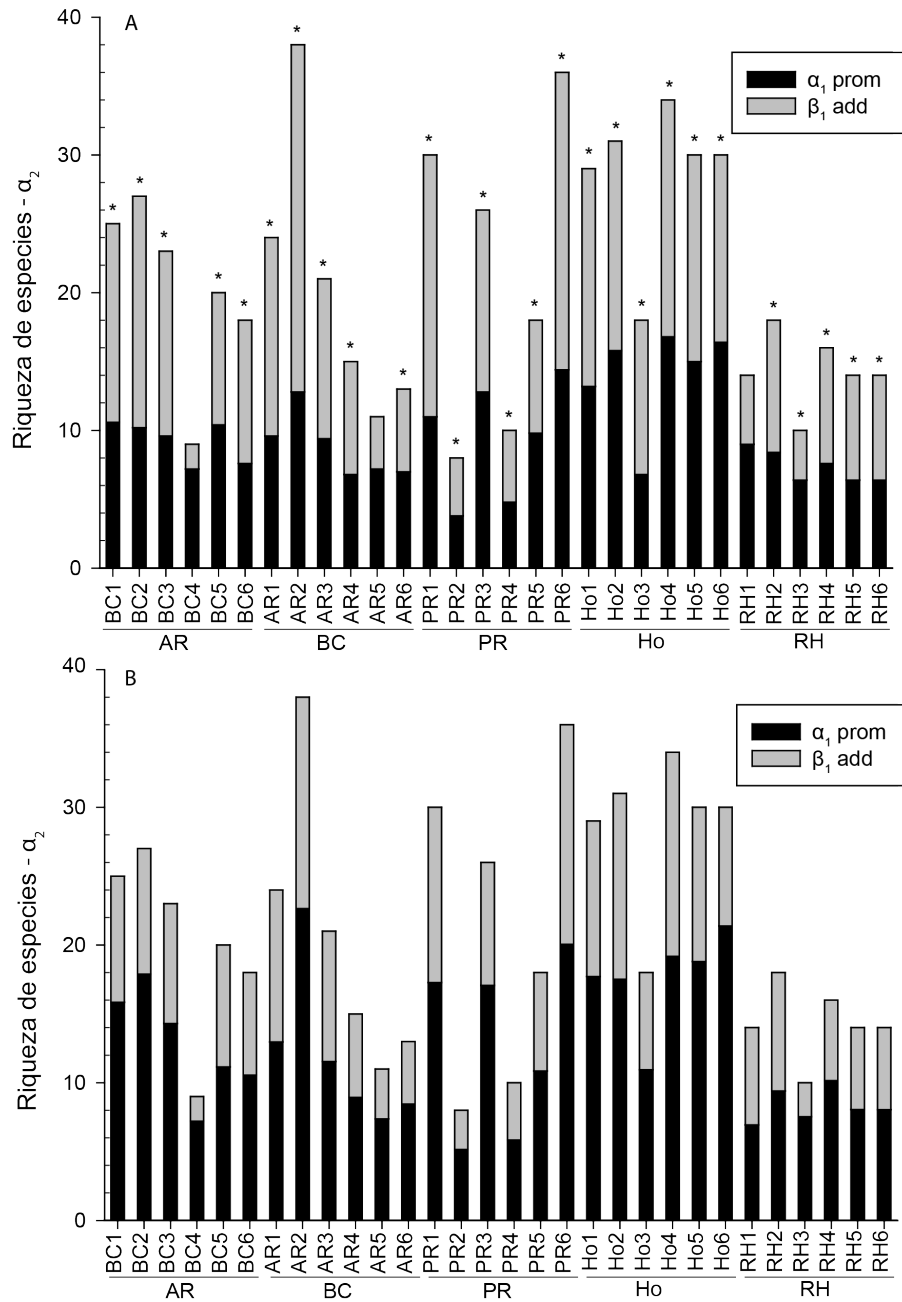


Figura 2. Partición aditiva de la diversidad de peces por sitio de muestreo en cada zona estudiada del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak. Se muestran los resultados de los modelos observados (A) *versus* los estimados por modelos nulos (B). Los asteriscos (*) representan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) de la diversidad β . La diversidad- α_1 no mostró diferencias significativas entre lo observado y estimado por el azar. Los códigos de las zonas corresponden a los descritos en la Figura 1.

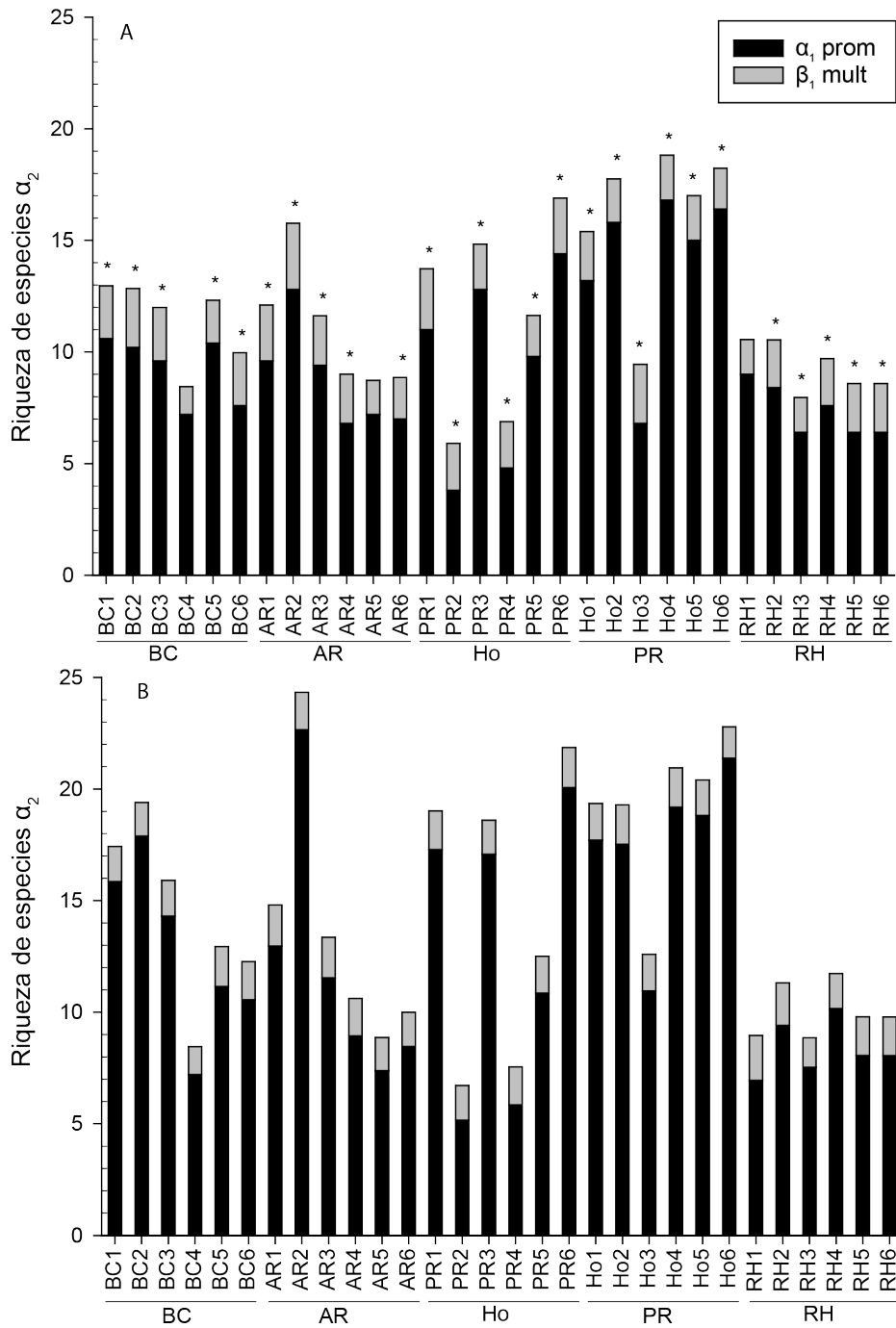


Figura 3. Partición multiplicativa de la diversidad de peces por sitio de muestreo en cada zona estudiada del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Q. Roo, México. Se muestran los resultados de los modelos observados (A) *versus* los estimados por modelos nulos (B). Los asteriscos (*) representan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) de la diversidad β_1 . La diversidad- α_1 no mostró diferencias significativas entre lo observado y estimado por el azar. Los códigos de las zonas corresponden a los descritos en la Figura 1.

Al nivel de zonas (diversidad α_3), las particiones aditivas y multiplicativas evidenciaron que sólo el componente de diversidad β_2 fue significativamente distinto a lo encontrado en los modelos nulos, a excepción de RH donde la diversidad β_1 y β_2 no mostraron diferencias estadísticas (Figura 4A-D). Dentro de las zonas, la diferenciación de especies fue más alta e importante entre sitios. En cambio, al considerar toda el área de estudio (diversidad- γ), los modelos globales de partición aditiva y multiplicativa mostraron que todos los componentes de diferenciación de especies (e.g. diversidad β_1 , β_2 y β_3) fueron estadísticamente diferentes a lo encontrado por el azar. En estos modelos globales, la diversidad β_3 es la que más contribuye al mantenimiento de la diversidad γ de Xcalak, con un recambio de ~40 especies entre las cinco zonas (Figura 5).

La partición de la diversidad β observada de cada sitio y zona evidenció que el componente del reemplazo de especies fue mayor que el anidamiento (Figura 6A y 6-B; Apéndice C, Cuadro C1 y C2). Al nivel de sitios por zona, el número de especies únicas que más favorecen la diversidad beta fue diferente; las especies únicas en AR fueron 27, 18 en BC, 24 en PR, 9 en Ho y 6 en RH. Las especies únicas más importantes a nivel de sitios fueron: *Bodianus rufus*, *Carangoides bartholomaei*, *Caranx ruber*, *Kyphosus sectatrix*, *Sparisoma chrysopterum*, *Cephalopholis cruentata* y *Balistes vetula* (Apéndice C, Cuadro C1 y C2). Entre zonas se identificaron 34 especies únicas, repartidas de la siguiente forma: BC con 4, AR con 11, PR con 6, Ho con 12 y RH con 1 (Apéndice C, Cuadro C3).

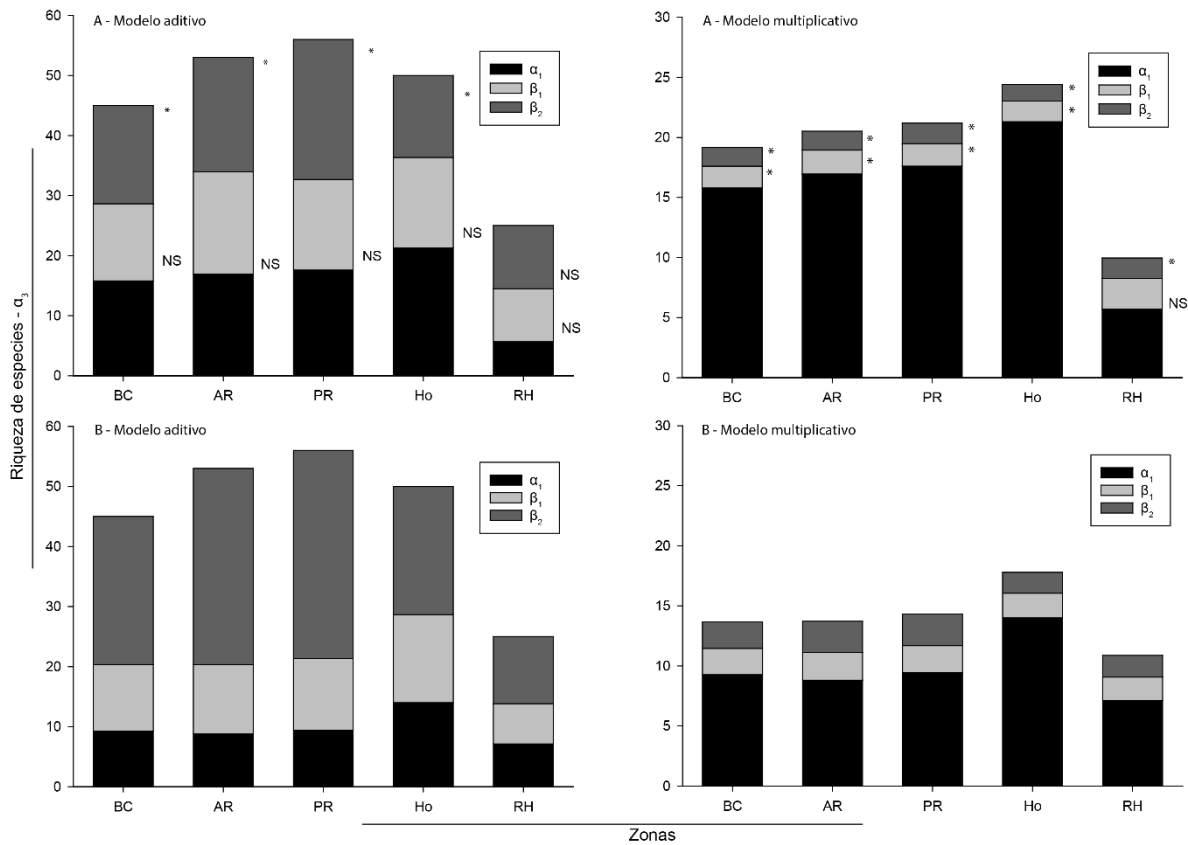


Figura 4. Partición aditiva y multiplicativa de la diversidad de peces por zona estudiada en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Q. Roo, México. Se muestran los modelos aditivos observados (A) y nulos (B). Los asteriscos (*) representan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) de la diversidad β_1 y β_2 , mientras que NS significa que no existieron diferencias significativas. La diversidad α_1 no mostró diferencias significativas entre lo observado y estimado por el azar. Los códigos de las zonas corresponden a los descritos en la Figura 1.

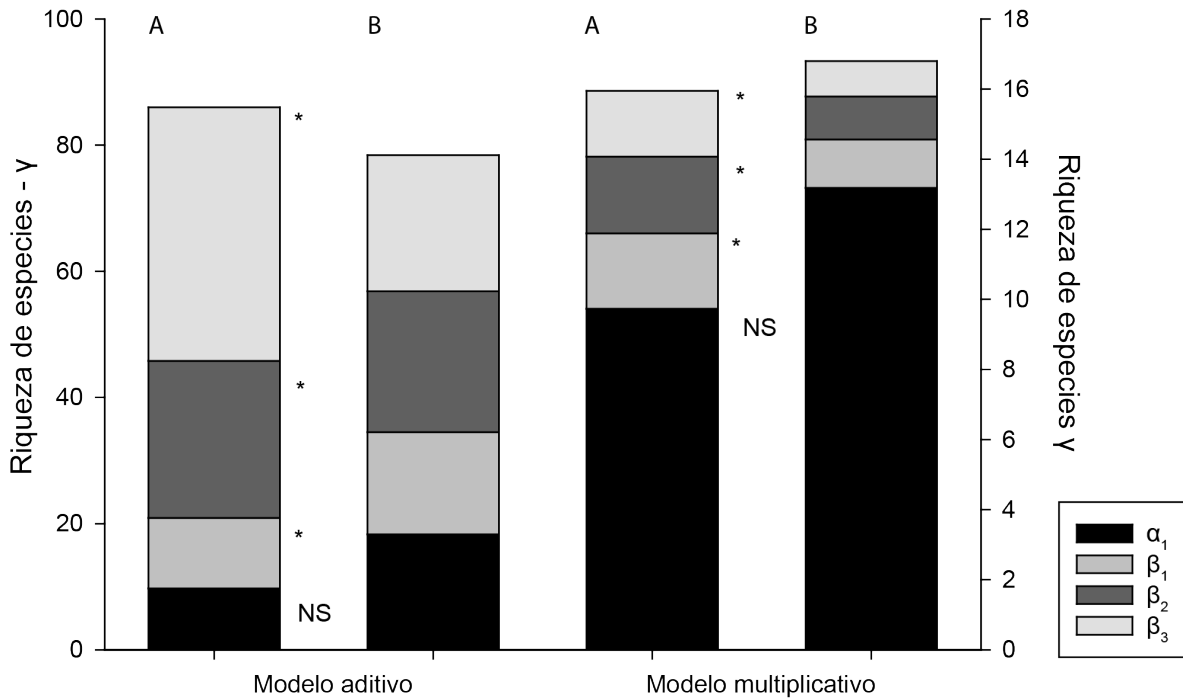


Figura 5. Partición aditiva y multiplicativa de la diversidad de peces para toda el área de estudio en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Q. Roo, México. Se muestran las particiones con los datos observados (A) con sus respectivos modelos nulos (B). Los asteriscos (*) representan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) de la diversidad β_1 , β_2 y β_3 , mientras que NS significa que no existieron diferencias significativas. La diversidad- α_1 no mostró diferencias significativas entre lo observado y estimado por el azar.

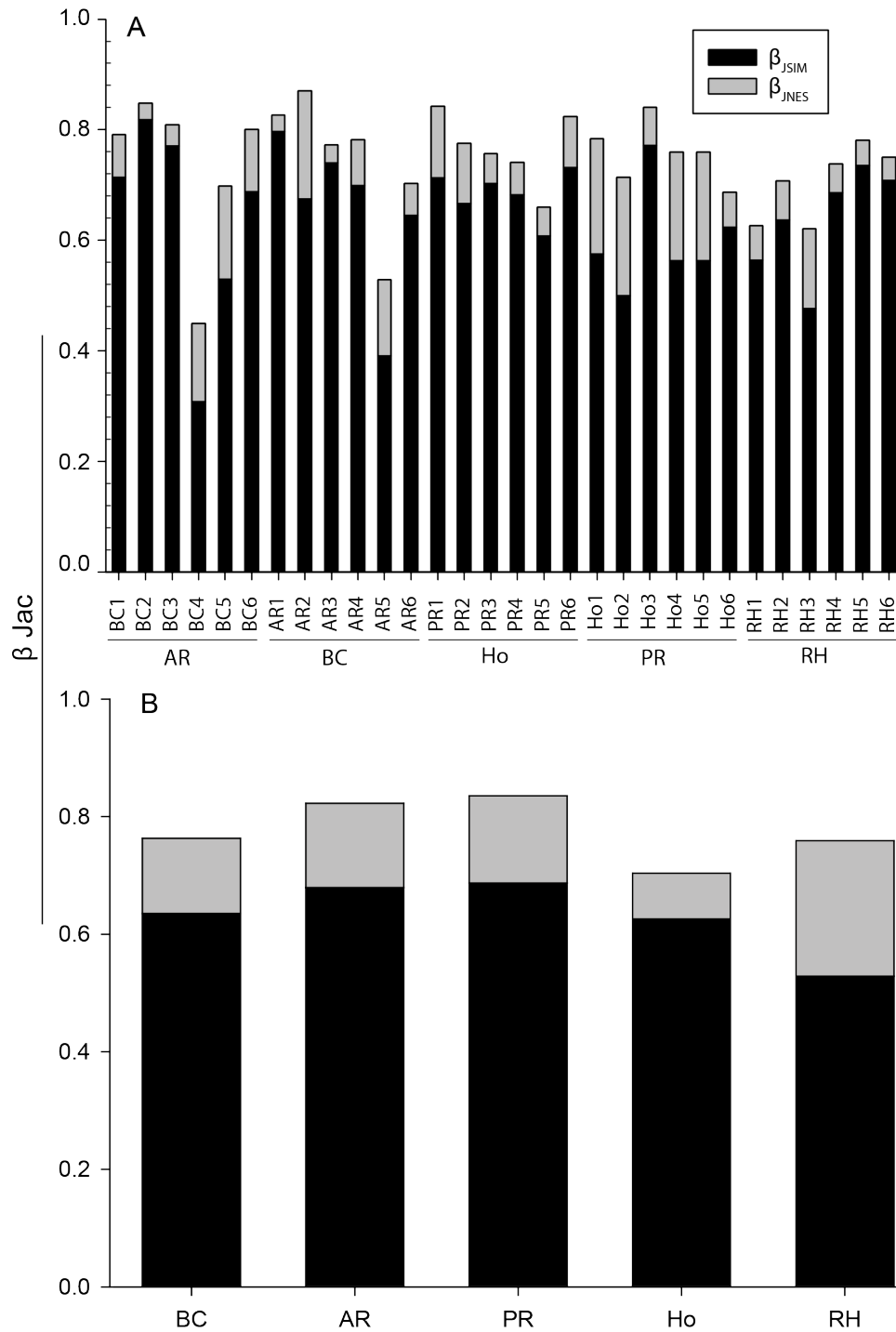


Figura 6. Partición de la diversidad β con basado en disimilitudes de Jaccard al nivel de Sitios (A) y Zonas (B) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Q. Roo, México. Los códigos de las zonas corresponden a los descritos en la Figura 1, mientras que β_{JSIM} es el componente de reemplazo de especies y β_{JNES} es el componente de anidación.

Partición aditiva canónica

Los resultados de las particiones aditivas canónicas mostraron que, a nivel de sitios, todos los componentes lograron ser explicados por al menos una variable ambiental (Cuadro 1). El patrón de variación de los componentes de la diversidad ($\bar{\alpha}_1$, β_1^* , β_1^+ , y α_2) y el cambio de la composición de especies (Esp. Comp.) fue explicado mayormente por la profundidad. Otras variables que también explican la variación de los componentes de diversidad fueron céspedes algales (Turf), algas calcáreas articuladas (ACA), sustrato arenoso (SuAr) y sustrato calcáreo (SuCa). Sin embargo, ninguna de estas variables fue significativa por sí mismas (Apéndice D, Cuadro D1). En la escala de sitios, los resultados de las regresiones lineales múltiples basados en un RDA, evidenciaron que la diversidad α y β fue explicada mayormente por un componente ambiental estructurado espacialmente. De manera particular, la diversidad $\bar{\alpha}_1$ fue explicada por la fracción [c] con un 17.0%. Por su parte, la diversidad β_1^* fue explicada por la fracción [b] con un 38.0%. En cambio, la diversidad β_1^+ tuvo una explicación por cada fracción [a], [b] y [c] con el 10.0%, 18.0% y el 2.0%, respectivamente. En cambio, la diversidad α_2 fue explicada también por cada fracción con un porcentaje del 7.5% para [a], 20.0 % para [b] y 0.09% para [c]. Finalmente, la composición de especies fue explicada principalmente por el componente ambiental, ya que las fracciones [a], [b] y [c] tuvieron 11.9%, 0.06% y 0.05% de explicación, respectivamente (Cuadro 1).

Al nivel de zonas, los componentes α_2 y β_2^* fueron los únicos en ser explicados (Cuadro 1). Para el primero, solo la fracción [a] aportó en la explicación con el 51.0% de ajuste. Para α_2 la variación del primer componente estuvo explicado por la variación puramente bentónica [a]. En contraste, la β_2^* fue explicada por la variación puramente bati-geoespacial [c] *profundidad* (Apéndice D, Cuadro D2). Por cada componente de diversidad, en la escala de sitios, la variación total explicada por la interacción de grupos de variables [b] fue de 20.0% hasta 38.0% y en la escala de zonas, de 0% hasta 47%.

Cuadro 1. Partición aditiva canónica de la variación de los componentes de la diversidad a escala de **sitios** y zonas. Códigos: $\bar{\alpha}_1$ es la riqueza promedio por transecto, β_1^{*+} es la diversidad beta entre transectos del modelo multiplicativo y aditivo, α_2 y α_3 es la riqueza por sitios y zonas respectivamente y Esp. Comp. es la composición de especies. Cada componente de las particiones representa: [a] variables bentónicas, [b] la intersección de la fracción [a] y [c], [c] variables bati-geoespaciales. El Código NS significa que el modelo no fue significativo estadísticamente ($p > 0.05$).

	[a]	[b]	[c]	[d]	[a+b+c]	[a+b]	[b+c]
Sitios							
$\bar{\alpha}_1$	0.00	0.00	0.17	0.83	$R_{adj}^2 = 0.17$ NS V. Bati-geo: Prof	$R_{adj}^2 = 0.00$ NS	$R_{adj}^2 = 0.17$ p = 0.017
β_1^*	0.00	0.38	0.00	0.62	$R_{adj}^2 = 0.38$ p = 0.011 V. Bent.: Turf, ACA, Past, SuAr, Esc, SuCa	0.00 NS	0.00 NS V. Bati-geo: N
β_1^+	0.1	0.18	0.02	0.7	$R_{adj}^2 = 0.30$ p = 0.0483 V. Bent.: Oct, Turf, ACC, ACA, SuAr, SuCa	$R_{adj}^2 = 0.28$ p = 0.008	$R_{adj}^2 = 0.20$ p = 0.031 V. Bati-geo: Prof, N, E
α_2	0.075	0.2	0.009	0.716	$R_{adj}^2 = 0.28$ NS V. Bent.: Oct, Turf, ACC, ACA, SuAr, SuCa	$R_{adj}^2 = 0.28$ p = 0.028	$R_{adj}^2 = 0.21$ p = 0.028 V. Bati-geo: Prof, N, E
Esp. Comp.	0.119	0.006	0.048	0.827	$R_{adj}^2 = 0.125$ p = 0.008 V. Bent.: ACA, Esp, Hid, CH, Past, ICT, Esc, SuCa	$R_{adj}^2 = 0.054$ p = 0.035	$R_{adj}^2 = 0.017$ p = 0.001 V. Bati-geo: Prof, N, E
Zonas							
$\bar{\alpha}_2$	0.51	0	0	0.49	$R_{adj}^2 = 0.51$ NS	$R_{adj}^2 = 0.51$ p = 0.0184 V. Bent.: Esp, Turf, ACC	$R_{adj}^2 = 0.00$ NS
β_2^*	0.512	0.512	0.981	0.019	$R_{adj}^2 = 0.981$ p = 0.0098	0.000 NS	$R_{adj}^2 = 0.469$ p = 0.0421 V. Bent.: CH, ICT V. Bati-geo.: Prof
β_2^+	-	-	-	-	0 NS	0 NS	0 NS

Cuadro 1 (Continuación). Partición aditiva canónica de la variación de los componentes de la diversidad a escala de **sitios** y zonas. Códigos: $\bar{\alpha}_1$ es la riqueza promedio por transecto, β_1^{*+} es la diversidad beta entre transectos del modelo multiplicativo y aditivo, α_2 y α_3 es la riqueza por sitios y zonas respectivamente y Esp. Comp. es la composición de especies. Cada componente de las particiones representa: [a] variables bentónicas, [b] la intersección de la fracción [a] y [c], [c] variables bati-geoespaciales. El Código NS significa que el modelo no fue significativo estadísticamente ($p > 0.05$).

	[a]	[b]	[c]	[d]	[a+b+c]	[a+b]	[b+c]
Zonas							
α_3	-	-	-	-	0	0	0
					NS	NS	NS
Esp.							
Comp.	-	-	-	-	0	0	0
					NS	NS	NS

Notas: Los componentes de la diversidad fueron representados por los vectores Y (riquezas promedio, betas aditivas y multiplicativas, alfa total y composición). Las variables explicativas divididas en variables bentónicas (V. Bent.) y variables bati-geoespaciales (V. Bati-geo), estuvieron incluidas como las matrices X y W, donde las coberturas: ACA., son algas calcáreas articuladas, ACC., son algas calcáreas coralinas, Esp., son esponjas, Oct., son octocorales, Past., son pastos marinos, SuAr., son sustratos arenosos, SuCa., sustratos calcáreos, Turf son céspedes algales; y Prof. es profundidad (en metros); N y E son las coordenadas Norte y Este en UTM. En negritas están las variables con efectos marginales significativos. La fracción de variación total explicada fue representada como $[a+b+c] = Y$ vs. X y W; $[a+b] = Y$ vs. X; $[b+c] = Y$ vs. W; $[a]$ = la variación de Y estructurada puramente por el bentos; $[b]$ = la variación bentónica estructurada bati-geoespacialmente; $[c]$ = variación puramente bati-geoespacial; y $[d]$ = la variación residual. Números en negrita corresponde a significancia estadística $p \leq 0.05$.

5.5. Discusión

Partición de gamma (γ)

Tanto la partición aditiva como la multiplicativa de la riqueza peces mostraron que la diversidad β de las especies es la más importante en las escalas de sitios y zonas. Sin embargo, el mismo componente (β) fue más importante en la escala de zonas. Este patrón, coincide con lo encontrado por Rodríguez-Zaragoza y Arias-González (2008) en el Caribe mexicano, así como con Rodríguez-Zaragoza et al. (2011) en el Pacífico mexicano. Estos autores determinaron que las principales variaciones por recambio de especies se mostraron en los niveles donde la diversidad beta (e.g. diversidad de diferenciación) entre sitios y zonas fue la más importante. En el presente estudio se encontró que el recambio de especies entre transectos (β_1) fue el principal factor que contribuyó a la riqueza total de especies en cada sitio (α_2), lo cual demuestra que el recambio de especies a esta escala no se ve afectado por el diseño, el esfuerzo de muestreo realizado ni tampoco debido al azar. Destaca también que, β_2 contribuyó en mayor medida a la riqueza de una misma zona (α_3). Para entender este patrón es necesario hacer dos consideraciones. La primera de ellas explica la distribución de la riqueza y composición de especies con base en las reglas del ensamblaje, donde las interacciones biológicas son más importantes (e.g. depredación y competencia) (Carr et al. 2002) y favorecen agregaciones intra e inter específicas que pueden ser registradas en las muestras (censos visuales). Esto limita la distribución, aparición y prevalencia de la población de alguna especie. La segunda es generada por las limitaciones físicas del hábitat (e.g. profundidad) (McCormick 1994) y por la distribución de los recursos (e.g. alimento y refugio) (Crist et al. 2003), lo que produce una restricción en la distribución de las especies dentro del ecosistema. Este patrón de diversidad es similar a lo reportado por estudios realizados en otro tipo de hábitats (Acosta-González et al., 2013; Belmaker et al., 2008) y en otros taxa (Arias-González et al. 2008; Diekötter et al. 2008; Zamora-Marin et al. 2016; Hernández-Zulueta et al. 2017). En este trabajo, es posible que las características bentónicas, exposición al oleaje y profundidad de Xcalak confieren las características de composición y coberturas de los bentos arrecifales, que finalmente producen la heterogeneidad de hábitats que existen dentro de cada zona (o entre sitios) a lo largo del gradiente arrecifal (Galván-Villa et al. 2010; Acosta-González et al. 2013b). Esto definitivamente afecta la diversidad α y β de peces de arrecifes.

En este estudio se considera que la composición de especies de peces de arrecife en Xcalak depende en gran medida del conjunto de hábitats abarcados por la escala espacial de zonas, en el cual el recambio de especies fue más importante en comparación con lo estimado entre sitios dentro de cada zona. Sin embargo, la cantidad de microhábitats que soportan la diversidad α y β en la escala de sitios no estuvo asociada ni al índice de complejidad topográfica (ICT) ni a la cobertura de corales duros. Por el contrario, la composición de especies se asoció a los corales duros sólo cuando covarían con las algas calcáreas articuladas. Basados en estas observaciones y al considerar los criterios de Alvarez-Filip et al. (2009) y Graham y Nash (2012), se puede pensar que el arrecife de Xcalak podría estar en un estado avanzado de aplanamiento de arrecife. Los estudios de Ruiz-Zárate et al. (1998) y Arias-González et al. (2008) demuestran que la composición y riqueza íctica son explicadas por una complejidad topográfica alta asociada directamente con la cobertura de corales hermatípicos. Sin embargo, esto no sucede con el ensamblaje de peces de Xcalak y su relación con la cobertura de corales hermatípicos y complejidad topográfica.

En la escala de zonas, el conjunto de elementos ambientales (bentónicos y bati-geoespaciales) se relacionan con la variación de la diversidad del ensamblaje de peces. Se cree que estos elementos ambientales incrementan el número de nichos ecológicos, y consecuentemente, contribuyen a incrementar la riqueza y rareza de especies (Rodríguez-Zaragoza et al. 2011), y que también contribuyen al mantenimiento de la diversidad beta, principalmente en forma de reemplazo de especies raras, y en menor grado a la anidación (pérdida o ganancia) de especies en cada escala estudiada.

