



Universidad Veracruzana
Dirección General de Investigaciones
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías

BIOL. EDUARDO PALACIO PREZ
ESTUDIANTE DE LA MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS
UNIVERSIDAD VERACRUZANA
P R E S E N T E

**INSTITUTO DE
CIENCIAS
MARINAS Y
PESQUERÍAS,
U.V.**

Calle Hidalgo No.
617
Colonia Río Jamapa,
C P 94290,
Boca del Río,
Veracruz,
México

Teléfonos
(229) 956 70 70
956 72 27

**COORDINACION
DE POSGRADO EN
ECOLOGÍA Y
PESQUERIAS, U.V.**

Mar Mediterráneo
No. 314
Fracc. Costa Verde
CP 94294
Boca del Río,
Veracruz,
México

Teléfono
(229) 202 28 28

Habiendo sido debidamente revisado y aceptado el trabajo escrito de su tesis denominada "Diversidad funcional de peces arrecifales del Gran Caribe", y habiendo conseguido los votos necesarios por parte de su comité tutorial coincidiendo en cuanto a que tanto el contenido, como el formato de este trabajo es satisfactorio como prueba escrita para sustentar su examen final de posgrado de MAESTRA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS se le autoriza a usted presentar la versión electrónica final de su trabajo.

Sin otro particular, me es grato reiterarle la seguridad de mi más distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"LIS DE VERACRUZ: ARTE, CIENCIA, LUZ"
Boca del Río, Ver. diciembre 18 del 2020

Dr. Javier Bello Pineda
Director

INSTITUTO DE
CIENCIAS MARINAS
Y PESQUERIAS
BOCA DEL RIO, VER.



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

COORDINACIÓN DEL
POSGRADO EN
ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS



Universidad Veracruzana

Universidad Veracruzana

Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías

MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS

Diversidad funcional de peces arrecifales del Gran Caribe

TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO
EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS

PRESENTA

Biol. Eduardo Palacio Pérez

COMITÉ TUTORAL

Director: Dr. Horacio Pérez España

Director

Asesores: Dra. Vanessa Francisco Ramos

Asesora

Boca del Río, Veracruz

Agradecimientos

Quiero agradecer en primera instancia a mi director de tesis el Dr. Horacio Pérez España por abrirme las puertas para poder realizar este trabajo, por su confianza y apoyo en estos más de dos años.

A mi asesora la Dra. Vanessa Francisco Ramos, por sus comentarios y apoyo para poder realizar esta tesis.

A Perla Karina Montero Ramírez por permanecer a mi lado en todo momento, dándome su apoyo y consejos.

A mis papás porque siempre me han apoyado y animado a seguir estudiando y a lograr todos mis propósitos.

A mis tíos y tías por toda la ayuda que me han dado, antes y durante la maestría.

Al posgrado en ecología y pesquerías del Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, por esta oportunidad para poder realizar esta maestría.

Al CONACYT por el apoyo económico para poder realizar este posgrado.

Índice

1. Introducción	7
2. Antecedentes	10
3. Hipótesis.....	13
4. Objetivos	13
4.1 Objetivo general.....	13
4.2 Objetivos específicos	13
5. Metodología	14
5.1 Área de estudio y base de datos de especies en cada ecorregión.....	14
5.2 Obtención de base de datos y selección de rasgos funcionales.	15
5.3 Análisis estadístico	19
6. Resultados	213
7. Discusión.....	41
8. Conclusiones.	47
9. Bibliografía.....	48
10. Anexos.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de dos comunidades que tienen la misma riqueza de especies, pero distinta riqueza funcional.	8
Figura 2. Dendrograma hipotético para ejemplificar que los rasgos funcionales pueden ser dependientes o independientes de la filogenia.....	9
Figura 3. Zona de estudio y división de las nueve ecorregiones que se consideraron para el análisis de diversidad funcional Zonas propuestas por Spalding <i>et al.