Partición de β

En este estudio se evidenció que la rareza de especies tiene una influencia alta en la riqueza total de las escalas de sitios (α_2) y zonas (α_3), así como de la riqueza global de Xcalak. Esta rareza de especies únicas contribuyó al componente de reemplazo (β_{1jtu} y β_{2jtu}) (e.g. *Malacoctenus triangulatus* en AR, *Pterois volitans* en Ho, *Aetobatus narinari* en BC). Las especies con abundancia baja ejercen un papel importante en el ensamblaje de peces (Mouillot et al. 2013), ya que indican la existencia de nichos que pueden ser ocupados sólo por especies particulares. Las especies únicas de este estudio conformaron entre el 18% y

51% de la riqueza de especies en cada zona. Mientras que de manera global, el 90% de las especies que componen al ensamblaje de peces de Xcalak, estarían catalogadas como raras o de abundancia baja (e.g. singletons, registrados en sólo un transecto). No obstante, las riquezas de cada zona varían desde 25 hasta 56 especies, mientras que al hacer las comparaciones entre zonas, se acumulan 34 (40%) especies. La riqueza incrementa rápidamente en las escalas locales (e.g. sitios), debido a la variación alta de la composición de especies, a los patrones de ocupación entre sitios y como resultado de la heterogeneidad del hábitat (Ogdenl y Ebersole 1981; Sale et al. 1994). Por lo tanto, la diversidad β será más alta entre los ensamblajes de peces analizados a escalas más grandes, en este caso la escala entre zonas. Esto se explica porque el componente de recambio de especies es alto entre sitios y entre transectos, lo que favorece que existan especies de peces no compartidas, o bien que sean exclusivas de un sitio particular dentro de cada zona. Este resultado concuerda con lo reportado por Barton et al. (2013), quienes muestran que la diversidad β es menor entre las unidades de muestreo, pero esta tiende a aumentar conforme la escala aumenta. No obstante, en escalas espaciales mayores, el incremento de la riqueza es menor, ya que menos especies pueden ser acumuladas para el reservorio global de especies del área bajo estudio. Sin embargo, esas pocas especies que se van acumulando son especies raras que favorecen el incremento de la diversidad β .

Los resultados de este trabajo evidenciaron que el reemplazo de especies fue mayor que el anidamiento en Xcalak. Esto soporta la hipótesis planteada en el presente estudio, la cual propone que diferencias entre microhábitats a cada escala espacial producirían diferencias en el ensamblaje de peces a lo largo del arrecife. Esta hipótesis se comprobó al observar que el componente de reemplazo de especies fue mayor que el de anidamiento, tanto en la escala de sitios como en el de zonas. Además, coincide con lo encontrado por Soininen et al. (2017), quienes evidenciaron que la diversidad beta tendrá una variación predecible, dada por la heterogeneidad ambiental y mayor conectividad en ambientes marinos. En Xcalak, el gradiente arrecifal es de sólo ~30 km (0.27° de latitud), con menor escala espacial que estos autores. Sin embargo, la heterogeneidad del hábitat fue lo suficientemente importante para generar el patrón de recambio de especies de peces diferenciados por su nicho ecológico.

Muchas de las especies ícticas de Xcalak son residentes (e.g. carángidos, balístidos, miliobátidos, entre otros) y otras son transitorias (e.g. *Scomberomorus maculatus*) dentro del arrecife. Estos hábitos de desplazamiento activo permiten a las especies cubrir una amplia área de distribución y reducir el reemplazo de las especies entre sitios o entre zonas. Sin embargo, su distribución está limitada desde los estadíos larvarios (e.g. pomacéntridos, lábridos, acantúridos) y su dispersión esta en función de la disponibilidad de alimento y refugio. Sin embargo, también existió diferencias de especies por anidación, por ejemplo, RH es la zona con menor cantidad de especies, de las cuales *Haemulon melanurum* es la única especie rara propia de esta zona. En este sentido, RH es en esencia un subconjunto de cualquier otra zona perteneciente a Xcalak. Paradójicamente, RH posee el valor más alto de complejidad topográfica y uno de los intervalos más amplios de profundidad. Su pérdida de especies puede ser explicada por variables que no se consideraron en este estudio, como la proximidad a un complejo hotelero, su facilidad de acceso al costado barlovento por medio de un canal que atraviesa el arrecife que facilita la pesca artesanal. En general, en Xcalak, el anidamiento fue menor que el reemplazo de especies. Esto estaría más relacionado a múltiples factores como, posiblemente, la frecuencia de eventos de dispersión, pérdida de nichos por heterogeneidad ambiental e interacciones bióticas.

Según Mouquet y Loreau (2003), la coexistencia de las comunidades biológicas al nivel de zonas es obtenida a través de la compensación por competitividad local, y como consecuencia, los ensamblajes son distintos localmente entre sitios, pero más similares entre zonas. Sin embargo, esta premisa no se observó en este estudio. Esto es porque principalmente el complejo de hábitats dentro de cada zona es similar entre sitios, pero a su vez, las características ambientales de cada zona son distintas entre sí. En este trabajo, la diversidad β_3 (entre zonas) fue más importante que β_2 (entre sitios). Esto sugiere que los eventos de colonización y exclusión podrán ser más importantes a esta escala.

Partición canónica de la variación en los componentes de la diversidad

Los resultados de las particiones aditivas canónicas mostraron que los valores de diversidad α β y la matriz de composición de especies ícticas estuvieron significativamente relacionadas con la profundidad (fracción [c]) en las escalas de sitios y zonas, junto con los componentes de asociaciones algales (e.g. turf, algas calcáreas costrosas y calcáreas

articuladas) (fracción [a]). Esta observación es consistente con lo encontrado por Nuñez-Lara et al. (2005 y 2016), quienes reportaron que la variación en riqueza y composición de peces estuvieron mejor explicadas por la variación bati-geoespacial. Asimismo, los resultados de este trabajo corresponden con lo encontrado por Bouchon-Navaro et al. (2005), quienes reportaron que la profundidad, seguida de diferentes clases de substrato (vivos: turf, coral hermatípico, etc. y no vivo: sustrato calcáreo y escombros) fueron las principales variables que afecta el cambio de la composición y diversidad de peces. Por su parte, la profundidad limita la distribución de peces debido a la disponibilidad de refugio (Arias-González et al. 2008; Hernández-Landa et al. 2015), ya que la relación de complejidad topográfica y profundidad está determinada por la cobertura de corales hermatípicos. La profundidad fue importante únicamente para explicar la composición de especies de peces a escala de sitios, mientras que a escala de zonas sólo fue importante para explicar la diversidad β_2^* .

Este trabajo evidenció que los subconjuntos de variables ambientales, representativas de la estructura del hábitat y bati-geoespaciales, explican una variación importante de la riqueza, diversidad y composición de peces, los cuales cambiaron entre escalas espaciales. Este patrón lo evidenció también Arias-González et al. (2008), quienes encontraron que la riqueza de especies (α_3) entre zonas fue explicada por distintas variables, dependiendo de la escala analizada. Estos autores mostraron que la variación en las composiciones (β) de sus dos escalas fueron explicadas por distintas variables entre escalas, como la geomorfología, pero al igual que en este estudio, la profundidad fue común en los modelos de ambas escalas. Sin embargo, en los resultados de este trabajo el coral hermatípico y el ICT sólo fueron importantes en la escala de zonas, cuando covariaron con la profundidad en el modelo multiplicativo. Sin embargo, las diversidades β_2^+ y α_3 no fueron explicados en la escala de zonas. Por lo que se presume que el modelo multiplicativo de β_2 fue más sensible que el aditivo en este estudio, ya que el número de muestras no está limitando los resultados.

En este estudio, el estrés e impacto humano no fue contemplado pero es una variable importante debido a la intrínseca relación entre degradación de hábitats y densidad poblacional (Arias-González et al. 2008; Birkeland 2015). Aunque Xcalak no tiene una densidad poblacional humana importante, si ha tenido un desarrollo turístico que genera

demanda de recursos, principalmente de proteína de origen marino. Por tanto, se debe evaluar la posibilidad de que la diversidad β sea el resultado de procesos biológicos, ecológicos y de aquellos de origen humano como es la pesca y el aporte de nutrientes, entre otros (Arias-González et al. 2008). Xcalak está aún lejos de la mayor influencia por desarrollo humano que está en el norte de la península en la Riviera Maya (Bozec et al. 2008). Sin embargo, aunque ésta es un área marina protegida si presenta una influencia considerable de desarrollo de complejos urbanos y turísticos locales.

5.6. Conclusiones

Los componentes de la diversidad γ de peces en Xcalak respondieron a la variación de estructura del hábitat, profundidad y a la disposición espacial del arrecife. La diversidad regional del PNAX está sustentada en el recambio de las especies, la cual a su vez está determinada por el componente de reemplazo de especies. Esto indica que Xcalak es bastante heterogéneo en las características ambientales evaluadas a lo largo de un gradiente costero de ~30 km. De las estrategias empleadas, la partición multiplicativa de la diversidad γ fue la más adecuada debido a su sensibilidad frente a pocos datos, como se pudo observar en los análisis a escala de zonas.

En general, la covariación de variables de la estructura del hábitat con las variables batimétricas, explicó de mejor manera la variación de la diversidad α y β . Complementario a esto, la riqueza y el recambio de peces fueron mejor explicados en la escala de sitios, donde los modelos tuvieron un mayor ajuste. Por su parte, la composición de las especies en cada sitio fue mejor explicada por la profundidad y las algas calcáreas articuladas.

Es importante mencionar que algunas variables que han sido históricamente importantes para mantener y promover la riqueza y diversidad de especies de peces, como el ICT y la cobertura de coral, fueron reemplazadas por la profundidad y algunos sustratos algales. Lo cual puede estar reflejando el estado actual de aplanamiento del arrecife de Xcalak.

6. Literatura Citada

Acosta-González G, Rodríguez-Zaragoza FA, Hernández-Landa RC, Arias-González JE

- (2013a) Additive Diversity Partitioning of Fish in a Caribbean Coral Reef Undergoing Shift Transition. *PLoS One*. doi: 10.1371/journal.pone.0065665
- Acosta-González G, Rodríguez-Zaragoza FA, Hernández-Landa RC, Arias-González JE (2013b) Additive Diversity Partitioning of Fish in a Caribbean Coral Reef Undergoing Shift Transition. *PLoS One*. doi: 10.1371/journal.pone.0065665
- Adam TC, Burkepille DE, Ruttenberg BI, Paddock MJ (2015) Herbivory and the resilience of Caribbean coral reefs: Knowledge gaps and implications for management. *Mar Ecol Prog Ser* 520:1–20. doi: 10.3354/meps11170
- Alevizon W, Richardson R, Pitts P, Serviss G (1985) Coral Zonation and Patterns of Community Structure in Bahamian Reef Fishes. *Bull Mar Sci* 36:304–318.
- Allgeier JE, Yeager LA, Layman CA (2013) Consumers regulate nutrient limitation regimes and primary production in seagrass ecosystems. *Ecology* 94:521–529. doi: 10.1890/12-1122.1
- Alvarez-Filip L, Alvarez-Filip L, Dulvy NK, et al (2009) Flattening of Caribbean coral reefs: region-wide declines in architectural complexity. *Proc Biol Sci* 276:3019–25. doi: 10.1098/rspb.2009.0339
- Alvarez-Filip L, Paddock MJ, Collen B, et al (2015) Simplification of Caribbean reef-fish assemblages over decades of coral reef degradation. *PLoS One*. doi: 10.1371/journal.pone.0126004
- Arias-González JE, Done TJ, Page C a, et al (2006) Towards a reefscape ecology: relating biomass and trophic structure of fish assemblages to habitat at Davies Reef, Australia. *Mar Ecol Prog Ser* 320:20–41. doi: 10.3354/meps320029
- Arias-González JE, Fung T, Seymour RM, et al (2017) A coral-algal phase shift in Mesoamerica not driven by changes in herbivorous fish abundance. *PLoS One* 12:1–17. doi: 10.1371/journal.pone.0174855
- Arias-González JE, Legendre P, Rodríguez-Zaragoza FA (2008) Scaling up beta diversity on Caribbean coral reefs. *J Exp Mar Bio Ecol* 366:28–36. doi: 10.1016/j.jembe.2008.07.035
- Arias-González JE, Núñez-Lara E, Rodríguez-Zaragoza FA, Legendre P (2011) Conservation of Caribbean coral reef biodiversity Indicadores del paisaje arrecifal para la conservación de la biodiversidad de los arrecifes de coral del Caribe. *Ciencias Mar*

- 37:87–96. doi: 10.4090/juee.2008.v2n2.033040
- Arroyo-Rodríguez V, Rös M, Escobar F, et al (2013) Plant β -diversity in fragmented rain forests: Testing floristic homogenization and differentiation hypotheses. *J Ecol* 101:1449–1458. doi: 10.1111/1365-2745.12153
- Ault TR, Johnson CR (1998a) Spatial variation in fish species richness on coral reefs: habitat fragmentation and stochastic structuring processes. *Oikos* 82:354–364. doi: 10.2307/3546976
- Ault TR, Johnson CR (1998b) Spatial Variation in Fish Species Richness on Coral Reefs: Habitat Fragmentation and Stochastic Structuring Processes. *Oikos* 82:354–364. doi: 10.2307/3546976
- Barton PS, Cunningham SA, Manning AD, et al (2013) The spatial scaling of beta diversity. *Glob Ecol Biogeogr* 22:639–647. doi: 10.1111/geb.12031
- Baselga A (2010) Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Glob Ecol Biogeogr* 19:134–143. doi: 10.1111/j.1466-8238.2009.00490.x
- Baselga A (2012) The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. *Glob Ecol Biogeogr* 21:1223–1232. doi: 10.1111/j.1466-8238.2011.00756.x
- Bellwood DR, Hughes TP, Folke C, Nyström M (2004) Confronting the coral reef crisis. *Nature* 429:827–833. doi: 10.1038/nature02691
- Belmaker J, Ziv Y, Shashar N, Connolly SR (2008) Regional variation in the hierarchical partitioning of alpha and beta diversity in coral-dwelling fishes. *Ecology* 89:2829–2840. doi: 10.1890/07-1464.1
- Beukers JS, Jones GP (1997) Habitat complexity modifies the impact of piscivores on a coral reef fish population. *Oecologia* 114:50–59. doi: 10.1007/s004420050419
- Birkeland C (2015) Coral reefs in the anthropocene.
- Bouchon-Navaro Y, Bouchon C, Louis M, Legendre P (2005) Biogeographic patterns of coastal fish assemblages in the West Indies. *J Exp Mar Bio Ecol* 315:31–47. doi: 10.1016/j.jembe.2004.08.028
- Bowen BW, Rocha LA, Toonen RJ, Karl SA (2013) The origins of tropical marine biodiversity. *Trends Ecol Evol* 28:359–366. doi: 10.1016/j.tree.2013.01.018
- Bozec YM, Acosta-González G, Núñez-Lara E, Arias-González JE (2008) Impacts of

- coastal development on ecosystem structure and function of Yucatan coral reefs , Mexico. Proc 11th Int Coral Reef Symp 7–11.
- Campbell SJ, Mukminin A, Kartawijaya T, et al (2014) Changes in a coral reef fishery along a gradient of fishing pressure in an Indonesian marine protected area. *Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst* 24:92–103. doi: 10.1002/aqc.2359
- Carr MH, Anderson TW, Hixon MA (2002) Biodiversity, population regulation, and the stability of coral-reef fish communities. *Proc Natl Acad Sci U S A* 99:11241–5. doi: 10.1073/pnas.162653499
- Chabanet P, Ralambondrainy H, Amanieu M, et al (1997) Relationships between coral reef substrata and fish. *Coral Reefs* 16:93–102. doi: 10.1007/s003380050063
- Chao A, Chiu CH, Hsieh TC, Inouye BD (2012) Proposing a resolution to debates on diversity partitioning. *Ecology* 93:2037–2051. doi: 10.1890/11-1817.1
- Chapman MG, Underwood AJ (1999) Ecological patterns in multivariate assemblages: Information and interpretation of negative values in ANOSIM tests. *Mar Ecol Prog Ser* 180:257–265. doi: 10.3354/meps180257
- Chave J (2013) The problem of pattern and scale in ecology: What have we learned in 20 years? *Ecol Lett* 16:4–16. doi: 10.1111/ele.12048
- Chittaro P (2004) Fish-habitat associations across multiple spatial scales. *Coral Reefs*. doi: 10.1007/s00338-004-0376-z
- Choat JH, Bellwood DR (1985) Interactions amongst herbivorous fishes on a coral reef: influence of spatial variation. *Mar Biol* 89:221–234. doi: 10.1126/science.333.6043.686
- Chong-Seng KM, Mannering TD, Pratchett MS, et al (2012) The influence of coral reef benthic condition on associated fish assemblages. *PLoS One*. doi: 10.1371/journal.pone.0042167
- Colwell RK (2013) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9 and earlier. User's Guide and application. <http://purl.oclc.org/estimates>
- CONANP-SEMARNAT (2004) Programa de Manejo Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, I. JARAS IMPRESORES S.A. DE C.V., México D.F.
- Crist TO, Veech J a, Gering JC, Summerville KS (2003) Partitioning species diversity

- across landscapes and regions: a hierarchical analysis of alpha, beta, and gamma diversity. *Am Nat* 162:734–43. doi: 10.1086/378901
- Daily GC (1997) *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*. Island Press, Washington D.C.
- Darling ES, Graham NAJ, Januchowski-Hartley FA, et al (2017) Relationships between structural complexity, coral traits, and reef fish assemblages. *Coral Reefs* 36:561–575. doi: 10.1007/s00338-017-1539-z
- Delgadillo-Garzon O, Zapata-Ramirez P (2009) Evaluación Rápida De Peces Arrecifales Y Su Relación Con La Estructura Del Sustrato En Las Islas Del Rosario, Área Marina Protegida Del Caribe Colombiano. *Rev Acad Colomb Cienc* 33:273–238.
- Diekötter T, Billeter R, Crist TO (2008) Effects of landscape connectivity on the spatial distribution of insect diversity in agricultural mosaic landscapes. *Basic Appl Ecol* 9:298–307. doi: 10.1016/j.baae.2007.03.003
- Done TJ (1982) Patterns in the distribution of coral communities across the central Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 1:95–107. doi: 10.1007/BF00301691
- Eckert GJ (1985) Settlement of coral reef fishes to different natural substrata and at different depths. *Proc. Fifth Int. Coral Reef Congr.* 5:385–390.
- Esqueda-González MDC, Ríos-Jara E, Galván-Villa CM, Rodríguez-Zaragoza FA (2017) Spatial analysis of bivalve mollusks diversity in Mazatlan Bay, Mexico. *Mar Biodivers* 1–17. doi: 10.1007/s12526-017-0703-6
- Foster SA (1985) Group foraging by a coral reef fish: a mechanism for gaining access to defended resources. *Anim Behav* 33:782–792. doi: 10.1016/S0003-3472(85)80011-7
- Friedlander AM, Parrish JD (1998) Habitat characteristics affecting fish assemblages on a Hawaiian coral reef. *J Exp Mar Biol Ecol* 224:1–30. doi: 10.1016/S0022-0981(97)00164-0
- Galván-Villa CM, Arreola-Robles JL, Ríos-Jara E, Rodríguez-Zaragoza FA (2010) Ensamblajes de peces arrecifales y su relación con el hábitat bentónico de la Isla Isabel, Nayarit, México. *Rev Biol Mar Oceanogr* 45:311–324. doi: 10.4067/S0718-19572010000200013
- Golodets C, Kigel J, Sternberg M (2011) Plant diversity partitioning in grazed Mediterranean grassland at multiple spatial and temporal scales. *J Appl Ecol* 48:1260–

1268. doi: 10.1111/j.1365-2664.2011.02031.x
- Graham NAJ, Nash KL (2012) The importance of structural complexity in coral reef ecosystems. *Coral Reefs* 32:315–326. doi: 10.1007/s00338-012-0984-y
- Grober-Dunsmore R, Frazer TK, Lindberg WJ, Beets J (2007) Reef fish and habitat relationships in a Caribbean seascape: The importance of reef context. *Coral Reefs* 26:201–216. doi: 10.1007/s00338-006-0180-z
- Hawkins JP, Roberts CM (1999) Effects of recreational scuba diving on Caribbean coral and fish communities. *Conserv Biol* 13:888–897.
- Hernández-Landa RC, Acosta-González G, Núñez-Lara E, Arias-González JE (2015) Spatial distribution of surgeonfish and parrotfish in the north sector of the Mesoamerican Barrier Reef System. *Mar Ecol* 36:432–446. doi: 10.1111/maec.12152
- Hernández-zulueta J, Rodríguez-Zaragoza FA, Araya R, et al (2017) Multi-scale analysis of hermatypic coral assemblages at Mexican Central Pacific. *Sci Mar* 81:1–12. doi: 10.3989/scimar.04371.12A
- Hewitt JE, Thrush SF, Cummings VJ, Turner SJ (1998) The effect of changing sampling scales on our ability to detect effects of large-scale processes on communities. *J Exp Mar Bio Ecol* 227:251–264. doi: 10.1016/S0022-0981(97)00274-8
- Hixon MA (2009) Coral Reef Fishes. En: *Encyclopedia of Ocean Sciences*. Elsevier Science, Windsor, pp 655–659
- Hixon MA (2011) 60 Years of coral reef fish ecology: Past, present, future. *Bull Mar Sci* 87:727–765. doi: 10.5343/bms.2010.1055
- Hixon MA, Beets JP (1993) Predation, prey refuges, and the structure of coral-reef fish assemblages. *Ecol Monogr* 63:77–101. doi: 10.2307/2937124
- Holbrook SJ, Schmitt RJ, Adam TC, Brooks AJ (2016) Coral Reef Resilience, Tipping Points and the Strength of Herbivory. *Sci Rep*. doi: 10.1038/srep35817
- Humann P, Deloach N (2014) Reef fish identification, 4a edn. Jacksonville, Florida, U.S.A.
- Jankowski MW, Gardiner NR, Jones GP (2015) Depth and reef profile: Effects on the distribution and abundance of coral reef fishes. *Environ Biol Fishes* 98:1373–1386. doi: 10.1007/s10641-014-0365-1
- Jones GP (1988) Some interactions between residents and recruits in two coral reef fishes. *J Exp Mar Bio Ecol* 114:169–182. doi: 10.1016/0022-0981(88)90136-0

- Jost L (2010) Independence of alpha and beta diversities. *Ecology* 91:1969–1974. doi: 10.1890/09-0368.1
- Jost L, Devries P, Walla T, et al (2010) Partitioning diversity for conservation analyses. *Divers Distrib* 16:65–76. doi: 10.1111/j.1472-4642.2009.00626.x
- Koleff P, Gaston KJ, Lennon JJ (2003) Measuring beta diversity for presence –absence data. *J Anim Ecol* 72:367–382. doi: 10.1046/j.1365-2656.2003.00710.x
- Komyakova V, Munday PL, Jones GP (2013) Relative importance of coral cover, habitat complexity and diversity in determining the structure of reef fish communities. *PLoS One* 8:1–12. doi: 10.1371/journal.pone.0083178
- Kraft NJB, Adler PB, Godoy O, et al (2015) Community assembly, coexistence and the environmental filtering metaphor. *Funct Ecol* 29:592–599. doi: 10.1111/1365-2435.12345
- Lande R (1996) Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos* 76:5–13. doi: 10.2307/3545743
- Layman CA, Allgeier JE, Yeager LA, Stoner EW (2013) Thresholds of ecosystem response to nutrient enrichment from fish aggregations. *Ecology* 94:530–536. doi: 10.1890/12-0705.1
- Lecchini D, Adjeroud M, Pratchett MS, et al (2003) Spatial structure of coral reef fish communities in the Ryukyu Islands, southern Japan. *Oceanol Acta* 26:537–547. doi: 10.1016/S0399-1784(03)00048-3
- Legendre P, Borcard D, Peres-Neto PR (2005) Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecol Monogr* 75:435–450. doi: 10.1890/05-0549
- Legendre P, Galzin R, Harmelin-Vivien ML (1997) Relating Behavior To Habitat: Solutions To The fourth-Corner Problem. *Ecology* 78:547–562. doi: 10.1890/0012-9658(1997)078[0547:RBTHST]2.0.CO;2
- Legendre P, Legendre L (2012) *Numerical Ecology*, Third. Elsevier, London
- Leps J, Smilauer P (2003) *Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO*.
- Lepš J, Šmilauer P (1999) *Multivariate Analysis of Ecological Data*. *Analysis* 27:110. doi: 10.1890/0012-9623(2006)87[193:MAOED]2.0.CO;2
- Loreau M (2000) Are communities saturated? On the relationship between alpha, beta and

- gamma diversity. *Ecol Lett* 3:73–76. doi: 10.1046/j.1461-0248.2000.00127.x
- McCormick M (1994) Comparison of field methods for measuring surface topography and their associations with a tropical reef fish assemblage. *Mar Ecol Prog Ser* 112:87–96. doi: 10.3354/meps112087
- Meekan MG, Steven ADL, Fortin MJ (1995) Spatial patterns in the distribution of damselfishes on a fringing coral reef. *Coral Reefs* 14:151–161. doi: 10.1007/BF00367233
- Messmer V, Jones GP, Munday PL, et al (2011) Habitat biodiversity as a determinant of fish community structure on coral reefs. *Ecology* 92:2285–2298. doi: 10.1890/11-0037.1
- Moreno CE, Calderón-Patrón JM, Arroyo-Rodríguez V, et al (2017) Measuring biodiversity in the Anthropocene: a simple guide to helpful methods. *Biodivers Conserv* 1–6. doi: 10.1007/s10531-017-1401-1
- Mouillot D, Bellwood DR, Baraloto C, et al (2013) Rare Species Support Vulnerable Functions in High-Diversity Ecosystems. *PLoS Biol.* doi: 10.1371/journal.pbio.1001569
- Mouquet N, Loreau M (2003) Community Patterns in Source-Sink Metacommunities. *Am Nat* 162:544–557. doi: 10.1086/378857
- Mumby PJ, Flower J, Chollett I, et al (2014) *Coral Reef Fisheries Management*.
- Myers JA, Chase JM, Jiménez I, et al (2013) Beta-diversity in temperate and tropical forests reflects dissimilar mechanisms of community assembly. *Ecol Lett* 16:151–157. doi: 10.1111/ele.12021
- Nash KL, Bijoux J, Robinson J, et al (2016) Harnessing fishery-independent indicators to aid management of data-poor fisheries: Weighing habitat and fishing effects. *Ecosphere*. doi: 10.1002/ecs2.1362
- Nash KL, Graham NAJJ, Jennings S, et al (2015) Herbivore cross-scale redundancy supports response diversity and promotes coral reef resilience. *J Appl Ecol.* doi: 10.1111/1365-2664.12430
- Núñez-Lara E, Arias-González JE (1998) Composicion, Biomasa y Estructura Trofica de la Comunidad de Peces Arrecifales en Tres Areas del Sur del Caribe Mexicano. *Proc 50th Gulf Caribb Fish Inst* 1003–1021.

- Núñez-Lara E, Arias-González JE, Legendre P (2005) Spatial patterns of Yucatan reef fish communities: Testing models using a multi-scale survey design. *J Exp Mar Bio Ecol* 324:157–169. doi: 10.1016/j.jembe.2005.04.011
- Núñez-Lara E, Arias-González JE, Pérez-España H (2016) Multi-scale spatial and partitioning analyses of the reef- fish community composition of the Yucatan fringing reef system. *Ecol Complex* 28:8. doi: 10.1016/j.ecocom.2016.08.002
- Núñez-lara E, González-Salas C, Ruiz-Zárate MA, et al (2003) Condition Of Coral Reef Ecosystems In Central-Southern Quintana Roo (Part 2: Reef Fish Communities). *Atoll Res Bull* 496:338–359. doi: 10.5479/si.00775630.496.338
- Ogdenl JC, Ebersole JP (1981) Scale and Community Structure of Coral Reef Fishes: A Long-Term Study of a Large Artificial. *Mar Ecol Ser* 4:97–103. doi: 10.3354/meps004097
- Paddack MJ, Reynolds JD, Aguilar C, et al (2009) Recent Region-wide Declines in Caribbean Reef Fish Abundance. *Curr Biol* 19:590–595. doi: 10.1016/j.cub.2009.02.041
- Pauly D, Zeller D (2016) Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nat Commun* 7:10244. doi: 10.1038/ncomms10244
- Pereyra LC, Moreno CE (2013) Divide y vencerás: Revisión de métodos para la partición de la diversidad regional de especies en sus componentes alfa y beta. *Rev Chil Hist Nat* 86:231–239. doi: 10.4067/S0716-078X2013000300001
- Reinthal PN, Lewis SM (1986) Social behavior, foraging efficiency, and habitat utilization in a group of tropical herbivorous fish. *Anim Behav* 34:1687–1693. doi: 10.1016/S0003-3472(86)80256-1
- Ricart AM, Rodríguez-Zaragoza FA, González-Salas C, et al (2016) Coral reef fish assemblages at Clipperton Atoll (Eastern Tropical Pacific) and their relationship with coral cover. *Sci Mar* 80:479. doi: 10.3989/scimar.04301.12B
- Richardson LE, Graham NAJ, Pratchett MS, Hoey AS (2017) Structural complexity mediates functional structure of reef fish assemblages among coral habitats. *Environ Biol Fishes*. doi: 10.1007/s10641-016-0571-0
- Rodríguez-Zaragoza FA, Arias-González JE (2008) Additive diversity partitioning of reef

- fishes across multiple spatial scales. *Caribb J Sci* 44:90–101.
- Rodríguez-Zaragoza FA, Cupul-Magaña AL, Galván-Villa CM, et al (2011) Additive partitioning of reef fish diversity variation: A promising marine biodiversity management tool. *Biodivers Conserv* 20:1655–1675. doi: 10.1007/s10531-011-0053-9
- Ruiz-Zárte MA, Hernández-Landa RC, González-Salas C, et al (1998) Condition of coral reef ecosystems in central-southern Quintana Roo, Mexico (Part 1: stony corals and algae). *Status Coral Reefs West Atl Results Initial Surv Atl Gulf Rapid Reef Assess Program Atoll Res Bull* 496 318–337. doi: 10.5479/si.00775630.496-18.318
- Ruiz-Zárte MA, Arias-González JE (2004a) Spatial study of juvenile corals in the Northern region of the Mesoamerican Barrier Reef System (MBRS). *Coral Reefs* 23:584–594. doi: 10.1007/s00338-004-0420-z
- Ruiz-Zárte MA, Arias-González JE (2004b) Spatial study of juvenile corals in the Northern region of the Mesoamerican Barrier Reef System (MBRS). *Coral Reefs* 23:584–594. doi: 10.1007/s00338-004-0420-z
- Ruiz LJ, Méndez de E. E, Torres de J. A, et al (2003) Composición, abundancia y diversidad de peces arrecifales en dos localidades del Parque Nacional Mochima, Venezuela. *Ciencias Mar* 29:185–195.
- Sale PF (1991) *The ecology of fishes on coral reefs*. Academic press, INC., San Diego, California
- Sale PF (1998) Appropriate spatial scales for studies of reef-fish ecology. *Aust J Ecol* 23:202–208. doi: 10.1111/j.1442-9993.1998.tb00721.x
- Sale PF, Guy J a., Steel WJ (1994) Ecological structure of assemblages of coral reef fishes on isolated patch reefs. *Oecologia* 98:83–99. doi: 10.1007/BF00326094
- Schmera D, Podani J (2011) Comments on separating components of beta diversity. *Community Ecol* 12:153–160. doi: 10.1556/ComEc.12.2011.2.2
- Shima JS (2001) Recruitment of a coral reef fish: Roles of settlement, habitat, and postsettlement losses. *Ecology* 82:2190–2199. doi: 10.1890/0012-9658(2001)082[2190:ROACRF]2.0.CO;2
- Smallhorn-West PF, Bridge TCL, Munday PL, Jones GP (2017) Depth distribution and abundance of a coral-associated reef fish: roles of recruitment and post-recruitment processes. *Coral Reefs* 36:157–166. doi: 10.1007/s00338-016-1509-x

- Soininen J, Heino J, Wang J (2017) A meta-analysis of nestedness and turnover components of beta diversity across organisms and ecosystems. *Glob Ecol Biogeogr* n/a--n/a. doi: 10.1111/geb.12660
- Spalding MD, Fox HE, Allen GR, et al (2007) Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *Bioscience* 57:573. doi: 10.1641/B570707
- Srinivasan M (2003) Depth distributions of coral reef fishes: The influence of microhabitat structure, settlement, and post-settlement processes. *Oecologia* 137:76–84. doi: 10.1007/s00442-003-1320-6
- Steneck RS (1988) Herbivory on coral reefs: A synthesis. *Proc 6th Int Coral Reef Symp* 37–49.
- Taylor JM, Back JA, Valenti TW, King RS (2012) Fish-mediated nutrient cycling and benthic microbial processes: can consumers influence stream nutrient cycling at multiple spatial scales? *Freshw Sci* 31:928–944. doi: 10.1899/11-113.1
- ter Braak CJF, Verdonschot PFM (1995) Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquat Sci* 57:255–289. doi: 10.1007/BF00877430
- Tupper M (2003) The ecology of coral reef fishes revisited. *Ecology* 84:1645–1646. doi: 10.1890/0012-9658(2003)084[1645:TEOCRF]2.0.CO;2
- Van den Hoek C, Breeman AM, Bak RPM, Van Buurt G (1978) The distribution of algae, corals and gorgonians in relation to depth, light attenuation, water movement and grazing pressure in the fringing coral reef of Curaçao, Netherlands Antilles. *Aquat Bot* 5:1–46. doi: 10.1016/0304-3770(78)90045-1
- Van Gaever S, Raes M, Pasotti F, Vanreusel A (2010) Spatial scale and habitat-dependent diversity patterns in nematode communities in three seepage related sites along the Norwegian Sea margin. *Mar Ecol* 31:66–77. doi: 10.1111/j.1439-0485.2009.00314.x
- Veech J a, Crist TO (2009) PARTITION: software for hierarchical partitioning of species diversity, version 3.0. www.UsersMuohioEdu/Cristto/PartitionHtm 1–17.
- Whittaker RH (1960) Vegetation of the Sisiyou Mountains, Orgeon and California. *Ecol Monogr* 30:279–338.
- Williams I, Polunin N (2001) Large-scale associations between macroalgal cover and

grazer biomass on mid-depth reefs in the Caribbean. *Coral Reefs* 19:358–366. doi: 10.1007/s003380000121

Young J, Watt A, Collie M, Hiscock K (2005) Landscape scale biodiversity assessment : the problem of scaling. *Ecology* 196.

Zamora-Marin JM, Gutierrez-Canovas C, Abellan P, Millan A (2016) The role of protected areas in representing aquatic biodiversity: a test using alpha, beta and gamma diversity of water beetles from the Segura River Basin (SE Spain). *Limnetica* 35:179–192.

Apéndices Capítulo I

Apéndice A

Cuadro A1. Zonas de estudio y zonificación de manejo administrativo dentro del polígono del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (CONANP 2004).

Zonificación de manejo	Zona	Tipo de uso	Observaciones y tipo de uso	
Uso Restringido PUNTA XCAYAL- ENSENADA XAHUACHOL	RH	e, f, g, h, i, n, o, p, q	Justo frente a Zona de Uso Restringido Lagunas de Río Huach	e, g, h, i, n, o, p, q
Aprovechamiento Sustentable de los RNM	Ho PR	Todas excepto r.	Aledaño a Zona de Aprovechamiento Especial	a, b, h, l, n, o, p
	AR		Aledaño a Zona de Uso Público.	a, b, c, d, e, f, g, h, i, n, o, p, q
	BC		Aledaño a Zona de Uso Restringido del Canal de Zaragoza y a la Zona de Protección de BC	f, g, h, n, o, p

- a) Buceo libre.
- b) Buceo autónomo diurno/nocturno.
- c) Recorridos y/o visitas en embarcaciones motorizadas.
- d) Recorridos y/o visitas en embarcaciones no motorizadas.
- e) Embarcaciones en tránsito.
- f) Videograbación, fotografía, sonograbación y comerciales.
- g) Investigación científica.
- h) Educación ambiental.
- i) Pesca cooperativa comercial de langosta espinosa.
- j) Pesca tradicional con línea de mano
- k) Pesca comercial
- l) Pesca deportiva (de liberación).
- m) Restauración ecológica.
- n) Protección y conservación ecológica.
- o) Monitoreo ecológico,
- p) Fondeo de espera sin otra actividad asociada.
- q) Recorridos en senderos.
- r) Pesca con tanque

Cuadro A2. Representación de anidación de los sitios en las zonas. *Para datos bentónicos, PR solo tiene 29 sitios.

Ecuación 1

$$Y = : \mu + Zo_i + Si_j(Zo_i) + \varepsilon_{ij}$$

	AR	BC	Ho	PR*	RH
Sitios	30	30	30	30	30

Cuadro A3. Cantidad de sitios repartidos en los niveles del factor *Profundidad*: Someros y Profundos. Este modelo no contempló a PR debido que no poseía sitios profundos.

Ecuación 2

$$Y = \mu + Zo_i + Prof_j + Zo_i x Prof_j + \varepsilon_{ij}$$

	AR	BC	Ho	RH
Someros	16	20	10	20
Profundos	14	10	20	10

Apéndice B

Cuadro B1. Biomosas promedio de cada especie en cada zona. Las especies están organizadas de mayor a menor aporte de biomasa total. Los valores se presentan en g/m². Los valores de 0.00 pueden ser ausencias o valores menores que 0.001.

Especie	RH	Ho	PR	AR	BC	Total
<i>Kipphosus sectator</i>	0	8.6	9.55	8.6	8.6	35.35
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.18	1.02	2.19	0.07	0.28	3.74
<i>Sparisoma viride</i>	0.21	0.96	0.62	0.44	0.11	2.34
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.06	1.18	0.6	0.19	0.29	2.32
<i>Stegastes partitus</i>	0.18	0.62	0.53	0.28	0.68	2.29
<i>Scarus iseri</i>	0.06	0.32	0.71	0.83	0.35	2.27
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.2	0.16	1.42	0.02	0.22	2.02
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0	1.05	0.09	0.24	0.43	1.81
<i>Haemulon plumierii</i>	0.28	0.89	0.37	0.08	0.01	1.63
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.22	0.42	0.6	0.25	0.12	1.61
<i>Carangoides ruber</i>	0	1.38	0.04	0.04	0.01	1.47
<i>Haemulon carbonarium</i>	0	0.78	0.65	0	0	1.43
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.06	0.85	0	0.09	0.33	1.33
<i>Chromis cyanea</i>	0.14	0.68	0.01	0.08	0.11	1.02
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.07	0.61	0.16	0.11	0.03	0.98
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0.11	0.38	0.44	0	0	0.93
<i>Clepticus parrae</i>	0	0.91	0	0	0	0.91
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0.49	0.1	0.09	0.11	0.79
<i>Melichthys niger</i>	0	0.75	0	0	0	0.75
<i>Anisotremus surinamensis</i>	0	0	0	0.74	0	0.74
<i>Lutjanus apodus</i>	0.04	0.1	0.35	0.2	0.02	0.71
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0	0.62	0.07	0	0	0.69
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.18	0.34	0.02	0.04	0.06	0.64
<i>Halichoeres garnoti</i>	0	0.27	0.17	0.1	0.1	0.64
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0	0.02	0.02	0.1	0.5	0.64
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0.01	0	0.45	0	0.13	0.59
<i>Haemulon album</i>	0	0	0	0.39	0	0.39
<i>Stegastes adustus</i>	0	0.11	0.03	0.07	0.18	0.39
<i>Balistes vetula</i>	0.18	0	0.11	0	0	0.29
<i>Carangoides bartholomaei</i>	0	0	0.12	0.15	0	0.27
<i>Holocentrus rufus</i>	0.06	0.08	0.04	0.09	0	0.27
<i>Bodianus rufus</i>	0.17	0.01	0.03	0	0	0.21
<i>Holacanthus tricolor</i>	0	0.07	0	0.14	0	0.21
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0.2	0	0	0	0.2
<i>Haemulon sciurus</i>	0.14	0	0.02	0.02	0.02	0.2
<i>Stegastes planifrons</i>	0	0.08	0.06	0.01	0.04	0.19
<i>Holocentrus adscensionis</i>	0	0	0.09	0.1	0	0.19
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.05	0.05	0.05	0.02	0.01	0.18

Cuadro B1 (Continuación). Biomosas promedio de cada especie en cada zona. Los valores se presentan en g/m². Los valores de 0.00 pueden ser ausencias o valores menores que 0.001.

Especie	RH	Ho	PR	AR	BC	Total
<i>Canthigaster rostrata</i>	0	0.05	0.02	0.05	0.05	0.17
<i>Pomacanthus paru</i>	0	0	0	0.17	0	0.17
<i>Pterois volitans</i>	0.01	0.01	0	0.15	0	0.17
<i>Epinephelus guttatus</i>	0	0.16	0	0	0	0.16
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0	0.05	0.08	0.02	0	0.15
<i>Caranx crysos</i>	0	0	0.12	0	0	0.12
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0.11	0.01	0	0	0.12
<i>Lutjanus griseus</i>	0	0	0	0.11	0	0.11
<i>Cephalopholis cruentata</i>	0.02	0.05	0	0.03	0	0.1
<i>Chromis insolata</i>	0	0	0	0.05	0.05	0.1
<i>Haemulon aurolineatum</i>	0	0	0.09	0	0	0.09
<i>Lutjanus analis</i>	0	0	0	0.09	0	0.09
<i>Stegastes variabilis</i>	0	0.06	0	0.01	0.01	0.08
<i>Chaetodon striatus</i>	0	0	0	0.07	0	0.07
<i>Epinephelus striatus</i>	0	0	0	0.07	0	0.07
<i>Haemulon macrostomum</i>	0	0	0	0	0.07	0.07
<i>Calamus penna</i>	0	0	0	0.06	0	0.06
<i>Neoniphon marianus</i>	0	0.06	0	0	0	0.06
<i>Haemulon melanurum</i>	0.05	0	0	0	0	0.05
<i>Lactophrys bicaudalis</i>	0	0	0.05	0	0	0.05
<i>Stegastes leucostictus</i>	0	0	0.04	0.01	0	0.05
<i>Anisotremus virginicus</i>	0	0	0.04	0	0	0.04
<i>Fistularia tabacaria</i>	0	0.02	0.02	0	0	0.04
<i>Hypoplectrus unicolor</i>	0	0	0	0	0.03	0.03
<i>Scomberomorus maculatus</i>	0	0	0.03	0	0	0.03
<i>Sparisoma chrysopterygum</i>	0	0.02	0	0	0.01	0.03
<i>Aulostomus maculatus</i>	0	0	0	0.02	0	0.02
<i>Cantherhines pullus</i>	0	0.02	0	0	0	0.02
<i>Epinephelus adscensionis</i>	0	0	0.02	0	0	0.02
<i>Epinephelus fulva</i>	0	0	0.02	0	0	0.02
<i>Halichoeres poeyi</i>	0	0.02	0	0	0	0.02
<i>Sparisoma atomarium</i>	0	0	0	0	0.02	0.02
<i>Sphoeroides spengleri</i>	0	0	0	0	0.02	0.02
<i>Aetobatus narinari</i>	0	0	0	0	0.01	0.01
<i>Balistes capriscus</i>	0	0	0.01	0	0	0.01
<i>Chromis multilineata</i>	0	0	0	0.01	0	0.01
<i>Gramma loreto</i>	0	0.01	0	0	0	0.01

<i>Serranus tigrinus</i>	0	0	0	0.01	0	0.01
--------------------------	---	---	---	------	---	------

Cuadro B1 (Continuación). Biomosas promedio de cada especie en cada zona. Los valores se presentan en g/m². Los valores de 0.00 pueden ser ausencias o valores menores que 0.001.

Especie	RH	Ho	PR	AR	BC	Total
<i>Thunnus atlanticus</i>	0	0	0	0	0.01	0.01
<i>Bodianus pulchellus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetodon ocellatus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Gerres cinereus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Halichoeres pictus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Lachnolaimus maximus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Lutjanus mahogoni</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Malacoctenus triangulatus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma radians</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Xyrichtys splendens</i>	0	0	0	0	0	0

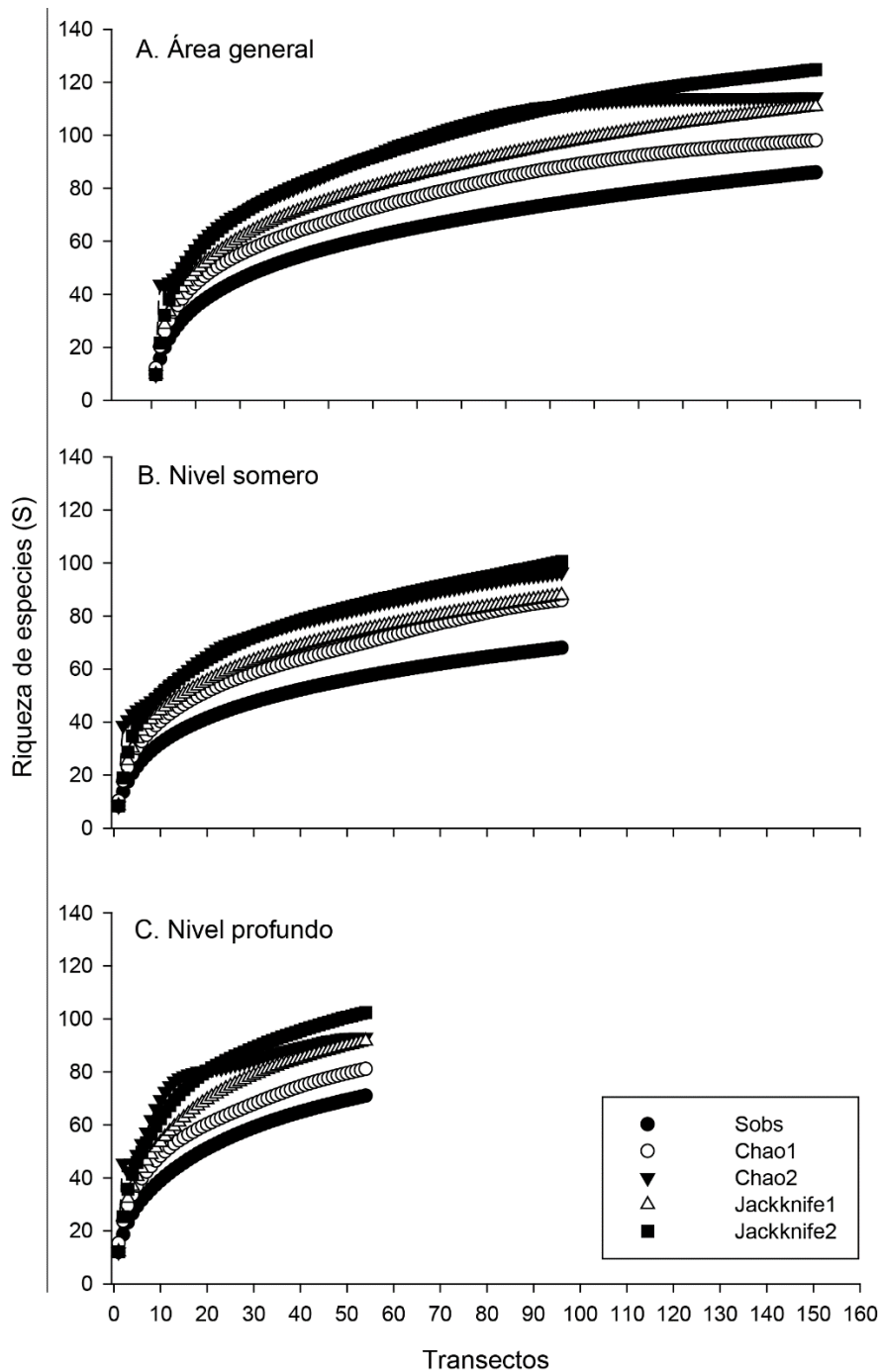


Figura B1. Rarefacciones basadas en muestras en la escala del área total de estudio (A) y por nivel de profundidad, somero (B) y profundo (C). Se presenta la riqueza observada (S_{obs}) y riqueza esperada estimada para cada procedimiento no paramétrico (Chao 1, Chao 2, Jackknife 1 y Jackknife 2).

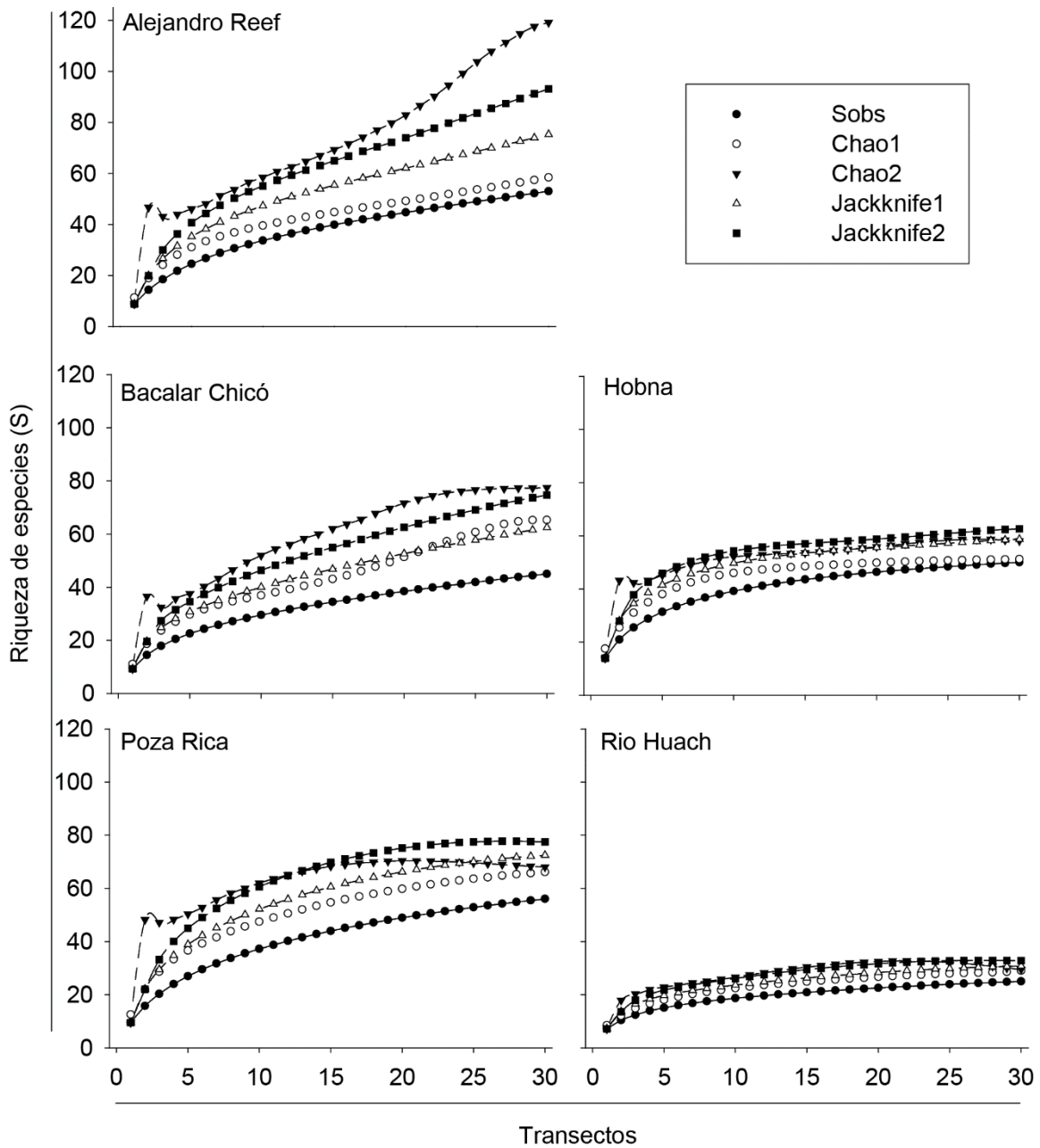


Figura B2. Rarefacciones basadas en muestras para cada zona estudiada: Alejandro Reef (AR), Bacalar Chicó (BC), Hobna (Ho), Poza Rica (PR), Río Huach (RH). Se presenta la riqueza observada (S_{obs}) y riqueza esperada estimada para cada procedimiento no paramétrico (Chao 1, Chao 2, Jackknife 1 y Jackknife 2).

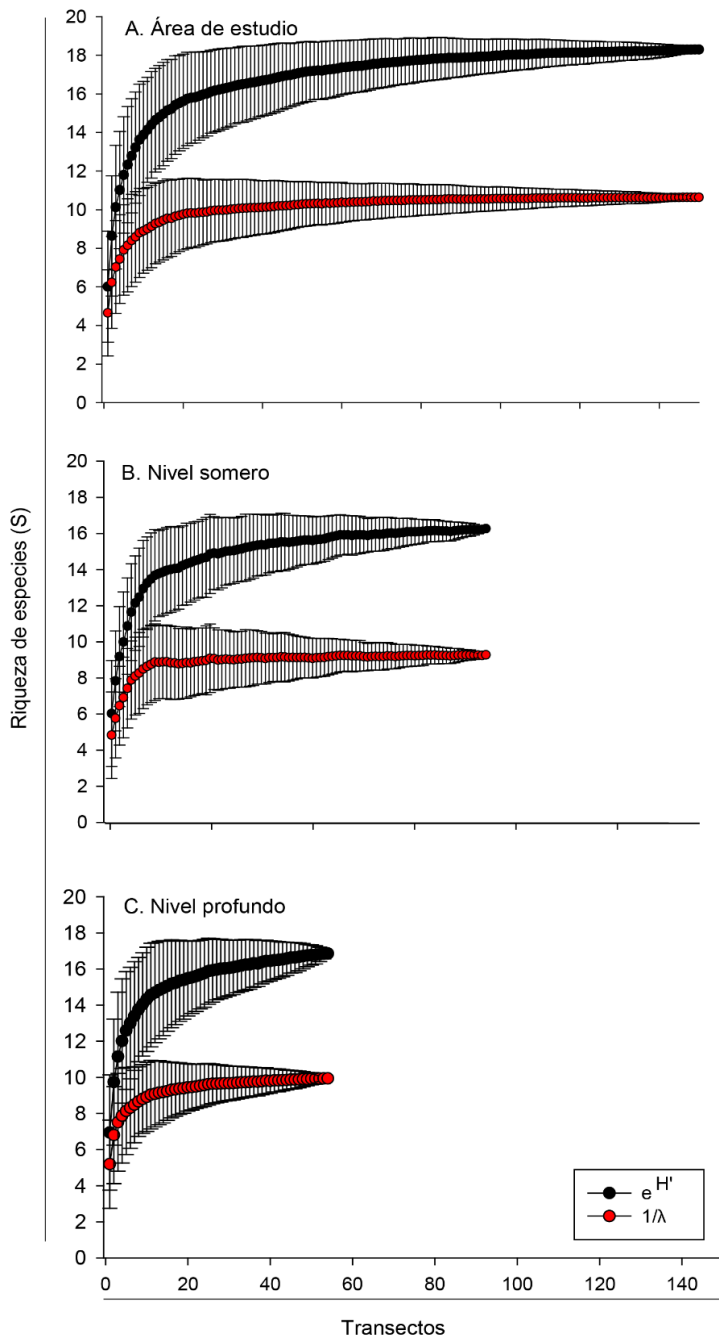


Figura B3: Curvas de acumulación de la función exponencial de la diversidad de Shannon ($e^{H'}$) y recíproco de la dominancia de Simpson ($1/\lambda$) en la escala del área total de estudio (A) y por nivel de profundidad, somero (B) y profundo (C).

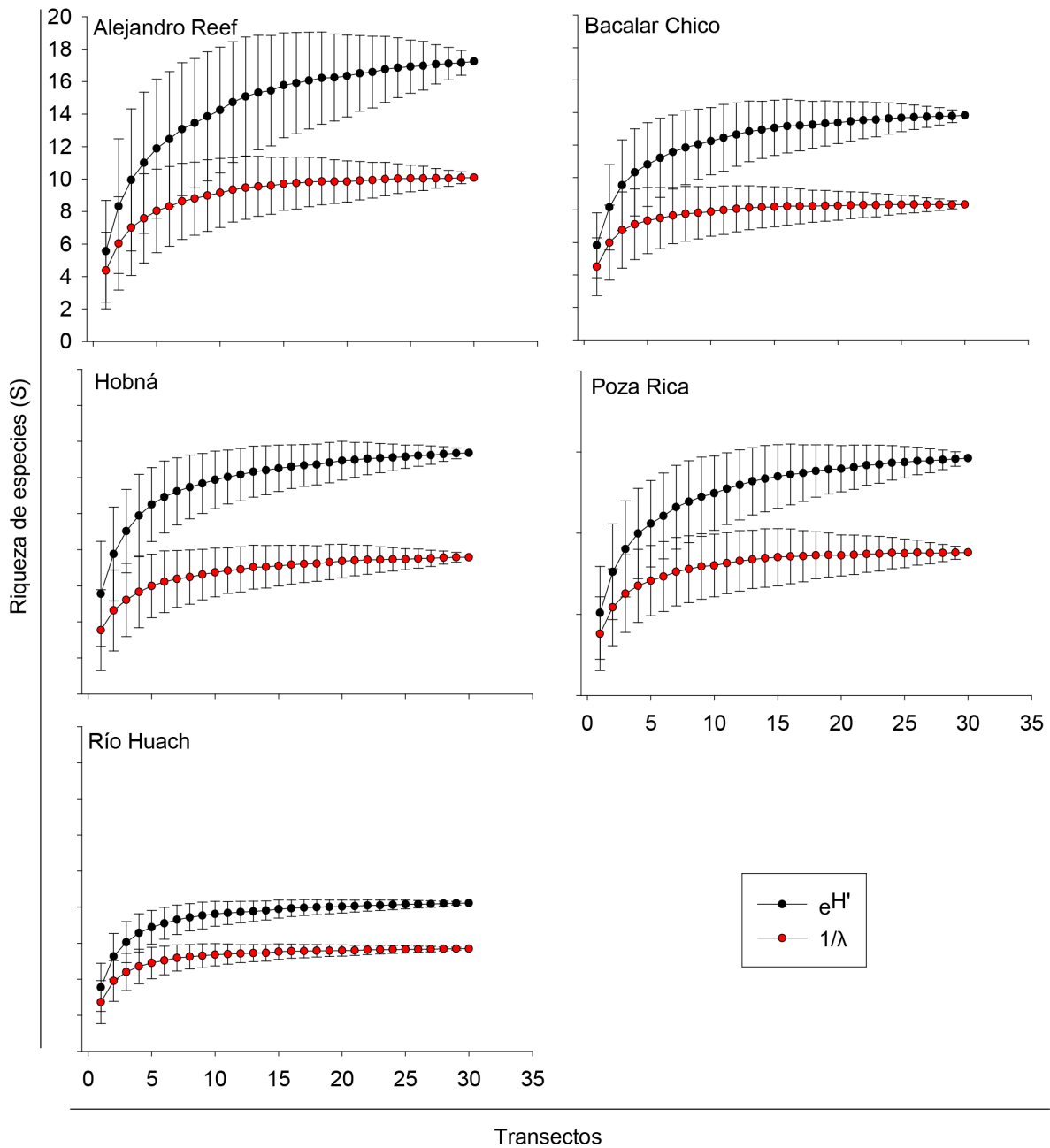


Figura B4. Curvas de acumulación de la función exponencial de la diversidad de Shannon ($e^{H'}$) y recíproco de la dominancia de Simpson ($1/\lambda$) para cada zona de estudio: Alejandro Reef (AR), Bacalar Chico (BC), Hobná (Ho), Poza Rica (PR), Río Huach (RH).

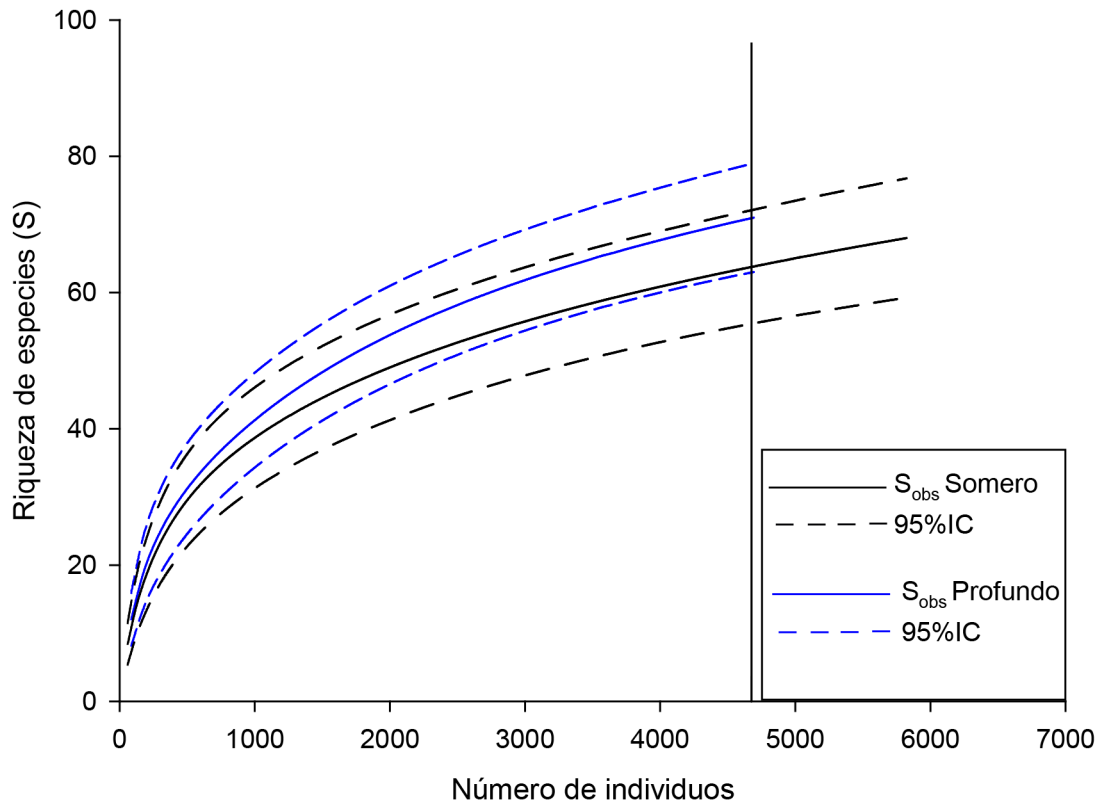


Figura B5. Rarefacciones basadas en individuos por nivel de profundidad. En la gráfica se muestra la riqueza total observada (S_{obs}) con los intervalos de confianza al 95% (nivel superior e inferior) *versus* la abundancia total (o número de individuos). Las líneas de color negro corresponden al nivel somero, mientras que el azul al nivel profundo. Nota: la línea negra vertical y continua muestra el nivel de corte que representa la riqueza y abundancia total del nivel profundo donde existe un menor esfuerzo de muestreo. Esto sugiere que no existen diferencias en la riqueza de especies entre ambos niveles de profundidad al considerar una muestra estandarizada a 4,694 individuos.

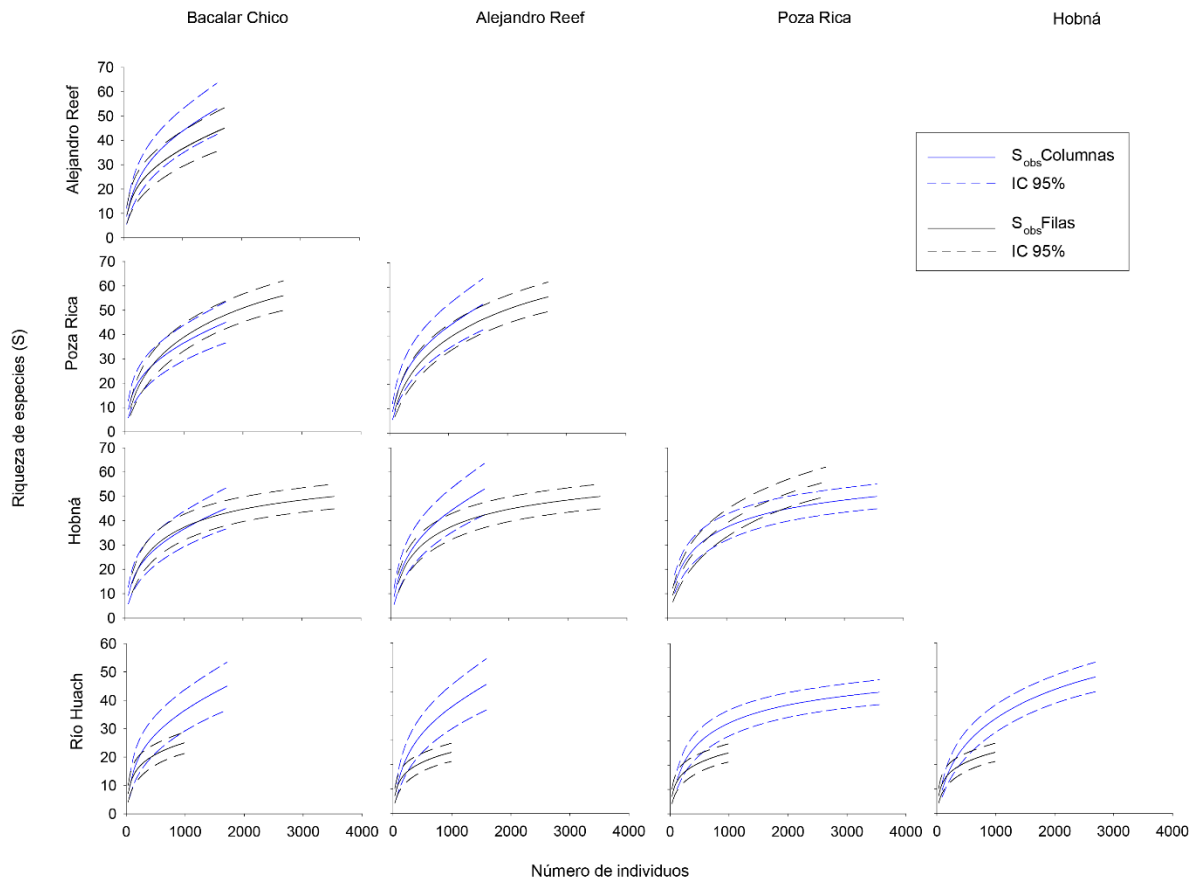


Figura B6. Rarefacciones basadas en individuos al nivel de zonas: Alejandro Reef (AR), Bacalar Chico (BC), Hobná (Ho), Poza Rica (PR), Río Huach (RH). En todas las gráficas se muestra la riqueza total observada (S_{obs}) con los intervalos de confianza al 95% (nivel superior e inferior) *versus* la abundancia total (o número de individuos). Las líneas de color azul corresponden a las columnas y las de color negro a las filas.

Cuadro B1. Resultados de las pruebas pareadas del ANOVA permutacional y PERMANOVA para el modelo I. Códigos: P(CM), valores-p de la prueba Monte-Carlo; P(perm), valores-p basados en permutaciones; \bar{S} , riqueza promedio de especies; AR, Alejandro Reef; BC, Bacalar Chico; Ho, Hobná; PR, Poza Rica; RH, Río Huach. En negritas se presentan las diferencias significativas con $p \leq 0.05$.

Modelo I		
	ANOVA permutacional	PERMANOVA
	\bar{S}	Ensamblaje de peces
Grupos	P(MC)	P(perm)
AR, BC	0.6843	0.5461
AR, Ho	0.0156	0.0476
AR, PR	0.7494	0.1481
AR, RH	0.1714	0.0019
BC, Ho	0.0171	0.0281
BC, PR	0.9293	0.0268
BC, RH	0.0358	0.0028
Ho, PR	0.0797	0.0659
Ho, RH	0.0014	0.0013
PR, RH	0.2434	0.0203

Cuadro B2. Resultados de las pruebas pareadas del ANOVA permutacional y PERMANOVA para el modelo I. Códigos: P(perm), valores-p basados en permutaciones; \bar{s} , es la riqueza promedio de especies; H' , diversidad de Shannon; AR, Alejandro Reef; BC, Bacalar Chico; Ho, Hobná; PR, Poza Rica; RH, Río Huach. Para el Modelo 2 en el segmento de PERMANOVA, Pro y Som: Profundo y Somero. En negritas se presentan las diferencias significativas con $p \leq 0.05$.

Modelo 2					
ANOVA permutacional			PERMANOVA		
Comparación entre zonas			Comparación entre zonas por nivel de profundidad		
	\bar{s}	H'		Som	Pro
Grupos	P(perm)	P(perm)	Grupos	P(perm)	P(perm)
AR-BC	0.5442	0.049	AR-BC	0.0204	0.363
AR-Ho	0.0015	0.0066	AR-Ho	0.0099	0.0001
AR-RH	0.0946	0.4363	AR-RH	0.0001	0.0001
BC-Ho	0.0027	0.4072	BC-Ho	0.0264	0.0006
BC-RH	0.0005	0.143	BC-RH	0.0001	0.0002
Ho-RH	0.0001	0.0206	Ho-RH	0.0001	0.0001
Som-Prof	0.0001	0.0416	Comparación entre niveles de profundidad por zona		
			AR		
			Grupos	P(perm)	
			Pro - Som	0.0002	
			BC		
			Grupos	P(perm)	
			Pro - Som	0.0946	
			Ho		
			Grupos	P(perm)	
			Pro - Som	0.0044	
			RH		
			Grupos	P(perm)	
			Pro - Som	0.4336	

Apéndice C

Cuadro C1. Resultados del SIMPER entre zonas. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom. es biomasa promedio (g/m^2) Av.Diss. es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Dis s	Diss/S D	Contrib %	Cum. %
Zonas AR vs. BC						
Disimilitud promedio = 54.02	Sitio AR	Sitio BC				
<i>Kyphosus sectator</i>	8.60	8.60	2.89	0.6	5.36	5.36
<i>Scarus iseri</i>	0.83	0.34	2.47	1.3	4.57	9.93
<i>Sparisoma viride</i>	0.44	0.10	1.97	1.03	3.65	13.58
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.02	0.22	1.88	1.07	3.47	17.05
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.10	0.50	1.85	1.01	3.43	20.48
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.24	0.43	1.79	1.09	3.31	23.79
<i>Stegastes adustus</i>	0.07	0.18	1.79	1.17	3.31	27.1
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.10	0.10	1.45	1.27	2.69	29.79
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.09	0.11	1.45	1.24	2.68	32.47
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0.13	1.42	0.92	2.63	35.11
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.09	0.33	1.42	1.03	2.62	37.73
<i>Chromis cyanea</i>	0.08	0.11	1.36	1.32	2.52	40.25
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.11	0.03	1.36	1.25	2.52	42.77
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.19	0.29	1.34	1.06	2.48	45.25
<i>Lutjanus apodus</i>	0.20	0.02	1.3	0.92	2.4	47.65
<i>Pterois volitans</i>	0.15	0	1.26	0.63	2.34	49.99
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.04	0.06	1.22	1.07	2.26	52.25
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.07	0.28	1.18	0.94	2.19	54.45
<i>Haemulon plumierii</i>	0.08	0.01	1.16	1.13	2.14	56.59
<i>Stegastes planifrons</i>	0.01	0.04	1.15	1.12	2.14	58.72
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.05	0.05	1.13	0.94	2.09	60.81
<i>Chromis insolata</i>	0.05	0.05	1.02	0.71	1.88	62.69
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.02	0.01	0.99	1	1.82	64.52
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.25	0.12	0.85	1.24	1.57	66.09
Zonas AR vs. Ho						
Disimilitud promedio = 57.52	Sitio AR	Sitio Ho				
<i>Kyphosus sectator</i>	8.60	8.60	2.22	0.6	3.87	3.87
<i>Haemulon plumierii</i>	0.08	0.89	2.19	1.71	3.8	7.67
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.09	0.85	1.85	1.4	3.22	10.89
<i>Haemulon carbonarium</i>	0	0.78	1.83	1.24	3.18	14.07

Cuadro C1 (Continuación). Resultados del SIMPER entre zonas. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV. Biom es biomasa promedio (g/m²) Av. Diss es la disimilitud promedio; Av. Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av. Biom.	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Sparisoma viride</i>	0.44	0.96	1.8	1.09	3.13	17.2
<i>Scarus iseri</i>	0.83	0.32	1.75	1.24	3.05	20.25
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.07	1.02	1.74	1.86	3.02	23.27
<i>Clepticus parrae</i>	0	0.91	1.62	0.94	2.81	26.08
<i>Chromis cyanea</i>	0.08	0.68	1.56	1.28	2.72	28.8
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.24	1.05	1.55	1.06	2.7	31.5
<i>Carangoides ruber</i>	0.04	1.38	1.54	0.9	2.67	34.18
<i>Melichthys niger</i>	0	0.75	1.54	0.94	2.67	36.85
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.04	0.34	1.5	1.07	2.61	39.45
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.09	0.49	1.43	1.39	2.49	41.95
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.19	1.18	1.38	1.16	2.4	44.35
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.11	0.60	1.34	1.27	2.34	46.69
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0	0.38	1.3	0.94	2.26	48.94
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.10	0.27	1.24	1.25	2.15	51.09
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.02	0.16	1.22	1.42	2.12	53.21
<i>Stegastes adustus</i>	0.07	0.11	1.1	1.27	1.9	55.12
<i>Lutjanus apodus</i>	0.20	0.1	1.08	0.9	1.87	56.99
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0	0.62	1.07	0.72	1.86	58.85
<i>Stegastes variabilis</i>	0.01	0.06	1.06	1.03	1.84	60.7
<i>Holocentrus rufus</i>	0.09	0.08	1.05	1	1.82	62.52
<i>Scarus taeniopterus</i>	0.00	0.11	1.02	0.99	1.78	64.3
<i>Holacanthus tricolor</i>	0.14	0.07	1.02	0.95	1.77	66.07
Zonas AR vs. PR						
Disimilitud promedio = 66.88	Sitio AR	Sitio PR				
<i>Kyphosus sectator</i>	8.60	9.55	3.56	0.82	5.32	5.32
<i>Scarus iseri</i>	0.83	0.71	2.52	0.91	3.76	9.08
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.07	2.19	2.48	1.6	3.71	12.8
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.02	1.42	2.46	1.25	3.68	16.48
<i>Sparisoma viride</i>	0.44	0.62	2.13	0.99	3.18	19.66
<i>Haemulon plumierii</i>	0.08	0.37	2.01	1.24	3.01	22.67
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.19	0.60	1.9	1.03	2.84	25.51
<i>Lutjanus apodus</i>	0.20	0.35	1.89	1.25	2.82	28.33
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.24	0.09	1.88	0.99	2.81	31.14

Cuadro C1 (Continuación). Resultados del SIMPER entre zonas. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV. Biom es biomasa promedio (g/m^2) Av. Diss es la disimilitud promedio; Av. Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av. Biom.	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Stegastes partitus</i>	0.28	0.53	1.73	0.93	2.58	33.72
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.25	0.60	1.61	1.13	2.4	36.12
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.00	0.65	1.58	0.95	2.36	38.48
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.10	0.02	1.55	1.04	2.32	40.8
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.11	0.16	1.54	1.13	2.31	43.11
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.02	0.08	1.53	1.24	2.28	45.39
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.09	0.10	1.52	1.02	2.27	47.66
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.10	0.17	1.5	1.21	2.24	49.9
<i>Holocentrus adscensionis</i>	0.10	0.09	1.31	1.01	1.96	51.85
<i>Pterois volitans</i>	0.15	0.00	1.24	0.59	1.86	53.71
<i>Chromis cyanea</i>	0.08	0.01	1.24	1.11	1.85	55.56
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.05	0.02	1.22	0.92	1.83	57.39
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0.00	0.44	1.22	0.42	1.82	59.21
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.00	0.07	1.15	1.17	1.72	60.94
<i>Stegastes adustus</i>	0.07	0.03	1.09	0.97	1.63	62.57
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.02	0.05	1.08	1.07	1.62	64.18
<i>Haemulon sciurus</i>	0.02	0.02	1.06	0.84	1.58	65.77
Zonas AR vs. RH						
Disimilitud promedio = 60.89	Sitio AR	Sitio RH				
<i>Scarus iseri</i>	0.83	0.06	2.84	1.01	4.67	4.67
<i>Sparisoma viride</i>	0.44	0.21	2.55	1.44	4.19	8.86
<i>Haemulon plumierii</i>	0.08	0.28	2.47	1.32	4.05	12.91
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.02	0.20	2.42	1.55	3.98	16.89
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.24	0.00	2.38	1.19	3.91	20.8
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.10	0.00	2.2	1.49	3.6	24.41
<i>Haemulon sciurus</i>	0.02	0.14	2.16	1.41	3.55	27.96
<i>Kyphosus sectator</i>	8.60	0.00	2.13	0.44	3.5	31.46
<i>Chromis cyanea</i>	0.08	0.14	1.96	1.21	3.22	34.68
<i>Bodianus rufus</i>	0.00	0.17	1.77	1.05	2.9	37.58
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.09	0.00	1.73	1.09	2.85	40.43
<i>Lutjanus apodus</i>	0.20	0.04	1.73	1.08	2.83	43.26
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.04	0.18	1.71	1.03	2.81	46.07
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.11	0.07	1.64	1.15	2.7	48.77

Cuadro C1 (Continuación). Resultados del SIMPER entre zonas. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV. Biom es biomasa promedio (g/m²) Av. Diss es la disimilitud promedio; Av. Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av. Biom.	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.10	0.00	1.64	1.3	2.7	51.47
<i>Pterois volitans</i>	0.15	0.01	1.6	0.73	2.63	54.1
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.05	0.00	1.55	1.22	2.55	56.65
<i>Holocentrus rufus</i>	0.09	0.06	1.49	0.78	2.45	59.09
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.02	0.05	1.46	1.01	2.39	61.49
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.09	0.06	1.45	1.03	2.38	63.87
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.19	0.06	1.35	1.08	2.21	66.08
Zonas BC vs. Ho						
Disimilitud promedio = 52.82	Sitio BC	Sitio Ho				
<i>Haemulon plumierii</i>	0.01	0.89	2.63	2.77	4.98	4.98
<i>Kyphosus sectator</i>	8.60	8.60	2.08	0.61	3.95	8.93
<i>Sparisoma viride</i>	0.11	0.96	1.94	1.3	3.67	12.6
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.33	0.85	1.92	1.28	3.64	16.24
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.00	0.78	1.83	1.26	3.47	19.71
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.03	0.61	1.81	2.25	3.44	23.14
<i>Clepticus parrae</i>	0.00	0.91	1.62	0.95	3.06	26.21
<i>Melichthys niger</i>	0.00	0.75	1.54	0.95	2.91	29.11
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.50	0.02	1.49	1.21	2.83	31.94
<i>Carangoides ruber</i>	0.01	1.38	1.49	0.88	2.83	34.77
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.06	0.34	1.48	1.02	2.81	37.58
<i>Chromis cyanea</i>	0.11	0.68	1.47	1.35	2.78	40.35
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.28	1.02	1.38	1.6	2.61	42.97
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0.00	0.38	1.3	0.95	2.46	45.42
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.22	0.16	1.21	1.09	2.3	47.72
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.11	0.49	1.15	1.27	2.18	49.9
<i>Stegastes adustus</i>	0.18	0.11	1.14	1.56	2.17	52.06
<i>Scarus iseri</i>	0.35	0.32	1.1	0.91	2.08	54.14
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.00	0.62	1.09	0.77	2.06	56.21
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0.13	0.00	1.07	1.01	2.02	58.23
<i>Scarus taeniopterus</i>	0.00	0.11	1.02	0.96	1.92	60.15
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.43	1.05	0.99	1.34	1.87	62.02

Cuadro C1 (Continuación). Resultados del SIMPER entre zonas. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Stegastes variabilis</i>	0.01	0.06	0.98	1.03	1.85	63.88
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.10	0.27	0.97	1.15	1.83	65.71
Zonas BC vs. PR						
Disimilitud promedio = 64.24	Sitio BC	Sitio PR				
<i>Kyphosus sectator</i>	8.60	9.55	3.34	0.88	5.2	5.2
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.43	0.09	2.51	1.37	3.91	9.1
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.28	2.19	2.41	1.55	3.75	12.86
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.50	0.02	2.32	0.91	3.6	16.46
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.22	1.42	2.3	1.29	3.58	20.04
<i>Haemulon plumierii</i>	0.01	0.37	2.24	1.51	3.49	23.52
<i>Scarus iseri</i>	0.35	0.71	2.19	1.28	3.42	26.94
<i>Stegastes partitus</i>	0.68	0.53	2	0.86	3.11	30.05
<i>Stegastes adustus</i>	0.18	0.03	1.99	1.28	3.1	33.16
<i>Sparisoma viride</i>	0.11	0.62	1.76	1.09	2.74	35.9
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.11	0.10	1.72	1.43	2.68	38.58
<i>Lutjanus apodus</i>	0.02	0.35	1.72	1.3	2.68	41.26
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0.13	0.45	1.7	0.99	2.64	43.9
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.00	0.65	1.58	0.96	2.46	46.35
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.10	0.17	1.49	1.14	2.32	48.67
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.12	0.60	1.47	1.45	2.3	50.97
<i>Chromis cyanea</i>	0.11	0.01	1.44	1.41	2.24	53.21
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.29	0.60	1.43	0.83	2.23	55.44
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.03	0.16	1.4	1.76	2.18	57.62
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.00	0.08	1.38	1.47	2.14	59.76
<i>Stegastes planifrons</i>	0.04	0.06	1.32	1.2	2.05	61.81
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.05	0.02	1.23	0.96	1.91	63.72
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0.00	0.44	1.2	0.43	1.87	65.59

Cuadro C1 (Continuación). Resultados del SIMPER entre zonas. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Zonas BC vs. RH						
Disimilitud promedio = 59.48	Sitio BC	Sitio RH				
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.43	0.00	3.59	3.15	6.03	6.03
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.50	0.00	3.2	1.21	5.39	11.42
<i>Haemulon plumierii</i>	0.01	0.28	2.83	1.7	4.75	16.17
<i>Stegastes adustus</i>	0.18	0.00	2.7	1.97	4.54	20.72
<i>Sparisoma viride</i>	0.11	0.21	2.48	1.37	4.17	24.88
<i>Scarus iseri</i>	0.35	0.06	2.31	1.33	3.89	28.77
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.11	0.00	2.19	2.01	3.67	32.44
<i>Haemulon sciurus</i>	0.02	0.14	2.16	1.42	3.63	36.08
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.10	0.00	2.12	1.74	3.56	39.63
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.06	0.18	1.76	0.94	2.95	42.59
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.05	0.00	1.75	1.68	2.94	45.53
<i>Chromis cyanea</i>	0.11	0.14	1.74	1.38	2.93	48.46
<i>Bodianus rufus</i>	0.00	0.17	1.73	1.02	2.92	51.37
<i>Kyphosus sectator</i>	8.60	0.00	1.71	0.44	2.87	54.24
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0.13	0.01	1.69	1.12	2.85	57.09
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.22	0.20	1.67	1.36	2.81	59.9
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.33	0.06	1.63	0.92	2.75	62.65
<i>Stegastes planifrons</i>	0.04	0.00	1.55	1.33	2.61	65.26
Zonas Ho vs. PR						
Disimilitud promedio = 59.17	Sitio Ho	Sitio PR				
<i>Kyphosus sectator</i>	8.60	9.55	2.64	0.88	4.46	4.46
<i>Microspathodon chrysurus</i>	1.05	0.09	2.26	1.46	3.81	8.28
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.85	0.00	1.93	1.23	3.26	11.54
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.49	0.10	1.83	1.57	3.1	14.64
<i>Sparisoma viride</i>	0.96	0.62	1.81	1.08	3.06	17.69
<i>Chromis cyanea</i>	0.68	0.01	1.76	1.38	2.98	20.67
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.78	0.65	1.71	1.12	2.89	23.56
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.16	1.42	1.59	1.2	2.68	26.24
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1.02	2.19	1.57	1.27	2.66	28.9
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0.38	0.44	1.56	0.89	2.64	31.54
<i>Clepticus parrae</i>	0.91	0.00	1.56	0.91	2.63	34.17

Cuadro C1 (Continuación). Resultados del SIMPER entre zonas. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV. Biom es biomasa promedio (g/m²) Av. Diss es la disimilitud promedio; Av. Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av. Biom.	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.61	0.16	1.55	1.16	2.61	36.78
<i>Scarus iseri</i>	0.32	0.71	1.54	1.35	2.61	39.39
<i>Melichthys niger</i>	0.75	0.00	1.48	0.92	2.5	41.89
<i>Carangoides ruber</i>	1.38	0.04	1.45	0.85	2.46	44.34
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.34	0.02	1.44	0.99	2.44	46.78
<i>Stegastes partitus</i>	0.62	0.53	1.38	1.13	2.33	49.11
<i>Lutjanus apodus</i>	0.10	0.35	1.33	1.24	2.25	51.36
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	1.18	0.60	1.21	0.87	2.04	53.41
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.62	0.07	1.2	1.01	2.03	55.44
<i>Haemulon plumierii</i>	0.89	0.37	1.19	0.86	2.02	57.46
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.27	0.17	1.15	0.98	1.94	59.4
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.42	0.60	1.1	1.15	1.85	61.25
<i>Stegastes adustus</i>	0.11	0.03	1.09	1.18	1.84	63.08
<i>Stegastes variabilis</i>	0.06	0.00	1.08	0.94	1.83	64.92
<i>Stegastes planifrons</i>	0.08	0.06	1.05	1.23	1.78	66.69
Zonas Ho vs. RH						
Disimilitud promedio = 60.27	Sitio Ho	Sitio RH				
<i>Microspathodon chrysurus</i>	1.05	0.00	3.19	3.12	5.29	5.29
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.49	0.00	2.63	5.17	4.36	9.65
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.27	0.00	2.4	7.16	3.99	13.64
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.85	0.06	2.09	1.41	3.47	17.11
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.78	0.00	2.02	1.27	3.35	20.46
<i>Sparisoma viride</i>	0.96	0.21	1.91	1.59	3.18	23.63
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.61	0.07	1.82	1.67	3.03	26.66
<i>Clepticus parrae</i>	0.91	0.00	1.79	0.95	2.97	29.63
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.34	0.18	1.7	0.97	2.82	32.45
<i>Melichthys niger</i>	0.75	0.00	1.69	0.96	2.81	35.26
<i>Carangoides ruber</i>	1.38	0.00	1.64	0.84	2.71	37.98
<i>Haemulon sciurus</i>	0.00	0.14	1.62	1.5	2.69	40.67
<i>Scarus iseri</i>	0.32	0.06	1.59	1.36	2.64	43.31
<i>Chromis cyanea</i>	0.68	0.14	1.53	1.25	2.53	45.84
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0.38	0.11	1.5	0.99	2.5	48.33
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	1.18	0.06	1.5	1.85	2.49	50.82

Cuadro C1 (Continuación). Resultados del SIMPER entre zonas. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV. Biom es biomasa promedio (g/m²) Av. Diss es la disimilitud promedio; Av. Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av. Biom.	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Kyphosus sectator</i>	8.60	0.00	1.39	0.44	2.31	53.13
<i>Stegastes variabilis</i>	0.06	0.00	1.33	1.04	2.21	55.34
<i>Stegastes adustus</i>	0.11	0.00	1.31	1.28	2.18	57.52
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1.02	0.18	1.27	1.6	2.11	59.63
<i>Bodianus rufus</i>	0.01	0.17	1.24	1	2.06	61.68
<i>Stegastes planifrons</i>	0.08	0.00	1.24	1.34	2.05	63.74
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.05	0.00	1.21	2.05	2.01	65.75
Zonas PR vs. RH						
Disimilitud promedio = 62.72	Sitio PR	Sitio RH				
<i>Kyphosus sectator</i>	9.55	0.00	2.87	0.83	4.58	4.58
<i>Sparisoma viride</i>	0.62	0.21	2.73	1.32	4.35	8.93
<i>Acanthurus coeruleus</i>	2.19	0.18	2.66	2.11	4.24	13.17
<i>Chromis cyanea</i>	0.01	0.14	2.37	1.3	3.78	16.95
<i>Stegastes diencaeus</i>	1.42	0.20	2.34	1.47	3.72	20.68
<i>Scarus iseri</i>	0.71	0.06	2.08	1.26	3.32	24
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.60	0.06	2.08	1.6	3.31	27.31
<i>Lutjanus apodus</i>	0.35	0.04	1.98	1.38	3.16	30.47
<i>Stegastes partitus</i>	0.53	0.18	1.93	0.97	3.08	33.56
<i>Haemulon plumieri</i>	0.37	0.28	1.84	0.81	2.93	36.49
<i>Haemulon sciurus</i>	0.02	0.14	1.81	1.22	2.89	39.38
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0.44	0.11	1.81	0.55	2.89	42.27
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.60	0.22	1.78	1.3	2.83	45.1
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.08	0.00	1.78	1.49	2.83	47.93
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.65	0.00	1.75	0.96	2.79	50.72
<i>Bodianus rufus</i>	0.03	0.17	1.72	0.94	2.74	53.46
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.16	0.07	1.7	1.37	2.71	56.17
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.17	0.00	1.68	1.37	2.68	58.85
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.02	0.18	1.64	0.83	2.61	61.45
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.05	0.05	1.42	1.07	2.26	63.72
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.07	0.00	1.32	1.19	2.11	65.83

Cuadro C2. Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sitios AR1 vs. AR2						
Disimilitud Promedio = 73.78	Sitio AR1	Sitio AR2				
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	5.26	0.46	7.12	7.12
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.12	0.32	4.46	1.15	6.05	13.17
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.22	0.42	4.2	0.91	5.69	18.87
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.00	0.19	3.84	1.18	5.21	24.08
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.05	0.14	3.29	1.85	4.46	28.54
<i>Chromis cyanea</i>	0.30	0.16	3.14	1.01	4.26	32.8
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.03	0.06	2.96	1.11	4.01	36.81
<i>Haemulon plumierii</i>	0.13	0.34	2.79	1.08	3.78	40.59
<i>Scarus iseri</i>	0.03	0.09	2.59	0.92	3.52	44.1
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.01	0.37	2.57	0.8	3.48	47.58
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.03	0.00	2.53	0.94	3.43	51.01
<i>Stegastes adustus</i>	0.02	0.18	2.51	1.1	3.4	54.41
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.04	0.06	2.46	0.91	3.33	57.74
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.04	0.21	2.28	0.74	3.09	60.83
<i>Sparisoma viride</i>	0.00	1.26	2.2	0.75	2.98	63.81
<i>Stegastes partitus</i>	0.15	0.28	2.18	0.87	2.96	66.76
Sitios AR1 vs. AR3						
Disimilitud Promedio = 69.68	Sitio AR1	Sitio AR3				
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	5.32	0.49	7.64	7.64
<i>Scarus iseri</i>	0.03	2.17	4.92	1.07	7.05	14.7
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.00	0.18	4.15	2.23	5.95	20.65
<i>Pomacanthus paru</i>	0.00	1.01	3.77	0.78	5.42	26.06
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.12	0.18	3.77	1.52	5.41	31.47
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.03	0.41	3.66	1.54	5.25	36.72
<i>Stegastes adustus</i>	0.02	0.19	3.07	1.18	4.4	41.12
<i>Chromis cyanea</i>	0.30	0.02	3.01	1.21	4.31	45.44
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.03	0.10	2.9	1.28	4.16	49.6
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.22	0.20	2.87	0.88	4.12	53.72
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.05	0.25	2.82	2.1	4.05	57.76

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Haemulon plumierii</i>	0.13	0.00	2.51	1.04	3.61	61.37
<i>Holacanthus tricolor</i>	0.00	0.85	2.21	0.48	3.18	64.55
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.02	0.07	2.21	0.93	3.17	67.72
Sitios AR1 vs. AR4						
Disimilitud Promedio = 72.31	Sitio AR1	Sitio AR4				
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	6.57	0.49	9.09	9.09
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.05	0.00	4.63	4.02	6.41	15.5
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.04	0.12	4.28	1.4	5.92	21.42
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.02	0.45	4	1.12	5.53	26.95
<i>Chromis cyanea</i>	0.30	0.00	3.96	1.04	5.48	32.43
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.01	0.08	3.71	1.36	5.14	37.57
<i>Haemulon sciurus</i>	0.00	0.09	3.24	1.07	4.48	42.04
<i>Haemulon plumierii</i>	0.13	0.02	3.12	1.12	4.31	46.36
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.22	0.00	2.87	0.76	3.98	50.33
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.04	0.03	2.86	0.91	3.96	54.29
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.03	0.05	2.78	1.11	3.84	58.13
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.01	0.06	2.77	0.8	3.83	61.96
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.12	0.00	2.38	0.76	3.3	65.26
Sitios AR1 vs. AR5						
Disimilitud Promedio = 72.08	Sitio AR1	Sitio AR5				
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	6.18	0.49	8.58	8.58
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.01	0.68	5.79	1.3	8.04	16.61
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.00	0.13	4.93	3.02	6.84	23.45
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.00	0.14	4.77	2.05	6.61	30.07
<i>Scarus iseri</i>	0.03	2.69	4.54	0.78	6.3	36.37
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.05	0.66	4.25	2.19	5.9	42.26
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.03	0.11	3.92	1.41	5.44	47.71
<i>Chromis cyanea</i>	0.30	0.00	3.69	1.05	5.12	52.83
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.03	0.00	3.09	1.12	4.29	57.12
<i>Haemulon plumierii</i>	0.13	0.00	2.99	1.06	4.14	61.26
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.12	0.00	2.69	1.13	3.73	64.99

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.22	0.00	2.67	0.76	3.71	68.7
Sitios AR1 vs. AR6						
Disimilitud Promedio = 68.57	Sitio AR1	Sitio AR6				
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	6.3	0.49	9.18	9.18
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.01	0.20	5.55	2.4	8.1	17.28
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.22	0.62	4.43	0.97	6.47	23.75
<i>Sparisoma viride</i>	0.00	0.66	4.08	0.78	5.94	29.69
<i>Chromis cyanea</i>	0.30	0.01	3.72	1.12	5.42	35.12
<i>Pterois volitans</i>	0.00	0.86	3.06	0.63	4.46	39.57
<i>Haemulon plumierii</i>	0.13	0.00	3.05	1.06	4.45	44.03
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.02	0.05	2.76	1.29	4.03	48.06
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.04	0.04	2.58	0.87	3.77	51.83
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.04	0.00	2.54	0.78	3.71	55.53
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.03	0.12	2.53	1.27	3.69	59.22
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.12	0.00	2.28	0.76	3.32	62.55
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.05	0.03	2.26	1.2	3.3	65.85
Sitios AR2 vs. AR3						
Disimilitud Promedio = 62.16	Sitio AR2	Sitio AR3				
<i>Scarus iseri</i>	0.09	2.17	4.5	1.11	7.24	7.24
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.42	0.20	3.9	0.87	6.27	13.51
<i>Pomacanthus paru</i>	0.00	1.01	3.45	0.72	5.56	19.07
<i>Sparisoma viride</i>	1.26	0.73	3.19	0.79	5.12	24.2
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.14	0.25	3.05	1.03	4.91	29.11
<i>Stegastes adustus</i>	0.18	0.19	2.91	1.08	4.68	33.79
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.37	0.16	2.81	0.86	4.52	38.31
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.00	0.41	2.77	0.75	4.45	42.76
<i>Stegastes partitus</i>	0.28	0.37	2.47	0.85	3.98	46.74
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.06	0.00	2.26	0.78	3.64	50.38
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.19	0.18	2.22	1.01	3.57	53.95
<i>Holacanthus tricolor</i>	0.00	0.85	2.02	0.46	3.26	57.21
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.21	0.01	1.87	0.75	3.01	60.22
<i>Chromis cyanea</i>	0.16	0.02	1.8	0.97	2.9	63.12

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Stegastes planifrons</i>	0.01	0.03	1.72	0.78	2.77	65.89
Sitios AR2 vs. AR4						
Disimilitud Promedio = 83.04	Sitio AR2	Sitio AR4				
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.32	0.00	7.07	1.74	8.51	8.51
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.42	0.00	5.37	0.85	6.47	14.97
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.19	0.00	4.81	1.21	5.79	20.77
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.06	0.00	4.75	1.72	5.72	26.48
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.21	0.12	4.33	1.26	5.21	31.7
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.37	0.08	3.89	1.25	4.68	36.38
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.08	0.45	3.75	0.9	4.51	40.89
<i>Scarus iseri</i>	0.09	0.00	3.27	0.91	3.94	44.83
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.00	0.05	3.05	0.92	3.68	48.5
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.06	0.03	3.01	0.87	3.63	52.13
<i>Stegastes partitus</i>	0.28	0.25	2.99	0.82	3.6	55.73
<i>Haemulon sciurus</i>	0.00	0.09	2.98	0.95	3.59	59.32
<i>Stegastes adustus</i>	0.18	0.00	2.77	1	3.34	62.66
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.04	0.06	2.44	0.66	2.94	65.6
Sitios AR2 vs. AR5						
Disimilitud Promedio = 66.17	Sitio AR2	Sitio AR5				
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.14	0.66	6.33	1.28	9.57	9.57
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.32	0.00	5.39	1.72	8.14	17.71
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.37	0.68	5.08	1.11	7.68	25.39
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.42	0.00	4.88	0.88	7.38	32.77
<i>Scarus iseri</i>	0.09	2.69	4.79	0.92	7.24	40.01
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.00	0.13	4.53	2.03	6.85	46.86
<i>Stegastes partitus</i>	0.28	0.38	3.08	0.86	4.66	51.51
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.06	0.00	2.79	0.79	4.22	55.73
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.19	0.14	2.71	1	4.09	59.82
<i>Stegastes adustus</i>	0.18	0.00	2.61	1.02	3.94	63.76
<i>Sparisoma viride</i>	1.26	0.00	2.32	0.75	3.51	67.28

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sitios AR2 vs. AR6						
Disimilitud Promedio = 80.70	Sitio AR2	Sitio AR6				
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.32	0.00	6.62	1.8	8.21	8.21
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.42	0.62	5.25	1.02	6.5	14.71
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.00	0.12	4.97	1.81	6.16	20.87
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.37	0.20	4.74	1.71	5.87	26.73
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.19	0.00	4.54	1.24	5.63	32.36
<i>Sparisoma viride</i>	1.26	0.66	4.51	0.91	5.59	37.95
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.06	0.00	4.45	1.78	5.51	43.46
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.08	0.05	3.53	1.43	4.37	47.84
<i>Scarus iseri</i>	0.09	0.00	3.07	0.92	3.8	51.64
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.21	0.04	2.9	0.91	3.59	55.23
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.06	0.00	2.87	0.78	3.56	58.79
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.14	0.03	2.85	1.23	3.53	62.32
<i>Pterois volitans</i>	0.00	0.86	2.8	0.59	3.47	65.8
Sitios AR3 vs. AR4						
Disimilitud Promedio = 81.08	Sitio AR3	Sitio AR4				
<i>Scarus iseri</i>	2.17	0.00	5.85	1	7.21	7.21
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.18	0.00	5.83	3.39	7.19	14.4
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.18	0.00	5.4	3.87	6.66	21.06
<i>Pomacanthus paru</i>	1.01	0.00	4.35	0.78	5.37	26.43
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.41	0.05	4.25	1.39	5.24	31.67
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.10	0.00	4.21	1.81	5.19	36.86
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.16	0.08	4	1.65	4.94	41.8
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.07	0.45	3.85	1.07	4.75	46.55
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.01	0.12	3.84	1.46	4.73	51.28
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.25	0.00	3.82	1.07	4.71	55.99
<i>Stegastes adustus</i>	0.19	0.00	3.74	1.14	4.61	60.61
<i>Haemulon sciurus</i>	0.00	0.09	2.9	1.07	3.58	64.19
<i>Holacanthus tricolor</i>	0.85	0.00	2.56	0.49	3.16	67.34
Sitios AR3 vs. AR5						
Disimilitud Promedio = 57.99	Sitio AR3	Sitio AR5				

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Scarus iseri</i>	2.17	2.69	6.39	1.13	11.01	11.01
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.16	0.68	5.27	1.29	9.09	20.1
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.25	0.66	4.53	1.43	7.81	27.91
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.00	0.13	4.46	3.09	7.69	35.6
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.18	0.00	4.23	2.25	7.3	42.9
<i>Pomacanthus paru</i>	1.01	0.00	4.08	0.79	7.03	49.93
<i>Stegastes adustus</i>	0.19	0.00	3.5	1.15	6.04	55.97
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.41	0.00	3.21	0.79	5.53	61.5
<i>Holacanthus tricolor</i>	0.85	0.00	2.39	0.49	4.12	65.63
Sitios AR3 vs. AR6						
Disimilitud Promedio = 75.51	Sitio AR3	Sitio AR6				
<i>Scarus iseri</i>	2.17	0.00	5.59	1.01	7.4	7.4
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.18	0.00	5.54	3.69	7.33	14.73
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.16	0.20	5.18	2.65	6.85	21.59
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.18	0.00	5.14	4.1	6.8	28.39
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.41	0.12	4.64	3.01	6.14	34.53
<i>Sparisoma viride</i>	0.73	0.66	4.58	0.91	6.06	40.59
<i>Pomacanthus paru</i>	1.01	0.00	4.16	0.79	5.5	46.09
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.10	0.00	4	1.84	5.29	51.39
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.20	0.62	3.83	0.85	5.07	56.46
<i>Stegastes adustus</i>	0.19	0.00	3.57	1.15	4.73	61.19
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.07	0.05	3.44	1.76	4.56	65.75
Sitios AR4 vs. AR5						
Disimilitud Promedio = 75.61	Sitio AR4	Sitio AR5				
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.00	0.66	10.26	3.81	13.57	13.57
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.00	0.11	6.42	3.88	8.49	22.06
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.00	0.14	6.41	3.45	8.48	30.53
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.00	0.13	5.91	3.23	7.82	38.35
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.08	0.68	5.35	1.23	7.08	45.44
<i>Scarus iseri</i>	0.00	2.69	4.79	0.63	6.34	51.77
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.12	0.01	4.73	1.5	6.25	58.02
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.45	0.00	4.4	0.99	5.82	63.84

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.05	0.00	3.72	1.09	4.92	68.76
Sitios AR4 vs. AR6						
Disimilitud Promedio = 59.82	Sitio AR4	Sitio AR6				
<i>Sparisoma viride</i>	0.00	0.66	4.9	0.79	8.19	8.19
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.45	0.05	4.49	1.29	7.5	15.69
<i>Pterois volitans</i>	0.05	0.86	4.34	0.81	7.26	22.95
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.12	0.04	4.34	1.31	7.25	30.2
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.00	0.62	4.28	0.7	7.15	37.35
<i>Haemulon sciurus</i>	0.09	0.00	3.67	1.1	6.14	43.48
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.08	0.20	3.42	1.11	5.71	49.19
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.05	0.12	3.39	1.1	5.66	54.85
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.00	0.03	3.18	1.14	5.32	60.17
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.06	0.00	2.88	0.69	4.81	64.98
<i>Cephalopholis cruentata</i>	0.00	0.19	2.46	0.48	4.11	69.1
Sitios AR5 vs. AR6						
Disimilitud Promedio = 69.78	Sitio AR5	Sitio AR6				
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.66	0.03	6.72	2.14	9.63	9.63
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.00	0.12	6.21	4.33	8.89	18.52
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.14	0.00	6.01	3.71	8.62	27.14
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.11	0.00	6.01	4.41	8.62	35.75
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.13	0.00	5.55	3.41	7.96	43.71
<i>Scarus iseri</i>	2.69	0.00	4.54	0.64	6.5	50.22
<i>Sparisoma viride</i>	0.00	0.66	4.47	0.79	6.41	56.63
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.68	0.20	4.25	1.42	6.09	62.71
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.00	0.05	4.22	1.84	6.05	68.76
Sitios BC1 vs. BC2						
Disimilitud Promedio = 67.14	Sitio BC1	Sitio BC2				
<i>Microspathodon chrysurus</i>	1.61	0.06	4.79	1.98	7.13	7.13
<i>Scarus iseri</i>	0.37	1.05	3.92	1.02	5.84	12.97
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.40	0.38	3.79	1.3	5.65	18.62
<i>Stegastes adustus</i>	0.46	0.08	3.76	1.4	5.61	24.23

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.00	0.27	3.72	1.64	5.54	29.77
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	3.33	0.49	4.96	34.74
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.00	0.15	2.94	1.1	4.38	39.12
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.39	0.15	2.93	1.17	4.36	43.48
<i>Sparisoma viride</i>	0.45	0.19	2.66	1.23	3.97	47.45
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.22	0.07	2.66	0.94	3.96	51.4
<i>Ocyurus chrysurus</i>	1.98	0.00	2.64	0.48	3.94	55.34
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.02	0.14	2.59	1.09	3.86	59.2
<i>Chromis cyanea</i>	0.53	0.10	2.5	1.33	3.72	62.92
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0.15	0.35	2.27	0.68	3.39	66.3
Sitios BC1 vs. BC3						
Disimilitud Promedio = 70.64	Sitio BC1	Sitio BC3				
<i>Microspathodon chrysurus</i>	1.61	0.22	4.89	1.39	6.93	6.93
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.02	0.49	4.88	2.11	6.91	13.84
<i>Chromis cyanea</i>	0.53	0.01	4.86	1.82	6.88	20.72
<i>Stegastes adustus</i>	0.46	0.16	4	1.38	5.66	26.38
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.00	0.23	3.47	1.13	4.92	31.3
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	3.43	0.49	4.85	36.15
<i>Scarus iseri</i>	0.37	0.34	3.28	0.85	4.64	40.79
<i>Ocyurus chrysurus</i>	1.98	0.02	3.26	0.61	4.62	45.41
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.40	0.27	3.01	1.15	4.26	49.67
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.39	0.03	2.89	1.17	4.09	53.77
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.22	0.04	2.72	0.92	3.85	57.62
<i>Stegastes planifrons</i>	0.00	0.08	2.6	1.12	3.68	61.3
<i>Sparisoma viride</i>	0.45	0.00	2.45	1.13	3.46	64.76
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.04	0.08	2.37	1.18	3.35	68.12
Sitios BC1 vs. BC4						
Disimilitud Promedio = 73.39	Sitio BC1	Sitio BC4				
<i>Stegastes adustus</i>	0.46	0.00	6.24	3.23	8.5	8.5
<i>Chromis cyanea</i>	0.53	0.00	6.09	2.29	8.3	16.79
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.00	0.92	5.34	2.53	7.27	24.07
<i>Microspathodon chrysurus</i>	1.61	0.43	4.92	1.85	6.7	30.77

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.02	2.29	4.69	1.21	6.39	37.16
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.08	0.09	3.69	1.51	5.02	42.19
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	3.65	0.49	4.97	47.16
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.21	1.21	3.54	1.19	4.82	51.99
<i>Stegastes partitus</i>	0.16	2.76	3.25	0.93	4.42	56.41
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.39	0.00	3.24	1.02	4.42	60.83
<i>Scarus iseri</i>	0.37	0.00	3.21	0.73	4.37	65.2
Sitios BC1 vs. BC5						
Disimilitud Promedio = 56.72	Sitio BC1	Sitio BC5				
<i>Microspathodon chrysurus</i>	1.61	0.21	4.94	1.35	8.72	8.72
<i>Chromis cyanea</i>	0.53	0.01	4.77	1.82	8.41	17.13
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	3.38	0.49	5.96	23.09
<i>Scarus iseri</i>	0.37	0.20	3.34	1.08	5.89	28.97
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.22	0.29	3.29	1.77	5.79	34.77
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.39	0.10	2.85	1.41	5.02	39.79
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.08	0.26	2.84	1.05	5	44.8
<i>Ocyurus chrysurus</i>	1.98	0.00	2.73	0.48	4.81	49.61
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0.15	0.30	2.64	0.82	4.66	54.27
<i>Sparisoma viride</i>	0.45	0.00	2.41	1.12	4.24	58.51
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.21	0.01	2.03	1.12	3.58	62.09
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.40	0.38	1.9	1.24	3.34	65.43
Sitios BC1 vs. BC6						
Disimilitud Promedio = 63.32	Sitio BC1	Sitio BC6				
<i>Microspathodon chrysurus</i>	1.61	0.03	5.59	2.09	8.82	8.82
<i>Chromis cyanea</i>	0.53	0.02	5.47	1.84	8.64	17.46
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	3.72	0.49	5.88	23.34
<i>Scarus iseri</i>	0.37	0.11	3.64	0.85	5.74	29.09
<i>Stegastes adustus</i>	0.46	0.19	3.52	1.03	5.55	34.64
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.39	0.02	3.27	1.14	5.16	39.8
<i>Ocyurus chrysurus</i>	1.98	0.00	3.25	0.48	5.13	44.93
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.21	0.21	3.12	1.16	4.92	49.85
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.08	0.14	3.03	1.1	4.78	54.63

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.22	0.00	3.02	0.8	4.76	59.39
<i>Sparisoma viride</i>	0.45	0.00	2.77	1.15	4.37	63.76
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.40	0.14	2.47	1.72	3.9	67.66
Sitios BC2 vs. BC3						
Disimilitud Promedio = 67.09	Sitio BC2	Sitio BC3				
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.27	0.00	4.31	1.71	6.42	6.42
<i>Scarus iseri</i>	1.05	0.34	4.06	0.86	6.05	12.47
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.38	0.27	3.82	1.42	5.7	18.17
<i>Chromis cyanea</i>	0.10	0.01	3.33	1.24	4.96	23.13
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.14	0.49	3.28	1.5	4.89	28.02
<i>Stegastes planifrons</i>	0.13	0.08	3.13	1.27	4.66	32.68
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.15	0.23	3.06	1.24	4.56	37.24
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.06	0.22	2.87	1.09	4.28	41.52
<i>Stegastes adustus</i>	0.08	0.16	2.72	1.01	4.05	45.57
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.12	0.03	2.69	1.36	4.01	49.58
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.15	0.03	2.38	1.02	3.55	53.13
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.05	0.08	2.33	0.97	3.47	56.61
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.07	0.04	2.26	1	3.36	59.97
<i>Stegastes partitus</i>	0.16	0.44	2.05	1.08	3.06	63.03
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.04	0.01	2.02	0.86	3.02	66.05
Sitios BC2 vs. BC4						
Disimilitud Promedio = 66.83	Sitio BC2	Sitio BC4				
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.27	0.00	4.86	1.73	7.27	7.27
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.38	0.18	4.36	2.77	6.53	13.8
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.14	2.29	4.36	1.3	6.53	20.33
<i>Chromis cyanea</i>	0.10	0.00	4.25	1.4	6.36	26.69
<i>Scarus iseri</i>	1.05	0.00	4.1	0.77	6.13	32.82
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.04	1.21	3.92	1.37	5.86	38.68
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.15	0.92	3.57	1.53	5.35	44.03
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.12	0.09	3.54	1.34	5.3	49.33
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.06	0.43	3.45	1.44	5.17	54.5
<i>Stegastes partitus</i>	0.16	2.76	3.32	1.01	4.96	59.46

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.00	0.03	2.65	1.15	3.96	63.42
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.15	0.00	2.24	0.77	3.35	66.77
Sitios BC2 vs. BC5						
Disimilitud Promedio = 65.55	Sitio BC2	Sitio BC5				
<i>Scarus iseri</i>	1.05	0.20	4.41	1.21	6.73	6.73
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.38	0.38	4.2	1.74	6.41	13.14
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.27	0.12	3.88	1.47	5.92	19.06
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.07	0.29	3.57	1.45	5.45	24.5
<i>Stegastes adustus</i>	0.08	0.18	3.37	1.45	5.15	29.65
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.15	0.00	3.37	1.09	5.15	34.8
<i>Chromis cyanea</i>	0.10	0.01	3.25	1.25	4.96	39.76
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.12	0.26	3.17	1.12	4.84	44.6
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0.35	0.30	3.09	0.88	4.72	49.32
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.14	0.00	3.05	1.12	4.65	53.97
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.15	0.10	2.91	1.48	4.43	58.41
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.05	0.08	2.82	1.42	4.3	62.71
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.06	0.21	2.74	1	4.17	66.88
Sitios BC2 vs. BC6						
Disimilitud Promedio = 66.73	Sitio BC2	Sitio BC6				
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.27	0.00	5.04	1.74	7.55	7.55
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.38	0.14	4.68	2.34	7.02	14.57
<i>Scarus iseri</i>	1.05	0.11	4.66	0.9	6.98	21.56
<i>Chromis cyanea</i>	0.10	0.02	3.86	1.26	5.78	27.34
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.15	0.04	3.63	1.09	5.44	32.77
<i>Stegastes adustus</i>	0.08	0.19	3.59	1.09	5.38	38.16
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.12	0.14	3.45	1.16	5.16	43.32
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.14	0.04	3.31	1.3	4.96	48.28
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.04	0.21	3.29	1.02	4.93	53.22
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.06	0.03	2.77	1.2	4.15	57.36
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.05	0.04	2.72	1.07	4.08	61.44
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.15	0.02	2.69	1.02	4.04	65.48

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sitios BC3 vs. BC4						
Disimilitud Promedio = 53.28		Sitio BC3	Sitio BC4			
<i>Acanthurus coeruleus</i>		0.01	1.21	5.36	1.7	10.06
<i>Halichoeres maculipinna</i>		0.49	2.29	4.39	1.38	8.25
<i>Microspathodon chrysurus</i>		0.22	0.43	4.24	1.53	7.96
<i>Stegastes diencaeus</i>		0.23	0.92	3.96	1.92	7.44
<i>Stegastes planifrons</i>		0.08	0.00	3.52	1.15	6.6
<i>Thalassoma bifasciatum</i>		0.27	0.18	2.98	1.23	5.59
<i>Stegastes partitus</i>		0.44	2.76	2.77	1.05	5.2
<i>Acanthurus bahianus</i>		0.03	0.09	2.61	1.37	4.9
<i>Chaetodon capistratus</i>		0.04	0.03	2.53	1.11	4.74
<i>Haemulon flavolineatum</i>		0.09	0.01	2.51	0.94	4.71
Sitios BC3 vs. BC5						
Disimilitud Promedio = 61.96		Sitio BC3	Sitio BC5			
<i>Halichoeres maculipinna</i>		0.49	0.00	6.1	3.48	9.85
<i>Halichoeres garnoti</i>		0.04	0.29	4.05	1.62	6.53
<i>Stegastes diencaeus</i>		0.23	0.00	4.01	1.13	6.47
<i>Stegastes adustus</i>		0.16	0.18	3.81	1.58	6.16
<i>Scarus iseri</i>		0.34	0.20	3.7	1.2	5.98
<i>Canthigaster rostrata</i>		0.08	0.08	3.2	1.58	5.16
<i>Acanthurus bahianus</i>		0.03	0.26	3.16	1.35	5.1
<i>Microspathodon chrysurus</i>		0.22	0.21	3.04	0.95	4.91
<i>Thalassoma bifasciatum</i>		0.27	0.38	3.02	1.17	4.87
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>		0.03	0.10	2.67	1.36	4.31
<i>Stegastes planifrons</i>		0.08	0.02	2.53	1.16	4.08
<i>Acanthurus chirurgus</i>		0.00	0.30	2.47	0.78	3.99
Sitios BC3 vs. BC6						
Disimilitud Promedio = 58.82		Sitio BC3	Sitio BC6			
<i>Halichoeres maculipinna</i>		0.49	0.04	5.14	1.99	8.73
<i>Stegastes diencaeus</i>		0.23	0.04	4.32	1.16	7.35
<i>Stegastes adustus</i>		0.16	0.19	4	1.07	6.8
<i>Microspathodon chrysurus</i>		0.22	0.03	3.54	1.22	6.01

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, Av.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Stegastes planifrons</i>	0.08	0.02	3.5	1.11	5.94	34.83
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.03	0.14	3.25	1.38	5.53	40.36
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.27	0.14	3.13	1.12	5.32	45.69
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.08	0.04	3.08	1.13	5.24	50.93
<i>Scarus iseri</i>	0.34	0.11	2.92	0.69	4.96	55.89
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.01	0.21	2.87	0.8	4.89	60.77
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.09	0.01	2.59	0.94	4.4	65.18
Sitios BC4 vs. BC5						
Disimilitud Promedio = 69.54	Sitio BC4	Sitio BC5				
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.92	0.00	6.17	2.64	8.88	8.88
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.00	0.29	6.05	3.97	8.7	17.58
<i>Stegastes adustus</i>	0.00	0.18	5.65	3.52	8.13	25.71
<i>Halichoeres maculipinna</i>	2.29	0.00	5.64	1.34	8.11	33.82
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.00	0.08	4.86	4.09	6.98	40.8
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1.21	0.01	4.56	1.29	6.55	47.36
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.43	0.21	4.18	1.39	6.02	53.37
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.09	0.26	3.82	1.35	5.49	58.86
<i>Scarus iseri</i>	0.00	0.20	3.64	1.15	5.23	64.09
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.00	0.10	3.52	1.82	5.06	69.15
Sitios BC4 vs. BC6						
Disimilitud Promedio = 53.00	Sitio BC4	Sitio BC6				
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1.21	0.21	6.27	1.82	11.83	11.83
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.92	0.04	5.75	1.58	10.84	22.68
<i>Halichoeres maculipinna</i>	2.29	0.04	5.74	1.3	10.82	33.5
<i>Stegastes adustus</i>	0.00	0.19	4.62	1.11	8.71	42.21
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.09	0.14	3.98	1.26	7.5	49.72
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.43	0.03	3.73	1.17	7.04	56.75
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.03	0.00	3.47	1.16	6.54	63.29
<i>Stegastes partitus</i>	2.76	0.19	3.26	0.93	6.14	69.44

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sitios BC5 vs. BC6						
Disimilitud Promedio = 53.78	Sitio BC5	Sitio BC6				
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.29	0.00	5.7	2.38	10.61	10.61
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.26	0.14	3.96	1.18	7.36	17.97
<i>Scarus iseri</i>	0.20	0.11	3.91	1.09	7.28	25.25
<i>Stegastes adustus</i>	0.18	0.19	3.55	1.19	6.59	31.84
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.21	0.03	3.45	1.14	6.41	38.25
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.10	0.02	3.1	1.4	5.77	44.02
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.01	0.21	3.04	0.91	5.65	49.67
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0.30	0.00	2.82	0.78	5.24	54.9
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.08	0.04	2.55	0.91	4.74	59.65
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.00	0.04	2.35	0.7	4.36	64.01
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.38	0.14	2.19	1.52	4.07	68.08
Sitios Ho1 vs. Ho2						
Disimilitud Promedio = 60.83	Sitio Ho1	Sitio Ho2				
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.16	1.23	3.44	1.18	5.65	5.65
<i>Sparisoma viride</i>	0.77	2.90	3.31	1.15	5.45	11.1
<i>Carangoides ruber</i>	7.79	0.00	3.26	0.74	5.36	16.45
<i>Chromis cyanea</i>	0.38	2.65	3.11	1.39	5.12	21.57
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.10	0.86	2.93	1.02	4.82	26.39
<i>Ocyurus chrysurus</i>	2.07	1.32	2.8	0.91	4.61	31
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.23	0.47	2.61	1.19	4.29	35.29
<i>Acanthurus coeruleus</i>	2.18	0.44	2.58	1.13	4.24	39.53
<i>Haemulon plumierii</i>	1.42	0.25	2.5	0.82	4.11	43.63
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	2.35	0.48	3.87	47.51
<i>Scarus iseri</i>	0.71	0.33	2.23	1.22	3.67	51.18
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.55	0.56	2.22	0.9	3.64	54.82
<i>Stegastes adustus</i>	0.00	0.55	2.15	0.79	3.54	58.36
<i>Stegastes planifrons</i>	0.12	0.22	2.1	1.42	3.45	61.81
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.42	0.14	1.9	1.06	3.12	64.93
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0.31	1.33	1.87	0.68	3.07	68

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sitios Ho1 vs. Ho3						
Disimilitud Promedio = 74.60	Sitio Ho1	Sitio Ho3				
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.42	0.00	4.94	2.75	6.62	6.62
<i>Acanthurus coeruleus</i>	2.18	1.40	4.93	1.46	6.6	13.22
<i>Carangoides ruber</i>	7.79	0.00	4.78	0.73	6.4	19.62
<i>Haemulon plumierii</i>	1.42	0.37	3.97	0.84	5.32	24.94
<i>Sparisoma viride</i>	0.77	0.00	3.39	1.08	4.55	29.49
<i>Ocyurus chrysurus</i>	2.07	0.00	3.39	0.73	4.54	34.03
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	3.07	0.49	4.12	38.15
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.55	0.50	3.07	0.77	4.11	42.26
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.50	0.26	2.99	1.19	4.01	46.27
<i>Scarus iseri</i>	0.71	0.00	2.95	0.86	3.96	50.23
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.10	0.41	2.94	0.97	3.94	54.17
<i>Stegastes variabilis</i>	0.00	0.23	2.21	0.72	2.97	57.14
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.16	0.03	2.14	1.25	2.86	60
<i>Chromis cyanea</i>	0.38	0.00	2.11	1.09	2.83	62.82
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.00	0.06	2.1	0.66	2.82	65.65
Sitios Ho1 vs. Ho4						
Disimilitud Promedio = 64.90	Sitio Ho1	Sitio Ho4				
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.00	1.22	4.08	3.04	6.28	6.28
<i>Carangoides ruber</i>	7.79	0.12	3.27	0.86	5.03	11.32
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.16	0.84	2.94	1.32	4.54	15.85
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.10	1.01	2.91	1.37	4.48	20.34
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.23	0.58	2.8	1.45	4.32	24.66
<i>Haemulon plumierii</i>	1.42	0.99	2.78	1.2	4.28	28.94
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.42	0.01	2.64	2.77	4.07	33.01
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.68	2.85	2.52	0.89	3.89	36.9
<i>Melichthys niger</i>	0.00	2.65	2.45	0.76	3.78	40.67
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.23	0.51	2.42	1.4	3.73	44.4
<i>Ocyurus chrysurus</i>	2.07	0.24	2.39	0.88	3.68	48.09
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.55	0.79	2.3	1.04	3.54	51.63
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	2.28	0.49	3.51	55.14
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.50	4.84	2.25	1.12	3.47	58.62

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Scarus iseri</i>	0.71	0.27	2.11	1.31	3.26	61.87
<i>Sparisoma viride</i>	0.77	0.00	2.09	1.18	3.22	65.09
Sitios Ho1 vs. Ho5						
Disimilitud Promedio = 57.93	Sitio Ho1	Sitio Ho5				
<i>Carangoides ruber</i>	7.79	0.35	4.01	0.89	6.92	6.92
<i>Haemulon plumierii</i>	1.42	1.30	3.39	1.13	5.86	12.78
<i>Ocyurus chrysurus</i>	2.07	1.48	3.27	1.01	5.64	18.42
<i>Chromis cyanea</i>	0.38	0.94	2.89	1.2	4.99	23.42
<i>Sparisoma viride</i>	0.77	1.01	2.71	1.24	4.68	28.1
<i>Acanthurus coeruleus</i>	2.18	0.77	2.54	1.46	4.38	32.48
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.23	0.80	2.52	0.81	4.34	36.82
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	2.49	0.48	4.29	41.11
<i>Scarus iseri</i>	0.71	0.47	2.43	1	4.2	45.31
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.55	0.09	2.25	1.05	3.88	49.2
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.16	0.29	1.85	1.07	3.2	52.4
<i>Clepticus parrae</i>	2.87	0.33	1.81	0.69	3.13	55.52
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.23	0.22	1.8	1.17	3.1	58.62
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.50	0.41	1.64	1.07	2.84	61.46
<i>Holocentrus rufus</i>	0.24	0.00	1.47	0.75	2.54	64
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.68	0.00	1.43	0.78	2.46	66.46
Sitios Ho1 vs. Ho6						
Disimilitud Promedio = 63.85	Sitio Ho1	Sitio Ho6				
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.10	3.69	4.97	2.32	7.79	7.79
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.02	3.66	3.32	1.07	5.2	12.98
<i>Carangoides ruber</i>	7.79	0.00	3.08	0.76	4.82	17.8
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.23	0.67	2.81	1.62	4.4	22.2
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.55	1.14	2.66	1.23	4.17	26.37
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.68	1.03	2.57	1.01	4.03	30.4
<i>Haemulon plumierii</i>	1.42	0.99	2.52	0.87	3.94	34.34
<i>Sparisoma viride</i>	0.77	1.10	2.44	1.17	3.82	38.16
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	2.27	0.49	3.56	41.72
<i>Stegastes variabilis</i>	0.00	0.10	2.21	3.29	3.46	45.18

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Melichthys niger</i>	0.00	1.33	2.2	0.74	3.44	48.62
<i>Ocyurus chrysurus</i>	2.07	0.00	2.18	0.77	3.41	52.03
<i>Clepticus parrae</i>	2.87	2.25	2.13	0.65	3.33	55.37
<i>Scarus iseri</i>	0.71	0.14	2	1.15	3.13	58.5
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.16	0.39	1.89	1.05	2.97	61.47
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.23	0.13	1.84	1.88	2.88	64.35
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.42	0.13	1.62	1.17	2.54	66.89
Sitios Ho2 vs. Ho3						
Disimilitud Promedio = 71.02	Sitio Ho2	Sitio Ho3				
<i>Sparisoma viride</i>	2.90	0.00	6.14	1.36	8.64	8.64
<i>Chromis cyanea</i>	2.65	0.00	5.29	2.64	7.45	16.09
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1.23	0.03	4.51	1.44	6.35	22.44
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.47	0.05	3.63	1.57	5.11	27.55
<i>Stegastes planifrons</i>	0.22	0.00	3.56	3.69	5.01	32.56
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.86	0.41	3.38	1	4.76	37.32
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.44	1.40	3.36	1.33	4.73	42.05
<i>Scarus iseri</i>	0.33	0.00	2.99	1.86	4.21	46.26
<i>Stegastes adustus</i>	0.55	0.01	2.91	0.84	4.09	50.35
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.56	0.50	2.54	0.86	3.58	53.92
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.35	0.26	2.32	0.87	3.26	57.18
<i>Ocyurus chrysurus</i>	1.32	0.00	2.28	0.76	3.21	60.4
<i>Stegastes variabilis</i>	0.02	0.23	2.13	0.94	2.99	63.39
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.14	0.00	1.88	1.1	2.65	66.04
Sitios Ho2 vs. Ho4						
Disimilitud Promedio = 54.38	Sitio Ho2	Sitio Ho4				
<i>Sparisoma viride</i>	2.90	0.00	3.86	1.47	7.09	7.09
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.00	1.22	3.78	3.82	6.95	14.04
<i>Chromis cyanea</i>	2.65	0.02	3.28	1.99	6.04	20.08
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.17	0.58	2.47	1.52	4.54	24.62
<i>Haemulon plumierii</i>	0.25	0.99	2.44	1.11	4.49	29.1
<i>Melichthys niger</i>	0.50	2.65	2.43	0.86	4.46	33.57
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.13	2.85	2.12	0.78	3.9	37.46

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.56	0.79	2.09	1.08	3.85	41.31
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.86	1.01	1.99	1.26	3.66	44.97
<i>Ocyurus chrysurus</i>	1.32	0.24	1.85	0.87	3.4	48.37
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.35	4.84	1.84	1.19	3.38	51.75
<i>Stegastes adustus</i>	0.55	0.00	1.83	0.85	3.37	55.12
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	1.33	0.67	1.63	0.68	2.99	58.11
<i>Epinephelus guttatus</i>	0.48	0.48	1.39	0.66	2.55	60.67
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.44	0.49	1.37	1.05	2.52	63.19
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.14	0.01	1.3	1.18	2.39	65.58
Sitios Ho2 vs. Ho5						
Disimilitud Promedio = 55.13	Sitio Ho2	Sitio Ho5				
<i>Haemulon plumierii</i>	0.25	1.30	3.46	1.29	6.28	6.28
<i>Sparisoma viride</i>	2.90	1.01	3.33	0.99	6.03	12.32
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1.23	0.29	2.85	1.05	5.17	17.49
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.86	0.20	2.84	1.03	5.15	22.64
<i>Ocyurus chrysurus</i>	1.32	1.48	2.75	1.07	5	27.64
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.47	0.22	2.35	1.26	4.25	31.89
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.17	0.80	2.28	0.9	4.13	36.02
<i>Chromis cyanea</i>	2.65	0.94	2.24	1.8	4.06	40.08
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.44	0.77	2.14	0.98	3.89	43.97
<i>Scarus iseri</i>	0.33	0.47	2.07	1.36	3.76	47.72
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.56	0.09	2.03	1.31	3.69	51.41
<i>Stegastes adustus</i>	0.55	0.06	1.99	0.87	3.61	55.02
<i>Stegastes planifrons</i>	0.22	0.09	1.97	1.44	3.58	58.6
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.14	0.29	1.75	1.07	3.17	61.77
<i>Scarus taeniopterus</i>	0.12	0.25	1.56	1.06	2.83	64.6
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.35	0.41	1.49	0.96	2.69	67.29
Sitios Ho2 vs. Ho6						
Disimilitud Promedio = 52.99	Sitio Ho2	Sitio Ho6				
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.05	3.66	3.07	1.13	5.78	5.78
<i>Chromis cyanea</i>	2.65	0.09	2.95	1.76	5.57	11.36
<i>Sparisoma viride</i>	2.90	1.10	2.77	1.34	5.22	16.58

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.17	0.67	2.51	1.74	4.73	21.31
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.86	3.69	2.44	1.41	4.61	25.92
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.56	1.14	2.42	1.2	4.57	30.49
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.13	1.03	2.4	1.06	4.53	35.02
<i>Stegastes planifrons</i>	0.22	0.00	2.29	4.34	4.33	39.34
<i>Melichthys niger</i>	0.50	1.33	2.21	0.85	4.16	43.51
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1.23	0.39	2.11	1.1	3.98	47.49
<i>Ocyurus chrysurus</i>	1.32	0.00	1.62	0.76	3.05	50.55
<i>Stegastes adustus</i>	0.55	0.04	1.62	0.96	3.05	53.6
<i>Scarus iseri</i>	0.33	0.14	1.54	1.36	2.91	56.51
<i>Scarus taeniopterus</i>	0.12	0.27	1.53	0.94	2.88	59.39
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.44	0.84	1.51	0.92	2.85	62.25
<i>Stegastes variabilis</i>	0.02	0.10	1.48	1.39	2.8	65.05
Sitios Ho3 vs. Ho4						
Disimilitud Promedio = 67.56	Sitio Ho3	Sitio Ho4				
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.55	1.22	4.68	2.23	6.93	6.93
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.26	4.84	4.23	1.25	6.26	13.19
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.05	0.58	3.87	1.99	5.72	18.92
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.03	0.84	3.78	1.9	5.59	24.51
<i>Haemulon plumierii</i>	0.37	0.99	3.6	1.17	5.32	29.83
<i>Scarus iseri</i>	0.00	0.27	3.46	2.3	5.13	34.96
<i>Melichthys niger</i>	0.00	2.65	3.23	0.79	4.78	39.74
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.05	0.51	3.2	1.87	4.73	44.47
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.41	1.01	3.08	1.24	4.56	49.04
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1.40	0.49	2.97	1.98	4.4	53.43
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.50	0.79	2.9	1.06	4.3	57.73
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.00	2.85	2.74	0.7	4.06	61.79
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.01	0.12	2.6	2.13	3.86	65.64
Sitios Ho3 vs. Ho5						
Disimilitud Promedio = 70.84	Sitio Ho3	Sitio Ho5				
<i>Chromis cyanea</i>	0.00	0.94	5.63	2.65	7.94	7.94
<i>Haemulon plumierii</i>	0.37	1.30	5.52	1.27	7.79	15.73

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, Av.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1.40	0.77	4.41	1.33	6.22	21.95
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.00	1.48	3.6	1.11	5.09	27.03
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.00	0.29	3.51	1.69	4.96	31.99
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.05	0.80	3.49	0.84	4.93	36.92
<i>Sparisoma viride</i>	0.00	1.01	3.1	1.11	4.38	41.3
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.41	0.20	2.96	1.01	4.19	45.48
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.26	0.41	2.94	1.2	4.15	49.64
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.50	0.09	2.79	1.16	3.94	53.58
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.55	0.28	2.74	0.82	3.87	57.45
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.03	0.29	2.45	1.3	3.46	60.91
<i>Scarus iseri</i>	0.00	0.47	2.36	0.96	3.33	64.24
<i>Stegastes variabilis</i>	0.23	0.01	2.28	0.82	3.21	67.46
Sitios Ho3 vs. Ho6						
Disimilitud Promedio = 67.21	Sitio Ho3	Sitio Ho6				
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.41	3.69	4.83	1.6	7.18	7.18
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.00	3.66	4.4	1.09	6.55	13.73
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.50	1.14	3.83	1.39	5.7	19.42
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.05	0.67	3.82	2.33	5.68	25.1
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.00	1.03	3.55	1.07	5.28	30.38
<i>Sparisoma viride</i>	0.00	1.10	3.49	1.02	5.19	35.57
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1.40	0.84	3.47	2.07	5.16	40.73
<i>Melichthys niger</i>	0.00	1.33	2.93	0.76	4.37	45.1
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.26	0.73	2.47	0.97	3.67	48.77
<i>Stegastes variabilis</i>	0.23	0.10	2.46	2.66	3.66	52.43
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.03	0.39	2.44	1.43	3.63	56.06
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.05	0.13	2.07	1.66	3.08	59.14
<i>Scarus iseri</i>	0.00	0.14	1.98	1.14	2.95	62.09
<i>Haemulon plumierii</i>	0.37	0.99	1.97	0.69	2.93	65.03
Sitios Ho4 vs. Ho5						
Disimilitud Promedio = 59.31	Sitio Ho4	Sitio Ho5				
<i>Chromis cyanea</i>	0.02	0.94	3.07	2.16	5.18	5.18
<i>Cephalopholis fulva</i>	1.22	0.28	2.91	1.32	4.91	10.08

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Microspathodon chrysurus</i>	1.01	0.20	2.85	1.38	4.8	14.89
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	4.84	0.41	2.77	1.08	4.66	19.55
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.58	0.80	2.58	1.91	4.35	23.9
<i>Melichthys niger</i>	2.65	0.00	2.45	0.77	4.13	28.03
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.24	1.48	2.45	1.1	4.13	32.16
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.84	0.29	2.34	1.06	3.95	36.11
<i>Haemulon plumierii</i>	0.99	1.30	2.25	1.3	3.79	39.9
<i>Sparisoma viride</i>	0.00	1.01	2.14	1.11	3.61	43.51
<i>Haemulon carbonarium</i>	2.85	0.00	2.12	0.69	3.57	47.08
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.01	0.29	2.09	1.74	3.52	50.6
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.51	0.22	2.08	1.28	3.51	54.11
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.79	0.09	2.05	1.29	3.45	57.56
<i>Scarus iseri</i>	0.27	0.47	1.94	1.28	3.28	60.84
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.49	0.77	1.58	1.48	2.67	63.51
<i>Carangoides ruber</i>	0.12	0.35	1.51	0.64	2.54	66.06
Sitios Ho4 vs. Ho6						
Disimilitud Promedio = 51.89	Sitio Ho4	Sitio Ho6				
<i>Cephalopholis fulva</i>	1.22	0.28	3.59	5	6.91	6.91
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.00	0.00	3.01	1.1	5.8	12.71
<i>Haemulon carbonarium</i>	2.85	0.00	2.7	1.21	5.19	17.9
<i>Melichthys niger</i>	2.65	0.00	2.64	1.05	5.09	23
<i>Haemulon plumierii</i>	0.99	1.30	2.49	1.24	4.79	27.79
<i>Sparisoma viride</i>	0.00	1.01	2.3	1.03	4.44	32.23
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.79	0.09	2.18	1.24	4.2	36.43
<i>Microspathodon chrysurus</i>	1.01	0.20	2.1	1.22	4.04	40.47
<i>Stegastes variabilis</i>	0.00	0.01	1.96	5.34	3.78	44.25
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.84	0.29	1.71	1.01	3.29	47.54
<i>Lutjanus apodus</i>	0.31	0.00	1.56	1	3.01	50.55
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	4.84	0.41	1.38	1.03	2.67	53.22
<i>Scarus iseri</i>	0.27	0.47	1.38	1.25	2.65	55.87
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.01	0.29	1.29	1.2	2.49	58.36
<i>Clepticus parrae</i>	0.00	0.33	1.28	0.49	2.47	60.83
<i>Scarus taeniopterus</i>	0.00	0.25	1.24	0.73	2.38	63.21

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.51	0.22	1.19	1.68	2.29	65.5
Sitios Ho5 vs. Ho6						
Disimilitud Promedio = 59.61	Sitio Ho5	Sitio Ho6				
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.20	3.69	4.77	2.25	8	8
<i>Haemulon plumierii</i>	1.30	0.99	3.41	1.6	5.72	13.73
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.00	3.66	3.37	1.07	5.65	19.38
<i>Chromis cyanea</i>	0.94	0.09	2.68	1.85	4.49	23.87
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.00	1.03	2.67	1.05	4.48	28.35
<i>Sparisoma viride</i>	1.01	1.10	2.59	1.13	4.34	32.7
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.80	0.67	2.57	2.05	4.31	37.01
<i>Ocyurus chrysurus</i>	1.48	0.00	2.46	1.13	4.13	41.14
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.09	1.14	2.43	1.42	4.07	45.21
<i>Melichthys niger</i>	0.00	1.33	2.19	0.75	3.68	48.89
<i>Clepticus parrae</i>	0.33	2.25	1.9	0.65	3.18	52.07
<i>Stegastes variabilis</i>	0.01	0.10	1.88	1.84	3.16	55.23
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.29	0.39	1.88	1.09	3.15	58.38
<i>Scarus iseri</i>	0.47	0.14	1.75	1.18	2.94	61.32
<i>Scarus taeniopterus</i>	0.25	0.27	1.74	1.02	2.92	64.24
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.41	0.73	1.62	0.98	2.71	66.95
Sitios PR1 vs. PR2						
Disimilitud Promedio = 87.01	Sitio PR1	Sitio PR2				
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.33	0.39	9.39	1.82	10.79	10.79
<i>Stegastes partitus</i>	0.55	0.00	8.5	2.95	9.76	20.56
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.09	0.00	6.15	1.16	7.07	27.63
<i>Acanthurus bahianus</i>	1.57	0.04	5.63	1.23	6.47	34.1
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.60	0.02	5.58	1.4	6.41	40.52
<i>Haemulon plumierii</i>	0.62	0.00	5.24	0.89	6.03	46.54
<i>Haemulon sciurus</i>	0.07	0.04	3.72	1.04	4.28	50.82
<i>Sparisoma viride</i>	2.20	0.00	3.67	0.7	4.21	55.03
<i>Carangoides ruber</i>	0.24	0.00	3.56	0.49	4.09	59.12
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.34	0.00	3.42	1.08	3.93	63.05

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.35	0.02	3.08	1.09	3.54	66.6
Sitios PR1 vs. PR3						
Disimilitud Promedio = 73.59	Sitio PR1	Sitio PR3				
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.33	6.72	8.33	1.82	11.32	11.32
<i>Scarus iseri</i>	0.12	3.26	5.62	1.75	7.64	18.95
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	5.00	4.68	0.95	6.37	25.32
<i>Sparisoma viride</i>	2.20	1.08	4.2	1.32	5.71	31.03
<i>Acanthurus bahianus</i>	1.57	1.28	3.41	1.56	4.63	35.66
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.60	2.67	3.25	1.45	4.41	40.07
<i>Lutjanus apodus</i>	0.24	1.36	2.94	0.78	3.99	44.06
<i>Stegastes leucostictus</i>	0.02	0.25	2.89	1.03	3.92	47.98
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.34	0.51	2.67	1.35	3.63	51.62
<i>Haemulon carbonarium</i>	2.18	0.67	2.63	0.94	3.57	55.19
<i>Haemulon plumierii</i>	0.62	0.13	2.54	1.1	3.46	58.65
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.23	0.20	2.52	1.28	3.43	62.07
<i>Stegastes partitus</i>	0.55	0.03	2.4	1.58	3.26	65.33
Sitios PR1 vs. PR4						
Disimilitud Promedio = 75.81	Sitio PR1	Sitio PR4				
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0.00	2.66	8.05	1.02	10.62	10.62
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.60	2.38	6.4	1.16	8.45	19.07
<i>Acanthurus bahianus</i>	1.57	0.00	5.71	1.66	7.53	26.6
<i>Haemulon plumierii</i>	0.62	0.52	5.04	1.05	6.65	33.25
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.09	0.00	4.77	1.16	6.3	39.55
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.34	0.17	4.7	1.56	6.2	45.75
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.35	0.00	3.64	1.85	4.8	50.56
<i>Sparisoma viride</i>	2.20	0.00	3.29	0.71	4.34	54.89
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	2.85	0.49	3.76	58.65
<i>Carangoides ruber</i>	0.24	0.00	2.75	0.49	3.63	62.28
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.00	0.12	2.05	0.44	2.7	64.98
<i>Anisotremus virginicus</i>	0.24	0.00	1.9	0.71	2.5	67.49

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sitios PR1 vs. PR5						
Disimilitud Promedio = 71.91	Sitio PR1	Sitio PR5				
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.34	1.40	5.31	1.27	7.38	7.38
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.01	0.24	4.36	1.84	6.07	13.44
<i>Balistes vetula</i>	0.00	0.65	4.27	1.06	5.94	19.39
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.60	0.00	3.79	1.85	5.27	24.65
<i>Stegastes partitus</i>	0.55	2.41	3.78	1.5	5.25	29.9
<i>Holocentrus adscensionis</i>	0.14	0.30	3.72	1.23	5.17	35.07
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.09	0.00	3.29	1.18	4.57	39.64
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.23	0.07	3.22	2.09	4.47	44.11
<i>Haemulon plumierii</i>	0.62	0.13	3.11	1.09	4.33	48.44
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.35	0.00	2.77	1.94	3.85	52.29
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.04	0.05	2.76	1.43	3.84	56.13
<i>Sparisoma viride</i>	2.20	0.00	2.73	0.73	3.8	59.93
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.00	2.54	0.49	3.53	63.46
<i>Acanthurus bahianus</i>	1.57	0.35	2.4	1.67	3.34	66.8
Sitios PR1 vs. PR6						
Disimilitud Promedio = 73.65	Sitio PR1	Sitio PR6				
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.33	1.08	4.32	1.14	5.86	5.86
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.60	7.49	4.13	1.28	5.61	11.47
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.34	1.16	3.7	1.18	5.02	16.49
<i>Kyphosus sectator</i>	51.60	0.71	3.37	0.79	4.57	21.06
<i>Haemulon carbonarium</i>	2.18	1.05	3.31	1.23	4.49	25.55
<i>Haemulon plumierii</i>	0.62	0.82	3.14	1.03	4.26	29.81
<i>Stegastes partitus</i>	0.55	0.02	3.09	1.75	4.19	34
<i>Sparisoma viride</i>	2.20	0.46	3.02	1.02	4.1	38.1
<i>Lutjanus apodus</i>	0.24	0.49	3	1.05	4.07	42.17
<i>Acanthurus bahianus</i>	1.57	0.35	3	1.57	4.07	46.25
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.23	0.51	2.98	1.08	4.04	50.29
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.02	0.35	2.88	1.19	3.92	54.21
<i>Scarus iseri</i>	0.12	0.85	2.79	1.05	3.79	58
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.35	0.34	2.1	1.31	2.85	60.85
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.09	0.01	2.07	1.08	2.81	63.66

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Caranx crysos</i>	0.00	0.72	1.85	0.46	2.51	66.16
Sitios PR2 vs. PR3						
Disimilitud Promedio = 78.00	Sitio PR2	Sitio PR3				
<i>Scarus iseri</i>	0.00	3.26	9.03	5.14	11.58	11.58
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.39	6.72	6.33	2.43	8.12	19.69
<i>Sparisoma viride</i>	0.00	1.08	5.59	1.47	7.17	26.86
<i>Stegastes leucostictus</i>	0.00	0.25	4.82	1.36	6.18	33.04
<i>Lutjanus apodus</i>	0.04	1.36	4.15	0.97	5.32	38.37
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.00	0.51	4.12	1.76	5.29	43.65
<i>Kyphosus sectator</i>	0.00	5.00	4.07	0.79	5.22	48.87
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.02	2.67	3.53	0.99	4.53	53.4
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.00	0.20	3.36	1.29	4.3	57.7
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.04	1.28	3.09	1.03	3.97	61.67
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.02	0.26	3.04	1.07	3.9	65.56
Sitios PR2 vs. PR4						
Disimilitud Promedio = 98.22	Sitio PR2	Sitio PR4				
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0.00	2.66	13.48	1.18	13.72	13.72
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.39	0.00	13.45	4.68	13.69	27.42
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.00	0.17	10.77	6.57	10.96	38.38
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.02	2.38	10.74	0.99	10.94	49.32
<i>Stegastes partitus</i>	0.00	0.17	10.47	4.64	10.66	59.97
<i>Haemulon plumierii</i>	0.00	0.52	6.65	0.77	6.77	66.75
Sitios PR2 vs. PR5						
Disimilitud Promedio = 95.49	Sitio PR2	Sitio PR5				
<i>Stegastes partitus</i>	0.00	2.41	13.24	8.44	13.86	13.86
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.00	1.40	11.3	7.8	11.84	25.7
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.39	0.00	8.38	9.64	8.77	34.47
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.00	0.24	7.37	7.21	7.71	42.19
<i>Balistes vetula</i>	0.00	0.65	6.36	1.19	6.66	48.85
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.04	0.35	5.74	1.67	6.01	54.86
<i>Holocentrus adscensionis</i>	0.00	0.30	5.7	1.51	5.97	60.83

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.00	0.07	4.92	3.79	5.15	65.98
Sitios PR2 vs. PR6						
Disimilitud Promedio = 81.84	Sitio PR2	Sitio PR6				
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.00	1.16	7.51	3.1	9.17	9.17
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.02	7.49	7.08	1.59	8.66	17.83
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.00	0.51	4.86	1.64	5.94	23.77
<i>Haemulon plumierii</i>	0.00	0.82	4.31	0.76	5.26	29.03
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.00	1.05	3.9	1.17	4.77	33.8
<i>Lutjanus apodus</i>	0.04	0.49	3.86	1.29	4.72	38.51
<i>Scarus iseri</i>	0.00	0.85	3.79	1.08	4.63	43.15
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.01	0.35	3.72	1.4	4.54	47.69
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.39	1.08	3	1.43	3.67	51.36
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.02	0.34	2.95	1.42	3.6	54.96
<i>Caranx crysos</i>	0.00	0.72	2.7	0.49	3.3	58.26
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.04	0.35	2.68	0.98	3.28	61.54
<i>Sparisoma viride</i>	0.00	0.46	2.37	0.8	2.89	64.44
<i>Haemulon aurolineatum</i>	0.00	0.52	2.32	0.49	2.84	67.27
Sitios PR3 vs. PR4						
Disimilitud Promedio = 84.38	Sitio PR3	Sitio PR4				
<i>Stegastes diencaeus</i>	6.72	0.00	11.05	3.53	13.09	13.09
<i>Scarus iseri</i>	3.26	0.00	7.92	5.35	9.39	22.48
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0.00	2.66	5.85	1.13	6.94	29.42
<i>Acanthurus coeruleus</i>	2.67	2.38	5.01	1.11	5.93	35.35
<i>Sparisoma viride</i>	1.08	0.00	4.94	1.48	5.86	41.21
<i>Stegastes leucostictus</i>	0.25	0.00	4.15	1.39	4.92	46.13
<i>Kyphosus sectator</i>	5.00	0.00	3.69	0.79	4.37	50.5
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.26	0.00	3.68	1.33	4.36	54.86
<i>Lutjanus apodus</i>	1.36	0.00	3.4	0.76	4.04	58.9
<i>Haemulon plumierii</i>	0.13	0.52	3.37	1.03	3.99	62.89
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.20	0.00	2.92	1.28	3.47	66.35

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sitios PR3 vs. PR5						
Disimilitud Promedio = 79.80	Sitio PR3	Sitio PR5				
<i>Stegastes diencaeus</i>	6.72	0.00	8.82	4.28	11.06	11.06
<i>Scarus iseri</i>	3.26	0.01	5.82	3.44	7.3	18.35
<i>Stegastes partitus</i>	0.03	2.41	5.27	3.4	6.6	24.96
<i>Sparisoma viride</i>	1.08	0.00	4.01	1.5	5.03	29.99
<i>Acanthurus bahianus</i>	1.28	0.35	3.85	2.97	4.83	34.82
<i>Balistes vetula</i>	0.00	0.65	3.39	1.15	4.24	39.06
<i>Stegastes leucostictus</i>	0.25	0.00	3.25	1.45	4.08	43.14
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.51	1.40	3.13	1.17	3.92	47.05
<i>Kyphosus sectator</i>	5.00	0.00	3.12	0.78	3.91	50.96
<i>Holocentrus adscensionis</i>	0.00	0.30	3.02	1.45	3.79	54.75
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.26	0.00	2.92	1.36	3.66	58.41
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.20	0.24	2.74	1.66	3.44	61.85
<i>Lutjanus apodus</i>	1.36	0.00	2.73	0.75	3.42	65.26
Sitios PR3 vs. PR6						
Disimilitud Promedio = 61.70	Sitio PR3	Sitio PR6				
<i>Acanthurus coeruleus</i>	2.67	7.49	4.27	1.57	6.92	6.92
<i>Stegastes diencaeus</i>	6.72	1.08	3.3	1.5	5.35	12.27
<i>Scarus iseri</i>	3.26	0.85	3.15	1.22	5.1	17.37
<i>Kyphosus sectator</i>	5.00	0.71	3.01	0.98	4.87	22.25
<i>Sparisoma viride</i>	1.08	0.46	2.81	1.21	4.55	26.8
<i>Lutjanus apodus</i>	1.36	0.49	2.78	1.24	4.51	31.31
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.67	1.05	2.64	1.16	4.27	35.58
<i>Stegastes leucostictus</i>	0.25	0.00	2.57	1.42	4.16	39.74
<i>Haemulon plumierii</i>	0.13	0.82	2.44	1.01	3.96	43.7
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.51	1.16	2.31	1.13	3.75	47.45
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.20	0.51	2.2	1.65	3.57	51.02
<i>Acanthurus bahianus</i>	1.28	0.35	2.1	0.93	3.4	54.42
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.04	0.35	1.95	1.35	3.16	57.58
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.26	0.34	1.79	1.23	2.91	60.49
<i>Stegastes planifrons</i>	0.02	0.33	1.62	0.95	2.62	63.11
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.03	0.22	1.53	0.82	2.48	65.59

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sitios PR4 vs. PR5						
Disimilitud Promedio = 73.38	Sitio PR4	Sitio PR5				
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	2.66	0.00	7.43	1.19	10.13	10.13
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.00	0.35	6.76	8.3	9.21	19.34
<i>Acanthurus coeruleus</i>	2.38	0.00	5.93	0.95	8.08	27.43
<i>Stegastes partitus</i>	0.17	2.41	5.65	4.01	7.7	35.12
<i>Balistes vetula</i>	0.00	0.65	5.39	1.19	7.35	42.47
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.01	0.24	5.28	3.21	7.19	49.66
<i>Holocentrus adscensionis</i>	0.00	0.30	4.82	1.51	6.57	56.23
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.00	0.07	4.16	3.76	5.67	61.9
<i>Haemulon plumierii</i>	0.52	0.13	4.14	1.02	5.64	67.54
Sitios PR4 vs. PR6						
Disimilitud Promedio = 81.16	Sitio PR4	Sitio PR6				
<i>Acanthurus coeruleus</i>	2.38	7.49	5.73	1.41	7.06	7.06
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.00	1.08	5.59	1.38	6.89	13.95
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	2.66	0.00	5.46	1.14	6.73	20.69
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.00	0.51	4.32	1.68	5.33	26.02
<i>Haemulon plumierii</i>	0.52	0.82	3.91	0.96	4.82	30.83
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.00	0.35	3.8	1.44	4.69	35.52
<i>Lutjanus apodus</i>	0.00	0.49	3.72	1.17	4.58	40.1
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.00	1.05	3.54	1.17	4.36	44.46
<i>Scarus iseri</i>	0.00	0.85	3.43	1.09	4.22	48.68
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.00	0.34	3.42	1.61	4.22	52.9
<i>Stegastes partitus</i>	0.17	0.02	3.09	1.52	3.81	56.71
<i>Caranx crysos</i>	0.01	0.72	2.6	0.59	3.2	59.91
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.17	1.16	2.46	1.83	3.03	62.95
<i>Sparisoma viride</i>	0.00	0.46	2.15	0.8	2.65	65.6
Sitios PR5 vs. PR6						
Disimilitud Promedio = 76.35	Sitio PR5	Sitio PR6				
<i>Stegastes partitus</i>	2.41	0.02	5.8	2.76	7.59	7.59
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.00	7.49	5.53	1.61	7.24	14.83
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.00	1.08	4.47	1.44	5.86	20.69

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.35	0.35	3.25	2.26	4.26	24.95
<i>Balistes vetula</i>	0.65	0.00	3.2	1.16	4.19	29.15
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.00	0.35	3.11	1.5	4.07	33.22
<i>Lutjanus apodus</i>	0.00	0.49	3.01	1.18	3.95	37.17
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.00	1.05	2.98	1.17	3.91	41.07
<i>Haemulon plumierii</i>	0.13	0.82	2.94	0.94	3.85	44.92
<i>Scarus iseri</i>	0.01	0.85	2.85	1.19	3.73	48.66
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.00	0.34	2.82	1.61	3.69	52.35
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.24	0.04	2.72	1.64	3.56	55.91
<i>Holocentrus adscensionis</i>	0.30	0.08	2.71	1.36	3.54	59.46
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.07	0.51	2.3	2.32	3.01	62.47
<i>Sparisoma viride</i>	0.00	0.46	1.83	0.8	2.39	64.86
<i>Caranx crysos</i>	0.00	0.72	1.79	0.49	2.35	67.21
Sitios RH1 vs. RH2						
Disimilitud Promedio = 57.72	Sitio RH1	Sitio RH2				
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.13	0.64	5.41	6.86	9.37	9.37
<i>Scarus iseri</i>	0.00	0.14	5.23	4.08	9.05	18.42
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.33	0.00	4.76	1.65	8.24	26.66
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.05	0.21	4.33	6.47	7.5	34.17
<i>Haemulon plumierii</i>	0.38	0.20	4.1	1.28	7.11	41.28
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.10	0.20	3.78	1.63	6.56	47.83
<i>Chromis cyanea</i>	0.33	0.05	3.69	2.43	6.39	54.23
<i>Haemulon sciurus</i>	0.02	0.14	2.85	0.89	4.94	59.17
<i>Sparisoma viride</i>	0.31	0.00	2.83	0.77	4.91	64.08
<i>Balistes vetula</i>	0.00	1.08	2.74	0.49	4.74	68.82
Sitios RH1 vs. RH3						
Disimilitud Promedio = 43.82	Sitio RH1	Sitio RH3				
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.33	0.01	5.27	1.48	12.02	12.02
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.03	0.15	4.88	1.5	11.13	23.15
<i>Chromis cyanea</i>	0.33	0.10	4.5	1.86	10.27	33.42
<i>Haemulon plumierii</i>	0.38	0.00	3.9	0.98	8.9	42.32
<i>Sparisoma viride</i>	0.31	0.02	3.8	0.94	8.68	51

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.08	0.03	3.48	1.22	7.95	58.95
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.13	0.09	3.4	1.11	7.76	66.7
Sitios RH1 vs. RH4						
Disimilitud Promedio = 54.14	Sitio RH1	Sitio RH4				
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.33	0.00	4.94	1.68	9.13	9.13
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.13	0.02	4.41	2.18	8.14	17.26
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.05	0.00	4.4	6.4	8.12	25.38
<i>Haemulon plumierii</i>	0.38	0.59	4.35	1.06	8.03	33.41
<i>Haemulon sciurus</i>	0.02	0.42	4.07	1.12	7.51	40.92
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.10	0.24	3.91	1.53	7.22	48.14
<i>Sparisoma viride</i>	0.31	0.06	3.85	1.34	7.12	55.26
<i>Chromis cyanea</i>	0.33	0.25	3.84	1.45	7.09	62.35
<i>Bodianus rufus</i>	0.00	0.34	3.31	0.79	6.12	68.47
Sitios RH1 vs. RH5						
Disimilitud Promedio = 57.53	Sitio RH1	Sitio RH5				
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.33	0.00	5.38	1.69	9.35	9.35
<i>Sparisoma viride</i>	0.31	0.62	5.07	0.97	8.81	18.16
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.13	0.33	5.04	2.49	8.76	26.93
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.05	0.00	4.81	6.6	8.36	35.28
<i>Chromis cyanea</i>	0.33	0.13	4.57	1.25	7.94	43.22
<i>Haemulon plumierii</i>	0.38	0.25	4.35	1.08	7.57	50.79
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.10	0.21	4.22	1.5	7.34	58.13
<i>Scarus iseri</i>	0.00	0.20	4.07	1.14	7.07	65.2
Sitios RH1 vs. RH6						
Disimilitud Promedio = 55.65	Sitio RH1	Sitio RH6				
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.33	0.00	5.86	1.72	10.52	10.52
<i>Stegastes partitus</i>	0.27	0.03	5.66	1.71	10.16	20.69
<i>Chromis cyanea</i>	0.33	0.00	5.45	1.09	9.8	30.49

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Haemulon plumierii</i>	0.38	0.30	5.37	1.26	9.65	40.14
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.05	0.14	5.22	6.62	9.38	49.52
<i>Sparisoma viride</i>	0.31	0.27	4.47	0.87	8.03	57.55
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.13	0.04	4.15	1.56	7.45	65
Sitios RH2 vs. RH3						
Disimilitud Promedio = 54.28	Sitio RH2	Sitio RH3				
<i>Scarus iseri</i>	0.14	0.00	6.28	3.98	11.58	11.58
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.64	0.15	5.97	2.02	11	22.58
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.20	0.06	4.01	1.25	7.39	29.98
<i>Haemulon plumierii</i>	0.20	0.00	3.88	0.8	7.14	37.12
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.06	0.15	3.44	1.09	6.34	43.46
<i>Balistes vetula</i>	1.08	0.00	3.27	0.49	6.03	49.49
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.10	0.09	3.13	1.06	5.76	55.25
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.21	0.01	2.92	0.97	5.38	60.63
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.08	0.03	2.88	1.05	5.31	65.94
Sitios RH2 vs. RH4						
Disimilitud Promedio = 50.70	Sitio RH2	Sitio RH4				
<i>Haemulon plumierii</i>	0.20	0.59	4.25	0.95	8.39	8.39
<i>Bodianus rufus</i>	0.54	0.34	4.01	0.93	7.91	16.3
<i>Haemulon sciurus</i>	0.14	0.42	4.01	0.87	7.9	24.2
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.20	0.24	3.81	1.06	7.51	31.71
<i>Sparisoma viride</i>	0.00	0.06	3.18	1.15	6.27	37.98
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.06	0.05	2.99	1.17	5.9	43.88
<i>Balistes vetula</i>	1.08	0.00	2.78	0.49	5.48	49.36
<i>Scarus iseri</i>	0.14	0.04	2.74	1.31	5.41	54.78
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.64	0.02	2.55	0.69	5.03	59.81
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0.67	0.00	2.35	0.49	4.63	64.44
<i>Chromis cyanea</i>	0.05	0.25	1.89	1.67	3.72	68.16
Sitios RH2 vs. RH5						
Disimilitud Promedio = 54.10	Sitio RH2	Sitio RH5				
<i>Haemulon plumierii</i>	0.20	0.25	4.21	0.92	7.78	7.78

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Sparisoma viride</i>	0.00	0.62	3.96	0.68	7.33	15.11
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.20	0.21	3.85	1.03	7.12	22.23
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.64	0.33	3.84	0.86	7.09	29.31
<i>Bodianus rufus</i>	0.54	0.12	3.64	0.88	6.72	36.03
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.55	0.55	3.42	0.67	6.32	42.35
<i>Scarus iseri</i>	0.14	0.20	3.4	1.4	6.29	48.64
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.06	0.00	3.12	1.15	5.77	54.41
<i>Balistes vetula</i>	1.08	0.00	3.03	0.49	5.6	60.01
<i>Chromis cyanea</i>	0.05	0.13	2.73	1.16	5.05	65.06
Sitios RH2 vs. RH6						
Disimilitud Promedio = 63.60	Sitio RH2	Sitio RH6				
<i>Scarus iseri</i>	0.14	0.00	6.34	3.98	9.97	9.97
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.20	0.27	5.41	1.61	8.51	18.48
<i>Chromis cyanea</i>	0.05	0.00	5.12	4.32	8.05	26.54
<i>Stegastes partitus</i>	0.20	0.03	5.02	1.62	7.89	34.43
<i>Haemulon plumierii</i>	0.20	0.30	4.86	0.99	7.64	42.07
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.64	0.04	3.92	0.97	6.17	48.24
<i>Haemulon sciurus</i>	0.14	0.28	3.72	0.68	5.85	54.09
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.06	0.00	3.4	1.15	5.35	59.44
<i>Balistes vetula</i>	1.08	0.00	3.3	0.49	5.19	64.64
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.21	0.14	2.99	0.67	4.7	69.33
Sitios RH3 vs. RH4						
Disimilitud Promedio = 52.97	Sitio RH3	Sitio RH4				
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.15	0.05	5.79	2.03	10.93	10.93
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.15	0.02	5.01	1.55	9.46	20.39
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.09	0.34	4.61	1.18	8.71	29.1
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.06	0.24	4.45	1.24	8.41	37.51
<i>Haemulon sciurus</i>	0.00	0.42	4.38	0.78	8.27	45.78
<i>Bodianus rufus</i>	0.00	0.34	3.95	0.8	7.45	53.23
<i>Sparisoma viride</i>	0.02	0.06	3.64	1.1	6.87	60.1
<i>Scarus iseri</i>	0.00	0.04	3.5	1.11	6.61	66.71

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sitios RH3 vs. RH5						
Disimilitud Promedio = 59.70	Sitio RH3	Sitio RH5				
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.15	0.00	7.74	4.96	12.97	12.97
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.15	0.33	6.06	1.75	10.16	23.13
<i>Sparisoma viride</i>	0.02	0.62	5.3	0.79	8.87	32
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.09	0.31	5.05	1.14	8.45	40.46
<i>Scarus iseri</i>	0.00	0.20	4.99	1.16	8.36	48.82
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.06	0.21	4.54	1.22	7.61	56.42
<i>Chromis cyanea</i>	0.10	0.13	4.19	1.43	7.01	63.43
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.03	0.06	3.41	1.05	5.71	69.15
Sitios RH3 vs. RH6						
Disimilitud Promedio = 64.60	Sitio RH3	Sitio RH6				
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.15	0.00	8.65	5.28	13.39	13.39
<i>Chromis cyanea</i>	0.10	0.00	7.57	3.9	11.72	25.1
<i>Stegastes partitus</i>	0.19	0.03	6.43	1.56	9.95	35.05
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.06	0.27	5.79	1.31	8.96	44.01
<i>Haemulon plumierii</i>	0.00	0.30	5.56	0.79	8.6	52.61
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.15	0.04	5.3	1.36	8.2	60.81
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.09	0.21	4.89	1.06	7.57	68.38
Sitios RH4 vs. RH5						
Disimilitud Promedio = 48.85	Sitio RH4	Sitio RH5				
<i>Sparisoma viride</i>	0.06	0.62	4.77	1.1	9.76	9.76
<i>Bodianus rufus</i>	0.34	0.12	4.33	1.01	8.86	18.62
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.24	0.21	4.31	1.06	8.81	27.43
<i>Haemulon sciurus</i>	0.42	0.01	4.26	0.93	8.73	36.16
<i>Chromis cyanea</i>	0.25	0.13	4.1	1.36	8.39	44.55
<i>Haemulon plumierii</i>	0.59	0.25	3.77	0.69	7.72	52.27
<i>Scarus iseri</i>	0.04	0.20	3.55	1.26	7.26	59.53
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.02	0.33	3.22	0.85	6.59	66.12

Cuadro C2 (Continuación). Resultados del SIMPER entre sitios por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, PR es Poza Rica, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av. Biom.	Av.Biom.	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sitios RH4 vs. RH6						
Disimilitud Promedio = 60.59	Sitio RH4	Sitio RH6				
<i>Chromis cyanea</i>	0.25	0.00	7.69	6	12.7	12.7
<i>Stegastes partitus</i>	0.30	0.03	5.96	1.85	9.84	22.54
<i>Haemulon plumierii</i>	0.59	0.30	5.55	0.94	9.16	31.7
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.24	0.27	5.28	1.35	8.71	40.41
<i>Haemulon sciurus</i>	0.42	0.28	5.09	0.87	8.4	48.82
<i>Sparisoma viride</i>	0.06	0.27	4.87	1.29	8.03	56.85
<i>Bodianus rufus</i>	0.34	0.00	3.98	0.8	6.57	63.42
<i>Scarus iseri</i>	0.04	0.00	3.54	1.11	5.84	69.25
Sitios RH5 vs. RH6						
Disimilitud Promedio = 58.84	Sitio RH5	Sitio RH6				
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.21	0.27	6.27	1.53	10.66	10.66
<i>Sparisoma viride</i>	0.62	0.27	6.1	0.85	10.36	21.02
<i>Haemulon plumierii</i>	0.25	0.30	5.65	0.89	9.6	30.63
<i>Scarus iseri</i>	0.20	0.00	5.04	1.16	8.57	39.2
<i>Stegastes partitus</i>	0.10	0.03	4.75	1.32	8.08	47.28
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.33	0.04	4.53	1.06	7.7	54.97
<i>Chromis cyanea</i>	0.13	0.00	4.4	1.09	7.47	62.45
<i>Haemulon sciurus</i>	0.01	0.28	3.33	0.67	5.66	68.1

Cuadro C3. Resultados del SIMPER entre grupos de profundidad por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

Especies	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Grupos ARP & ARS						
Average dissimilarity = 73.71	Grupo ARP	Grupo ARS				
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.22	0.00	5.02	1.55	6.8	6.8
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.19	0.30	4.46	1.37	6.06	12.86
<i>Scarus iseri</i>	0.82	0.84	4.25	0.9	5.77	18.63
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.30	0.19	3.76	0.8	5.1	23.73
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.16	0.22	3.61	1.18	4.9	28.62
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.13	0.04	3.48	1.17	4.71	33.34
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.15	0.06	3.25	1.11	4.41	37.75
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.07	0.03	3.15	1.25	4.28	42.02
<i>Stegastes adustus</i>	0.14	0.00	2.82	1.03	3.83	45.85
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.05	0.16	2.79	0.94	3.78	49.63
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.09	0.05	2.68	0.92	3.63	53.26
<i>Sparisoma viride</i>	0.71	0.20	2.5	0.6	3.4	56.66
<i>Chromis cyanea</i>	0.17	0.00	2.44	0.87	3.31	59.98
<i>Kipphosus sectator</i>	18.43	0.00	2.28	0.28	3.09	63.07
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.03	0.01	1.9	0.66	2.58	65.64
Grupos BCP & BCS						
Average dissimilarity = 63.70	Grupo BCP	Grupo BCS				
<i>Scarus iseri</i>	0.74	0.15	3.98	0.97	6.25	6.25
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.24	0.52	3.56	1.25	5.59	11.85
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.28	0.61	3.56	1.19	5.59	17.44
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.24	0.04	3.45	1.24	5.42	22.85
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.43	0.22	3.32	1.48	5.22	28.07
<i>Chromis cyanea</i>	0.07	0.13	3.24	1.26	5.09	33.16
<i>Stegastes adustus</i>	0.16	0.18	3.23	1.19	5.07	38.23
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.11	0.13	3.09	1.24	4.85	43.08
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.07	0.30	3.03	1.05	4.76	47.84
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.12	0.11	2.72	1.2	4.27	52.11
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.03	0.41	2.69	1.05	4.23	56.33
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.09	0.03	2.55	1.13	4.01	60.34
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.14	0.03	2.42	0.8	3.8	64.14

Cuadro C3 (Continuación). Resultados del SIMPER entre grupos de profundidad por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Stegastes partitus</i>	0.25	0.89	1.88	0.86	2.95	67.09
Grupos HoP & HoS						
Average dissimilarity = 64.04	Grupo HoP	Grupo HoS				
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.54	2.05	3.33	1.26	5.2	5.2
<i>Haemulon plumierii</i>	0.99	0.68	3.07	0.92	4.79	9.99
<i>Sparisoma viride</i>	1.17	0.55	2.84	0.93	4.44	14.43
<i>Chromis cyanea</i>	0.99	0.05	2.71	1.14	4.22	18.65
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.97	1.12	2.63	1.04	4.11	22.76
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.50	0.82	2.62	1.03	4.1	26.86
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.63	0.21	2.56	1.16	3.99	30.85
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.45	0.36	2.43	1.01	3.79	34.64
<i>Scarus iseri</i>	0.44	0.07	2.3	1.13	3.6	38.24
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	1.53	0.50	2.15	0.91	3.36	41.6
<i>Ocyurus chrysurus</i>	1.28	0.00	2.14	0.73	3.34	44.94
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.36	0.09	2.12	1.21	3.31	48.25
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.21	0.07	2.08	1.04	3.25	51.5
<i>Stegastes variabilis</i>	0.01	0.16	1.99	1.03	3.11	54.61
<i>Haemulon carbonarium</i>	0.92	0.52	1.95	0.77	3.05	57.65
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.38	0.27	1.91	0.71	2.99	60.64
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.02	1.83	1.74	0.67	2.72	63.37
<i>Melichthys niger</i>	0.79	0.66	1.69	0.61	2.63	66
Grupos RHP & RHS						
Average dissimilarity = 54.23	Grupo RHP	Grupo RHS				
<i>Haemulon plumierii</i>	0.29	0.28	4.4	1.01	8.11	8.11
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.39	0.13	4.02	1.22	7.42	15.53
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.15	0.19	4.02	1.24	7.41	22.93
<i>Chromis cyanea</i>	0.19	0.12	3.67	1.2	6.77	29.71
<i>Sparisoma viride</i>	0.16	0.24	3.49	0.79	6.44	36.15
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.13	0.04	3.32	1.16	6.12	42.27
<i>Scarus iseri</i>	0.07	0.06	3.21	1.05	5.92	48.19

Cuadro C3 (Continuación). Resultados del SIMPER entre grupos de profundidad por zona. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Haemulon sciurus</i>	0.08	0.17	3.11	0.76	5.73	53.92
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.04	0.05	3	1.04	5.53	59.45
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.16	0.00	2.8	0.8	5.16	64.62
<i>Stegastes partitus</i>	0.23	0.16	2.46	0.93	4.53	69.15

Cuadro C4. Resultados del SIMPER entre zonas por grupo de profundidad. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Grupos ARP & BCP						
Disimilitud promedio = 64.34	Grupo ARP	Grupo BCP				
<i>Scarus iseri</i>	0.82	0.74	3.99	1.13	6.2	6.2
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.16	0.43	3.34	1.31	5.19	11.39
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.30	0.24	3.25	1.04	5.05	16.44
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.15	0.28	3.04	1.05	4.72	21.16
<i>Stegastes adustus</i>	0.14	0.16	2.75	1.16	4.27	25.44
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.22	0.24	2.71	1.1	4.2	29.64
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.13	0.12	2.57	1.16	4	33.64
<i>Chromis cyanea</i>	0.17	0.07	2.56	1.17	3.98	37.62
<i>Sparisoma viride</i>	0.71	0.10	2.27	0.78	3.52	41.15
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.19	0.11	2.26	0.86	3.52	44.67
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.07	0.09	2.2	1.11	3.42	48.08
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.08	0.14	2.13	0.8	3.31	51.39
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.09	0.03	2.11	1	3.29	54.68
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.18	0.99	1.95	0.49	3.03	57.71
<i>Kipphosus sectator</i>	18.43	0.00	1.85	0.27	2.88	60.59
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.02	0.07	1.77	0.69	2.75	63.35
<i>Stegastes partitus</i>	0.28	0.25	1.55	0.82	2.41	65.76
Grupos ARP & HoP						
Disimilitud promedio = 67.78	Grupo ARP	Grupo HoP				
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.09	0.97	3.86	1.27	5.7	5.7
<i>Haemulon plumierii</i>	0.17	0.99	3.13	0.97	4.61	10.32
<i>Sparisoma viride</i>	0.71	1.17	3.05	0.94	4.5	14.81
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.16	1.53	2.84	1.27	4.19	19
<i>Chromis cyanea</i>	0.17	0.99	2.75	1.22	4.05	23.05
<i>Scarus iseri</i>	0.82	0.44	2.72	1.08	4.02	27.07
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.30	0.54	2.67	0.94	3.94	31.01
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.13	0.63	2.64	1.19	3.9	34.92
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.19	0.45	2.51	0.98	3.71	38.63
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.18	1.28	2.51	0.87	3.7	42.32
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.02	0.21	2.28	1.14	3.37	45.69
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.05	0.50	2.19	0.92	3.23	48.92

Cuadro C4 (Continuación). Resultados del SIMPER entre zonas por grupo de profundidad. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, Av.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.22	0.36	2.12	0.98	3.13	52.05
<i>Kipphosus sectator</i>	18.43	12.90	2.05	0.34	3.02	55.07
<i>Stegastes adustus</i>	0.14	0.15	1.98	0.97	2.92	57.99
<i>Carangoides ruber</i>	0.00	2.06	1.71	0.44	2.52	60.51
<i>Stegastes planifrons</i>	0.02	0.12	1.7	1.13	2.51	63.02
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.08	0.38	1.69	0.73	2.49	65.51
Grupos ARP & RHP						
Disimilitud promedio = 74.42	Grupo ARP	Grupo RHP				
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.22	0.00	4.67	1.6	6.28	6.28
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.02	0.12	4.25	2.26	5.71	11.98
<i>Scarus iseri</i>	0.82	0.07	3.46	1.04	4.65	16.63
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.19	0.39	3.43	1.19	4.61	21.24
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.13	0.00	3.34	1.22	4.48	25.72
<i>Chromis cyanea</i>	0.17	0.19	3.26	1.18	4.38	30.1
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.07	0.00	3.25	1.45	4.37	34.47
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.09	0.15	3.12	1.1	4.19	38.66
<i>Haemulon plumierii</i>	0.17	0.29	3.11	0.98	4.18	42.85
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.30	0.00	3	0.73	4.04	46.88
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.16	0.08	2.75	1.27	3.7	50.58
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.05	0.13	2.66	1.15	3.57	54.15
<i>Stegastes adustus</i>	0.14	0.00	2.56	1.03	3.44	57.59
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.18	0.16	2.47	0.88	3.32	60.9
<i>Sparisoma viride</i>	0.71	0.16	2.44	0.68	3.28	64.19
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.03	0.04	2.26	0.95	3.04	67.23
Grupos BCP & HoP						
Disimilitud promedio = 65.53	Grupo BCP	Grupo HoP				
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.03	0.97	3.3	1.35	5.04	5.04
<i>Haemulon plumierii</i>	0.00	0.99	3.06	0.92	4.67	9.72
<i>Scarus iseri</i>	0.74	0.44	2.89	1.16	4.4	14.12
<i>Sparisoma viride</i>	0.10	1.17	2.8	1	4.28	18.4
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.99	1.28	2.77	0.77	4.22	22.62
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.12	0.63	2.7	1.3	4.12	26.74

Cuadro C4 (Continuación). Resultados del SIMPER entre zonas por grupo de profundidad. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.24	0.54	2.58	1.09	3.94	30.68
<i>Chromis cyanea</i>	0.07	0.99	2.48	1.38	3.78	34.46
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.43	1.53	2.42	1.11	3.69	38.15
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.11	0.45	2.4	1	3.66	41.81
<i>Stegastes adustus</i>	0.16	0.15	2.31	1.18	3.53	45.34
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.24	0.36	2.23	1.14	3.41	48.75
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.07	0.50	2.21	0.95	3.36	52.11
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.14	0.38	2.19	0.99	3.34	55.45
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.07	0.21	2.15	1.16	3.28	58.74
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.28	0.01	2.11	0.93	3.21	61.95
<i>Stegastes planifrons</i>	0.07	0.12	1.81	1.13	2.76	64.71
<i>Carangoides ruber</i>	0.00	2.06	1.67	0.45	2.54	67.25
Grupos BCP & RHP						
Disimilitud promedio = 70.22	Grupo BCP	Grupo RHP				
<i>Scarus iseri</i>	0.74	0.07	3.87	1.19	5.5	5.5
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.24	0.00	3.62	1.33	5.15	10.66
<i>Stegastes adustus</i>	0.16	0.00	3.51	1.4	5	15.65
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.07	0.12	3.34	2.05	4.75	20.41
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.43	0.08	3.26	1.62	4.65	25.05
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.11	0.39	3.19	1.19	4.55	29.6
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.28	0.00	3.11	0.95	4.43	34.03
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.99	0.16	3.11	0.74	4.43	38.47
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.24	0.00	2.87	0.88	4.09	42.56
<i>Haemulon plumierii</i>	0.00	0.29	2.79	0.87	3.98	46.53
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.07	0.13	2.71	1.23	3.86	50.39
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.09	0.00	2.7	1.17	3.84	54.24
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.14	0.27	2.67	0.87	3.8	58.04
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.03	0.15	2.61	1.18	3.71	61.75
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.12	0.00	2.54	1.13	3.62	65.37

Cuadro C4 (Continuación). Resultados del SIMPER entre zonas por grupo de profundidad. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, Av.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Grupos HoP & RHP						
Disimilitud promedio = 65.15	Grupo HoP	Grupo RHP				
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.63	0.00	3.52	1.37	5.4	5.4
<i>Haemulon plumierii</i>	0.99	0.29	3.38	1.11	5.19	10.59
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.97	0.15	3.27	1.18	5.02	15.61
<i>Sparisoma viride</i>	1.17	0.16	3.11	0.95	4.78	20.39
<i>Ocyurus chrysurus</i>	1.28	0.16	3.01	1.03	4.62	25
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.36	0.00	2.95	1.54	4.53	29.54
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.45	0.39	2.87	1.18	4.4	33.94
<i>Chromis cyanea</i>	0.99	0.19	2.77	1.32	4.25	38.19
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.50	0.13	2.55	1.19	3.92	42.11
<i>Scarus iseri</i>	0.44	0.07	2.53	1.19	3.88	45.99
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	1.53	0.08	2.39	1.18	3.67	49.65
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.54	0.00	2.38	0.84	3.66	53.31
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.38	0.27	2.06	0.77	3.16	56.47
<i>Stegastes planifrons</i>	0.12	0.00	1.84	1.14	2.83	59.3
<i>Carangoides ruber</i>	2.06	0.00	1.84	0.45	2.83	62.12
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.21	0.12	1.84	1.22	2.82	64.94
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.07	0.04	1.68	1.04	2.58	67.53
Grupos ARS & BCS						
Disimilitud promedio = 64.44	Grupo ARS	Grupo BCS				
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.19	0.52	4.41	1.13	6.85	6.85
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.22	0.22	4.3	1.46	6.68	13.53
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.30	0.13	4	1.18	6.2	19.73
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.06	0.61	3.76	1.08	5.84	25.57
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.02	0.30	3.74	0.97	5.8	31.37
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.05	0.41	3.67	1.06	5.7	37.07
<i>Stegastes adustus</i>	0.00	0.18	3.46	0.94	5.37	42.44
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.16	0.01	3.02	0.92	4.69	47.13
<i>Scarus iseri</i>	0.84	0.15	2.75	0.56	4.26	51.39
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.03	0.03	2.74	0.97	4.26	55.65
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.04	0.11	2.66	0.92	4.13	59.78
<i>Stegastes partitus</i>	0.27	0.89	2.02	0.88	3.13	62.92

Cuadro C4 (Continuación). Resultados del SIMPER entre zonas por grupo de profundidad. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.01	0.02	2	0.71	3.1	66.02
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.04	0.11	2.66	0.92	4.13	59.78
<i>Stegastes partitus</i>	0.27	0.89	2.02	0.88	3.13	62.92
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.01	0.02	2	0.71	3.1	66.02
Grupos ARS & HoS						
Disimilitud promedio = 68.22	Grupo ARS	Grupo HoS				
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.19	2.05	5.8	1.64	8.5	8.5
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.05	1.12	4.56	1.3	6.68	15.18
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.22	0.50	3.97	1.15	5.82	21
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.16	0.82	3.86	1.15	5.66	26.66
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.30	0.36	3.79	1.08	5.55	32.21
<i>Stegastes variabilis</i>	0.00	0.16	3.2	1.06	4.7	36.91
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.04	0.21	2.81	1.16	4.12	41.03
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.06	0.03	2.7	0.95	3.95	44.98
<i>Sparisoma viride</i>	0.20	0.55	2.49	0.66	3.65	48.63
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.00	0.09	2.33	1.1	3.42	52.05
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.00	1.83	2.25	0.62	3.3	55.35
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.03	0.03	2.04	0.88	2.98	58.33
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.04	0.06	2.03	0.8	2.98	61.31
<i>Haemulon plumierii</i>	0.01	0.68	1.9	0.59	2.78	64.09
<i>Scarus iseri</i>	0.84	0.07	1.89	0.53	2.77	66.85
Grupos ARS & RHS						
Disimilitud promedio = 70.46	Grupo ARS	Grupo RHS				
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.02	0.24	6.69	2.12	9.49	9.49
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.30	0.13	5.05	1.3	7.16	16.66
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.05	0.19	4.46	1.17	6.32	22.98
<i>Chromis cyanea</i>	0.00	0.12	4.4	1.26	6.24	29.22
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.22	0.05	4.31	1.39	6.11	35.33
<i>Sparisoma viride</i>	0.20	0.24	3.94	0.74	5.6	40.93
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.06	0.00	3.79	1.05	5.38	46.31
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.16	0.04	3.58	0.95	5.08	51.39

Cuadro C4 (Continuación). Resultados del SIMPER entre zonas por grupo de profundidad. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, Av.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Scarus iseri</i>	0.84	0.06	3.05	0.63	4.33	55.72
<i>Stegastes partitus</i>	0.27	0.16	3.02	0.98	4.28	60
<i>Haemulon plumierii</i>	0.01	0.28	2.83	0.59	4.01	64.01
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.01	0.05	2.79	0.78	3.96	67.98
Grupos BCS & HoS						
Disimilitud promedio = 65.43	Grupo BCS	Grupo HoS				
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.52	2.05	4.79	1.51	7.32	7.32
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.41	1.12	4.34	1.27	6.63	13.95
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.13	0.36	3.25	1.18	4.96	18.91
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.22	0.50	3.18	1.15	4.86	23.77
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.01	0.82	3.06	0.95	4.68	28.45
<i>Stegastes variabilis</i>	0.00	0.16	2.96	1.04	4.52	32.96
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.30	0.07	2.8	0.88	4.28	37.25
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.61	0.03	2.75	0.85	4.2	41.45
<i>Stegastes adustus</i>	0.18	0.03	2.68	0.95	4.1	45.55
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.11	0.21	2.63	1.18	4.02	49.57
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.04	0.09	2.33	1.04	3.57	53.13
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.00	1.83	2.25	0.65	3.44	56.57
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.03	0.03	1.92	0.89	2.94	59.51
<i>Sparisoma viride</i>	0.11	0.55	1.91	0.66	2.92	62.43
<i>Scarus iseri</i>	0.15	0.07	1.86	0.67	2.84	65.27
Grupos BCS & RHS						
Disimilitud promedio = 66.79	Grupo BCS	Grupo RHS				
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.30	0.24	4.62	1.42	6.92	6.92
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.41	0.19	4.48	1.2	6.7	13.63
<i>Chromis cyanea</i>	0.13	0.12	4.2	1.24	6.29	19.91
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.52	0.00	4.17	1.12	6.24	26.16
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.13	0.13	3.92	1.21	5.86	32.02
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.61	0.00	3.59	0.85	5.38	37.4
<i>Stegastes adustus</i>	0.18	0.00	3.52	0.94	5.27	42.67
<i>Stegastes partitus</i>	0.89	0.16	3.31	0.96	4.96	47.62
<i>Sparisoma viride</i>	0.11	0.24	3.08	0.67	4.6	52.23

Cuadro C4 (Continuación). Resultados del SIMPER entre zonas por grupo de profundidad. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: RH es Río Huach, Ho es Hobná, AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, AV.Biom es biomasa promedio (g/m²) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.22	0.05	2.94	1.14	4.41	56.64
<i>Scarus iseri</i>	0.15	0.06	2.88	0.77	4.32	60.95
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.02	0.05	2.66	0.83	3.98	64.93
<i>Haemulon plumierii</i>	0.02	0.28	2.44	0.54	3.65	68.59
Grupos HoS & RHS						
Disimilitud promedio = 74.76	Grupo HoS	Grupo RHS				
<i>Microspathodon chrysurus</i>	2.05	0.00	5.97	1.8	7.98	7.98
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.07	0.24	4.62	1.26	6.18	14.17
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1.12	0.19	4.43	1.26	5.92	20.09
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.50	0.05	3.81	1.61	5.09	25.18
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.36	0.13	3.57	1.13	4.77	29.95
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.82	0.04	3.38	0.93	4.53	34.48
<i>Stegastes variabilis</i>	0.16	0.00	3.27	1.05	4.38	38.86
<i>Sparisoma viride</i>	0.55	0.24	3.24	0.78	4.34	43.19
<i>Chromis cyanea</i>	0.05	0.12	3.2	1.04	4.28	47.47
<i>Haemulon plumierii</i>	0.68	0.28	2.86	0.65	3.82	51.29
<i>Stegastes partitus</i>	0.57	0.16	2.77	1.05	3.71	55
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.21	0.00	2.69	1.16	3.59	58.59
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.09	0.00	2.39	1.1	3.2	61.79
<i>Abudefduf saxatilis</i>	1.83	0.00	2.27	0.62	3.04	64.83
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.02	0.05	2.07	0.7	2.77	67.6

Cuadro C5. Resultados del SIMPER entre profundidades. Los resultados se presentan hasta un corte del 65% de contribución a la disimilitud promedio entre zonas. Códigos: Som es somero; Pro es profundo; Av.Biom es biomasa promedio (g/m^2) Av.Diss es la disimilitud promedio; Av.Diss/SD es la disimilitud promedio entre su desviación estándar, Contrib% es el porcentaje de contribución por especie, Cum.% es el porcentaje de contribución acumulado.

	Av.Biom	Av.Biom	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Groups Som&Pro						
Average dissimilarity = 68.83	Som	Pro				
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.36	0.42	3.45	1.12	5.02	5.02
<i>Scarus iseri</i>	0.28	0.53	3.4	0.97	4.94	9.96
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.21	0.31	3.3	1.15	4.79	14.75
<i>Chromis cyanea</i>	0.08	0.46	3.19	1.15	4.64	19.39
<i>Microspathodon chrysurus</i>	0.52	0.32	3.13	0.89	4.55	23.93
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.02	0.23	3.06	1.08	4.45	28.38
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.21	0.70	3.05	1.23	4.42	32.81
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.08	0.29	2.87	1.06	4.17	36.97
<i>Stegastes diencaeus</i>	0.18	0.12	2.85	1.06	4.15	41.12
<i>Sparisoma viride</i>	0.24	0.67	2.77	0.77	4.03	45.15
<i>Haemulon plumierii</i>	0.19	0.46	2.69	0.75	3.91	49.06
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.18	0.24	2.43	0.9	3.53	52.59
<i>Halichoeres maculipinna</i>	0.20	0.09	2.19	0.75	3.19	55.78
<i>Stegastes adustus</i>	0.06	0.12	2.18	0.81	3.16	58.94
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.02	0.06	2.14	0.97	3.1	62.04
<i>Ocyurus chrysurus</i>	0.00	0.73	2.02	0.59	2.94	64.98
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.03	0.04	1.89	0.81	2.75	67.73

Apéndice D

Cuadro D1. Resultados del CCA basados en el diseño del modelo I y en la escala de sitios. Se presentan los resultados más importantes del modelo global y de las evaluaciones independientes de cada variable predictiva. En negritas están aquellas variables significativas a un $p \leq 0.005$. Códigos: ICT, índice de complejidad topográfico; Prof, profundidad; Esp, esponjas; ACA, algas calcáreas articuladas; Hid, hidrocoral; AlCar, algas carnosas; Past; pastos marinos; CH, coral hermatípico; Esc, escombros; Oct, octocorales.

Modelo global CCA	Inercia	Trace	R^2_{ajus}	Valor p
Modelo global CCA	5.247	2.145	0.0976	0.006
Variables predictivas	Lambda	Valor F	Valor p	
ICT	0.28	1.61	0.021	
Prof	0.28	1.61	0.004	
Esp	0.25	1.45	0.107	
ACA	0.24	1.46	0.049	
Hid	0.22	1.32	0.193	
AlCar	0.20	1.27	0.163	
Past	0.20	1.21	0.203	
CH	0.18	1.06	0.389	
Esc	0.18	1.1	0.346	
Oct	0.16	0.98	0.502	

Cuadro D2. Resultados del RDA basados en el diseño del modelo II y en la escala de zonas. Se presentan los resultados más importantes del modelo global y de las evaluaciones independientes de cada variable predictiva. En negritas están aquellas variables significativas a un $p \leq 0.005$. Códigos: ACA, algas calcáreas articuladas; ICT, índice de complejidad topográfico; SGMF, riqueza de grupos morfofuncionales de coral hermatípico; SCa, sustrato calcáreo; Prof, profundidad.

		Trace	R^2_{ajus}	Valor p
Modelo global RDA		0.877	0.723	0.0001
VARIABLES PREDICTIVAS	Lambda	Valor F	Valor p	
ACA	0.25	2.44	0.015	
ICT	0.23	1.82	0.083	
SGMF	0.18	2.06	0.042	
SCa	0.12	1.58	0.19	
Prof	0.09	1.46	0.309	

Apéndices Capítulo II

Apéndice A

Cuadro A1. Zonas de estudio englobadas por la zonificación administrativa dentro del polígono del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (CONANP 2004).

Zona	Zonificación	Tipo de uso	Observaciones y tipo de uso
RH	Uso Restringido PUNTA XCAYAL- ENSENADA XAHUACHOL	e, f, g, h, i, n, o, p, q	Justo frente a Zona de Uso Restringido Lagunas de Río Huach
Ho			
PR			Aledaño a Zona de Aprovechamiento Especial
AR	Zona de Aprovechamiento Sustentable de los RNM	Todas excepto r.	Aledaño a Zona de Uso Público.
BC			Aledaño a Zona de Uso Restringido del Canal de Zaragoza y a la Zona de Protección de BC

Notas:

- a) Buceo libre.
- b) Buceo autónomo diurno/nocturno.
- c) Recorridos y/o visitas en embarcaciones motorizadas.
- d) Recorridos y/o visitas en embarcaciones no motorizadas.
- e) Embarcaciones en tránsito.
- f) Videograbación, fotografía, sonograbación y comerciales.
- g) Investigación científica.
- h) Educación ambiental.
- i) Pesca cooperativa comercial de langosta espinosa.
- j) Pesca tradicional con línea de mano
- k) Pesca comercial
- l) Pesca deportiva (de liberación).
- m) Restauración ecológica.
- n) Protección y conservación ecológica.
- o) Monitoreo ecológico,
- p) Fondeo de espera sin otra actividad asociada.
- q) Recorridos en senderos.
- r) Pesca con tanque

Apéndice A

Cuadro A2: Relación de los componentes de la diversidad y su respectiva escala espacial en kilómetros cuadrados (Km²).

Nivel	Escala	Muestras	Diversidad de inventario	Diversidad de diferenciación
Área de estudio	65 km ²	1	γ	
Zonas	3 km ²	5	α_3	β_3
Sitios	0.5 km ²	30	α_2	β_2
Transectos	0.1 km ²	150	α_1	β_1

Apéndice B

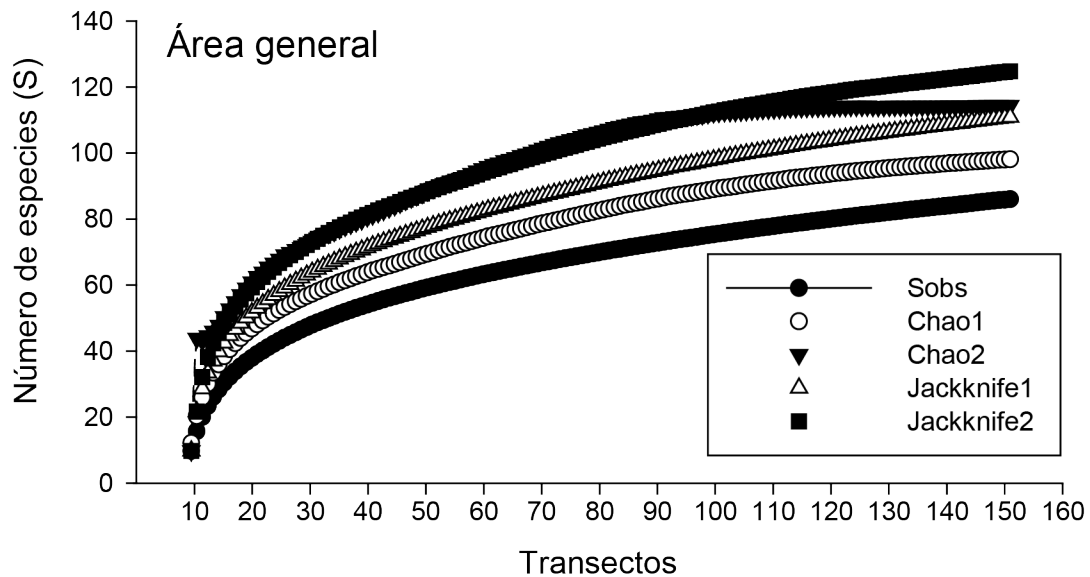


Figura B1. Rarefacción basada en muestras para toda el área de estudio en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México.

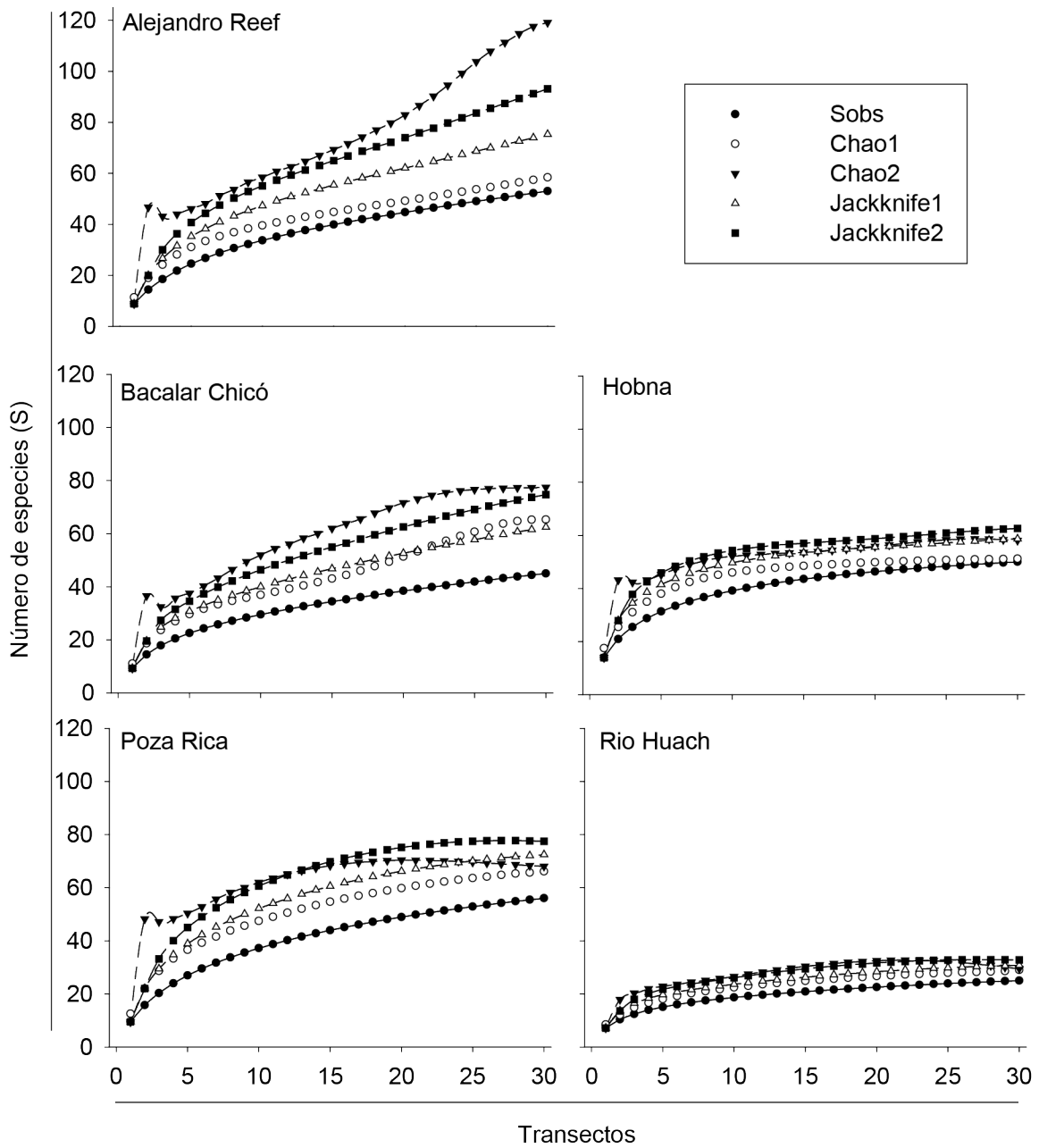


Figura B2. Rarefacción basada en muestras para las zonas estudiadas en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México

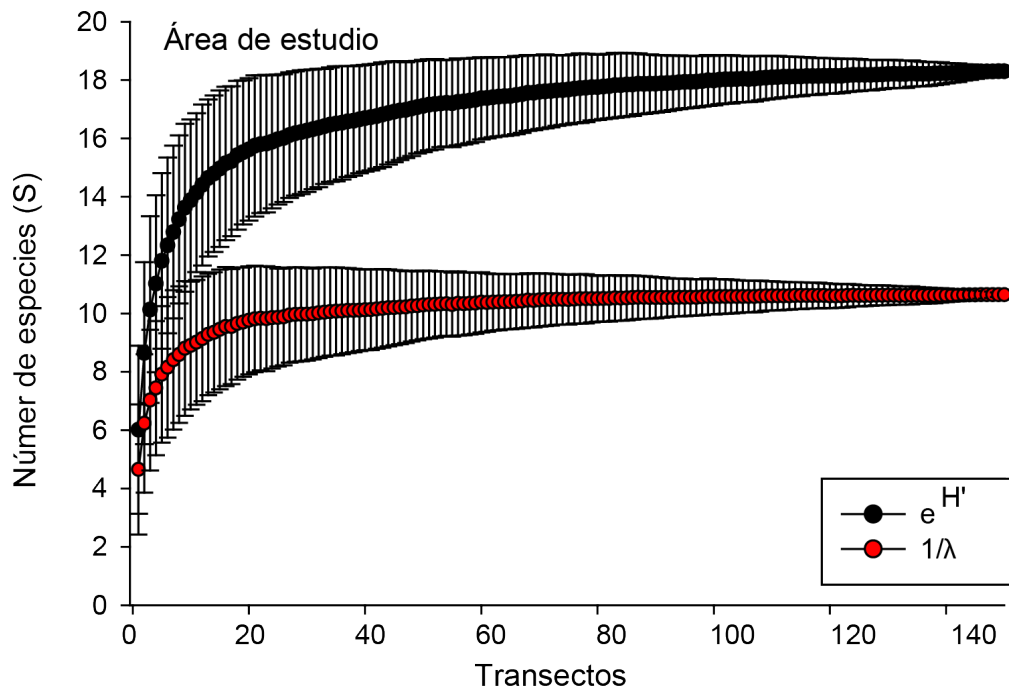


Figura B3. Curvas de acumulación de la función exponencial de la diversidad de Shannon ($e^{H'}$) y recíproco de la dominancia de Simpson ($1/\lambda$) para toda el área de estudio en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México.

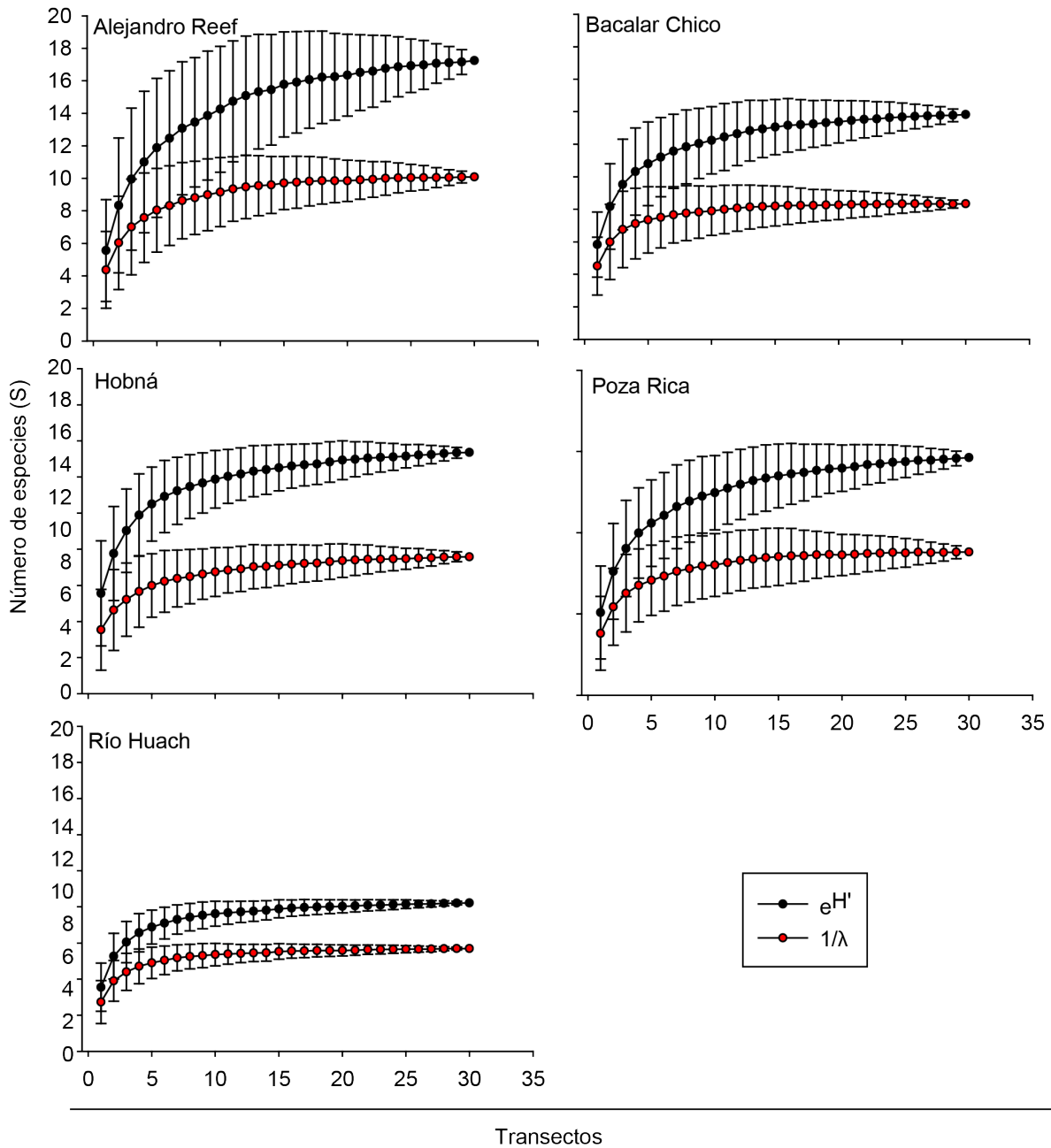


Figura B4. Curvas de acumulación de la función exponencial de la diversidad de Shannon ($e^{H'}$) y recíproco de la dominancia de Simpson ($1/\lambda$) para zona en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México.

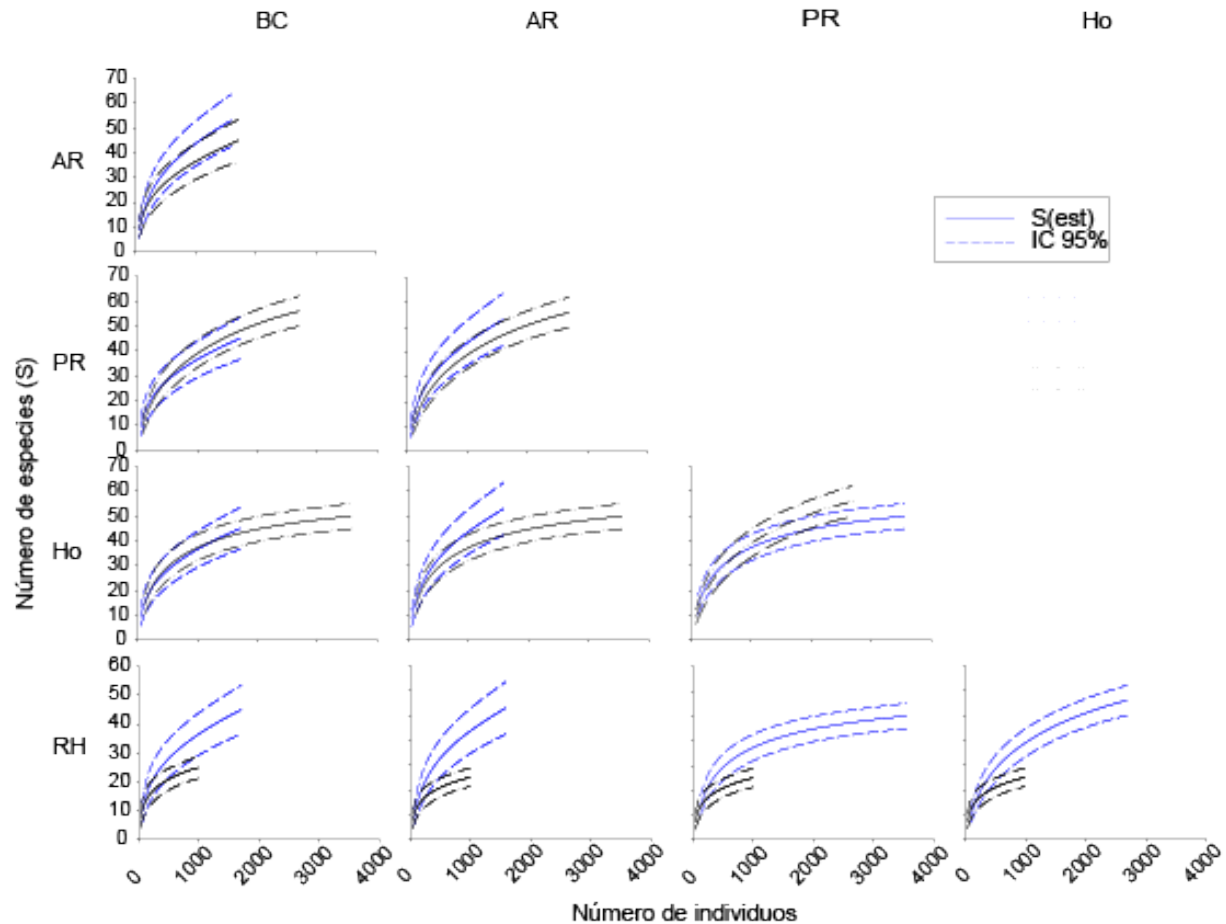


Figura B5. Rarefacciones basadas en individuos entre las zonas estudiadas en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México. Los ejes Y representan la riqueza de especies (S) mientras que los ejes X representan el número de individuos. Las líneas de color azul corresponden a las columnas y las de color negro a las filas. Los códigos de las zonas corresponden a: AR es Alejandro Reef, BC es Bacalar Chico, Ho es Hobná, PR es Poza Rica y RH es Río Huach.

Cuadro B1. Listado taxonómico de las especies reportadas en Xcalak, organizadas alfabéticamente por Clase, Orden, Familia, Género y Especie y sus respectivos códigos.

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Código
Actinopterygii	Beryciformes	Holocentridae	<i>Holocentrus</i>	<i>H. rufus</i>	Holruf
Actinopterygii	Beryciformes	Holocentridae	<i>Neoniphon</i>	<i>N. marianus</i>	Neomar
Actinopterygii	Perciformes	Acanthuridae	<i>Acanthurus</i>	<i>A. bahianus</i>	Acabah
Actinopterygii	Perciformes	Acanthuridae	<i>Acanthurus</i>	<i>A. chirurgus</i>	Acachi
Actinopterygii	Perciformes	Acanthuridae	<i>Acanthurus</i>	<i>A. coeruleus</i>	Acacoe
Actinopterygii	Perciformes	Carangidae	<i>Carangoides</i>	<i>C. bartholomaei</i>	Carbar
Actinopterygii	Perciformes	Carangidae	<i>Carangoides</i>	<i>C. ruber</i>	Carrub
Actinopterygii	Perciformes	Carangidae	<i>Caranx</i>	<i>C. crysos</i>	Carcry
Actinopterygii	Perciformes	Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i>	<i>C. capistratus</i>	Chacap
Actinopterygii	Perciformes	Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i>	<i>C. ocellatus</i>	Chaoce
Actinopterygii	Perciformes	Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i>	<i>C. striatus</i>	Chastr
Actinopterygii	Perciformes	Gerridae	<i>Gerres</i>	<i>G. cinereus</i>	Gercin
Actinopterygii	Perciformes	Grammatidae	<i>Gramma</i>	<i>G. loreto</i>	Gralor
Actinopterygii	Perciformes	Haemulidae	<i>Anisotremus</i>	<i>A. surinamensis</i>	Anisur
Actinopterygii	Perciformes	Haemulidae	<i>Anisotremus</i>	<i>A. virginicus</i>	Anivir
Actinopterygii	Perciformes	Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>H. album</i>	Haealb
Actinopterygii	Perciformes	Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>H. aurolineatum</i>	Haeaur
Actinopterygii	Perciformes	Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>H. carbonarium</i>	Haecar
Actinopterygii	Perciformes	Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>H. flavolineatum</i>	Haefla
Actinopterygii	Perciformes	Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>H. macrostomum</i>	Haemac
Actinopterygii	Perciformes	Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>H. melanurum</i>	Haemel
Actinopterygii	Perciformes	Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>H. plumierii</i>	Haeplu
Actinopterygii	Perciformes	Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>H. sciurus</i>	Haesci
Actinopterygii	Perciformes	Kyphosidae	<i>Kyphosus</i>	<i>K. sectator</i>	Kypsec
Actinopterygii	Perciformes	Labridae	<i>Bodianus</i>	<i>B. pulchellus</i>	Bodpul
Actinopterygii	Perciformes	Labridae	<i>Bodianus</i>	<i>B. rufus</i>	Bodruf
Actinopterygii	Perciformes	Labridae	<i>Chaetodon</i>	<i>C. ocellatus</i>	Chaoce
Actinopterygii	Perciformes	Labridae	<i>Clepticus</i>	<i>C. parrae</i>	Clepar
Actinopterygii	Perciformes	Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>H. bivittatus</i>	Halbiv
Actinopterygii	Perciformes	Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>H. garnoti</i>	Halgar
Actinopterygii	Perciformes	Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>H. maculipinna</i>	Halmac
Actinopterygii	Perciformes	Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>H. pictus</i>	Halpic
Actinopterygii	Perciformes	Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>H. poeyi</i>	Halpoe
Actinopterygii	Perciformes	Labridae	<i>Lachnolaimus</i>	<i>L. maximus</i>	Lacmax
Actinopterygii	Perciformes	Labridae	<i>Thalassoma</i>	<i>T. bifasciatum</i>	Thabif
Actinopterygii	Perciformes	Labridae	<i>Xyrichtys</i>	<i>X. splendens</i>	Xyrspl
Actinopterygii	Perciformes	Labrisomidae	<i>Malacoctenus</i>	<i>M. triangulatus</i>	Maltri
Actinopterygii	Perciformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus</i>	<i>L. analis</i>	Lutana
Actinopterygii	Perciformes	Lutjanidae	<i>Lutjanus</i>	<i>L. apodus</i>	Lutapo

Cuadro B1 (Continuación). Listado taxonómico de las especies reportadas en Xcalak, organizadas alfabéticamente por Clase, Orden, Familia, Género y Especie.

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Código
Actinopterygii	Perciformes	Lutjanidae	Lutjanus	<i>L. griseus</i>	Lutgri
Actinopterygii	Perciformes	Lutjanidae	Lutjanus	<i>L. mahogoni</i>	Lutmah
Actinopterygii	Perciformes	Lutjanidae	<i>Ocyurus</i>	<i>O. chrysurus</i>	Ocychr
Actinopterygii	Perciformes	Pomacanthidae	Holacanthus	<i>H. tricolor</i>	Holtri
Actinopterygii	Perciformes	Pomacanthidae	<i>Holocentrus</i>	<i>H. adscensionis</i>	Holads
Actinopterygii	Perciformes	Pomacanthidae	Pomacanthus	<i>P. arcuatus</i>	Pomarc
Actinopterygii	Perciformes	Pomacanthidae	Pomacanthus	<i>P. paru</i>	Pompar
Actinopterygii	Perciformes	Pomacentridae	Abudefduf	<i>A. saxatilis</i>	Abusax
Actinopterygii	Perciformes	Pomacentridae	Chromis	<i>C. cyanea</i>	Chrcya
Actinopterygii	Perciformes	Pomacentridae	Chromis	<i>C. insolata</i>	Chrins
Actinopterygii	Perciformes	Pomacentridae	Chromis	<i>C. multilineata</i>	Chrmul
Actinopterygii	Perciformes	Pomacentridae	<i>Microspathodon</i>	<i>M. chrysurus</i>	Micchr
Actinopterygii	Perciformes	Pomacentridae	<i>Stegastes</i>	<i>S. adustus</i>	Steadu
Actinopterygii	Perciformes	Pomacentridae	<i>Stegastes</i>	<i>S. diencaeus</i>	Stedie
Actinopterygii	Perciformes	Pomacentridae	<i>Stegastes</i>	<i>S. leucostictus</i>	Steleu
Actinopterygii	Perciformes	Pomacentridae	<i>Stegastes</i>	<i>S. partitus</i>	Stepar
Actinopterygii	Perciformes	Pomacentridae	<i>Stegastes</i>	<i>S. planifrons</i>	Stepla
Actinopterygii	Perciformes	Pomacentridae	<i>Stegastes</i>	<i>S. variabilis</i>	Stevar
Actinopterygii	Perciformes	Scaridae	<i>Scarus</i>	<i>S. iseri</i>	Scaise
Actinopterygii	Perciformes	Scaridae	Scarus	<i>S. taeniopterus</i>	Scatae
Actinopterygii	Perciformes	Scaridae	Sparisoma	<i>S. atomarium</i>	Spaato
Actinopterygii	Perciformes	Scaridae	<i>Sparisoma</i>	<i>S. aurofrenatum</i>	Spaaur
Actinopterygii	Perciformes	Scaridae	Sparisoma	<i>S. chrysopterus</i>	Spachr
Actinopterygii	Perciformes	Scaridae	Sparisoma	<i>S. radians</i>	Sparad
Actinopterygii	Perciformes	Scaridae	Sparisoma	<i>S. rubripinne</i>	Sparub
Actinopterygii	Perciformes	Scaridae	<i>Sparisoma</i>	<i>S. viride</i>	Spavir
Actinopterygii	Perciformes	Scombridae	Scomberomorus	<i>S. maculatus</i>	Scomac
Actinopterygii	Perciformes	Scombridae	Thunnus	<i>T. atlanticus</i>	Thuatl
Actinopterygii	Perciformes	Serranidae	Cephalopholis	<i>C. cruentata</i>	Cepcru
Actinopterygii	Perciformes	Serranidae	Cephalopholis	<i>C. fulva</i>	Cepful
Actinopterygii	Perciformes	Serranidae	Epinephelus	<i>E. adscensionis</i>	Epiads
Actinopterygii	Perciformes	Serranidae	<i>Epinephelus</i>	<i>E. guttatus</i>	Epigut
Actinopterygii	Perciformes	Serranidae	Epinephelus	<i>E. striatus</i>	Epistr
Actinopterygii	Perciformes	Serranidae	Hypoplectrus	<i>H. unicolor</i>	Hypuni
Actinopterygii	Perciformes	Serranidae	Serranus	<i>S. tigrinus</i>	Sertig
Actinopterygii	Perciformes	Sparidae	Calamus	<i>C. penna</i>	Calpen
Actinopterygii	Scorpaeniformes	Scorpaenidae	Pterois	<i>P. volitans</i>	Ptevol
Actinopterygii	Syngnathiformes	Aulostomidae	Aulostomus	<i>A. maculatus</i>	Aulmac

Cuadro B1 (Continuación). Listado taxonómico de las especies reportadas en Xcalak, organizadas alfabéticamente por Clase, Orden, Familia, Género y Especie.

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Código
Actinopterygii	Syngnathiformes	Fistulariidae	Fistularia	<i>F. tabacaria</i>	Fistab
Actinopterygii	Tetraodontiformes	Balistidae	Balistes	<i>B. capriscus</i>	Balcap
Actinopterygii	Tetraodontiformes	Balistidae	Balistes	<i>B. vetula</i>	Balvet
Actinopterygii	Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Melichthys</i>	<i>M. niger</i>	Melnig
Actinopterygii	Tetraodontiformes	Monacanthidae	Cantherhines	<i>C. pullus</i>	Canpul
Actinopterygii	Tetraodontiformes	Ostraciidae	Lactophrys	<i>L. bicaudalis</i>	Lacbic
Actinopterygii	Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Canthigaster</i>	<i>C. rostrata</i>	Canros
Actinopterygii	Tetraodontiformes	Tetraodontidae	Sphoeroides	<i>S. spengleri</i>	Sphspe
Elasmobranchii	Myliobatiformes	Myliobatidae	Aetobatus	<i>A. narinari</i>	Aetnar

Apéndice C

Cuadro C1. Resultados de las particiones de la diversidad- β entre sitios.

A	β_{jtu}	β_{jne}	β_{Jac}
BC1	0.71	0.08	0.79
BC2	0.82	0.03	0.85
BC3	0.77	0.04	0.81
BC4	0.31	0.14	0.45
BC5	0.53	0.17	0.70
BC6	0.69	0.11	0.80
AR1	0.80	0.03	0.83
AR2	0.68	0.20	0.87
AR3	0.74	0.03	0.77
AR4	0.70	0.08	0.78
AR5	0.39	0.14	0.53
AR6	0.65	0.06	0.70
PR1	0.71	0.13	0.84
PR2	0.67	0.11	0.78
PR3	0.70	0.05	0.76
PR4	0.68	0.06	0.74
PR5	0.61	0.05	0.66
PR6	0.73	0.09	0.82
Ho1	0.57	0.21	0.78
Ho2	0.50	0.21	0.71
Ho3	0.77	0.07	0.84
Ho4	0.56	0.20	0.76
Ho5	0.56	0.20	0.76
Ho6	0.62	0.06	0.69
RH1	0.56	0.06	0.63
RH2	0.64	0.07	0.71
RH3	0.48	0.14	0.62
RH4	0.69	0.05	0.74
RH5	0.74	0.05	0.78
RH6	0.71	0.04	0.75

Cuadro C2. Resultados de las particiones de la diversidad- β entre Zonas.

B	β_{jtu}	β_{jne}	β_{Jac}
BC	0.6351	0.128	0.7631
AR	0.6791	0.1436	0.8227
PR	0.687	0.1487	0.8357
Ho	0.6258	0.0781	0.7039
RH	0.5286	0.2306	0.7592

Cuadro C3. Listado de especies únicas identificadas que más favorecen la diferenciación de especies entre los sitios de cada zona, así como entre las zonas del área de estudio. Los nombres corresponden a las tres primeras letras del género y de las especies del cuadro B1.

Entre los sitios por zona					Entre las zonas de Xcalak				
BC	AR	PR	Ho	RH	BC	AR	PR	Ho	RH
Abusax	Anisur	Acachi	Acachi	Balvet	Aetnar	Anisur	Canpul	Anivir	Haemel
Aetnar	Aulmac	Anivir	Balvet	Cepcru	Hypuni	Aulmac	Clepar	Balcap	
Bodruf	Bodpul	Balcap	Bodruf	Haemel	Lacmax	Bodpul	Epigut	Carcry	
Carbar	Bodruf	Balvet	Chaoce	Pomarc	Thuatl	Calpen	Halpoe	Epiads	
Carrub	Calpen	Carbar	Halpoe	Sertig		Chrmul	Melnig	Epiful	
Chastr	Carbar	Carrub	Kipsec	Ptevol		Epistr	Neomar	Gercin	
Gralor	Carrub	Cepcru	Spaato			Haealb		Haeaur	
Haesci	Cepcru	Chaoce	Spachr			Lutana		Lacbic	
Halpic	Chastr	Chrcya	Sparub			Lutgri		Lutmah	
Holruf	Chrins	Epiads				Maltri		Scomac	
Hypuni	Chrmul	Epiful				Pompar		Sparad	
Kipsec	Epistr	Fistab						Xyrspl	
Lacmax	Gralor	Gercin							
Sertig	Haealb	Haeaur							
Spachr	Haemac	Lacbic							
Sphspe	Haesci	Lutmah							
Steleu	Halbiv	Pomarc							
Thuatl	Halpic	Scomac							
	Holtri	Spachr							
	Holruf	Sparad							
	Kipsec	Sparub							
	Lutana	Sphspe							
	Lutgri	Stevar							
	Maltri	Xyrspl							
	Pompar								
	Scatae								
	Spaato								

Apéndice D

Cuadro D1. Valores de contribución por variable en los modelos de partición a escala de sitios por componentes de la diversidad.

Diversidad $\alpha 1$											
a Efectos Condicionales			b Efectos condicionales				c Efectos Condicionales				
Variable	LambdaA	P	F	Variable	LambdaA	P	F	Variable	LambdaA	P	F
								Prof	0.19	0.014	6.74
Diversidad $\beta 1^*$											
a			b Efectos Condicionales				c				
				Variable	LambdaA	P	F				
				SuAr	0.07	0.166	2.02				
				Past	0.05	0.229	1.51				
				ACA	0.05	0.229	1.56				
				N	0.06	0.171	2.01				
				Turf	0.17	0.015	6.8				
				SuCa	0.03	0.303	1.09				
				Esc	0.1	0.039	4.82				
Diversidad $\beta 1^+$											
a Efectos Condicionales			b Efectos Condicionales				c Efectos Condicionales				
Variable	LambdaA	P	F	Variable	LambdaA	P	F	Variable	LambdaA	P	F
ACC	0.07	0.163	2.05	Prof	0.17	0.024	5.78	Prof	0.17	0.024	5.78
Oct	0.11	0.069	3.58	E	0.04	0.231	1.5	E	0.04	0.231	1.5
ACA	0.08	0.087	3.08	N	0.08	0.111	2.68	N	0.08	0.111	2.68
				ACA	0.04	0.229	1.55				
				SuCa	0.04	0.263	1.34				
				SuAr	0.08	0.076	3.46				
				Oct	0.02	0.338	0.96				
				ACC	0.03	0.285	1.17				
				Turf	0.02	0.367	0.85				

Cuadro D1 (Continuación). Valores de contribución por variable en los modelos de partición a escala de sitios por componentes de la diversidad.

Diversidad α_2											
c Efectos Condicionales			a Efectos Condicionales			b Efectos Condicionales					
Variable	LambdaA	P	F	Variable	LambdaA	P	F	Variable	LambdaA	P	F
Prof	0.2	0.014	7.18	Oct	0.06	0.197	1.75	Prof	0.2	0.014	7.18
E	0.02	0.455	0.58	ACC	0.12	0.054	3.93	SuCa	0.06	0.161	2.1
N	0.07	0.118	2.57	ACA	0.08	0.091	2.97	E	0.02	0.416	0.69
				Turf	0.06	0.147	2.18	N	0.06	0.128	2.43
				SuCa	0.06	0.171	2.04	ACA	0.06	0.166	2.04
				SuAr	0.05	0.167	2.04	SuAr	0.05	0.142	2.32
								Oct	0.03	0.251	1.38
								ACC	0.03	0.339	0.94
								Turf	0	0.818	0.05

Cuadro D2. Valores de contribución por variable en los modelos de partición a escala de zonas por componentes de la diversidad.

Diversidad α_2							
a			b			c	
Efectos Condicionales						Efectos Condicionales	
Variable	LambdaA	P	F	Variable	LambdaA	P	F
Esponjas	0.82	0.017	13.31	Prof	0.32	0.331	1.4
TURF	0.18	0.024	210.69	E	0.15	0.585	0.57
ACC	0	0.286	1.69	N	0.23	0.564	0.75
P-valor	R ² ajust						
0.0184	0.51377						

Diversidad β_2^*					
a		b		c	
				Conditional Effects	
		Variable	LambdaA	P	F
		Prof	0.6	0.043	4.53

Diversidad β_2^+		
a	b	c
NA	NA	NA

α_3		
a	b	c
NA	NA	NA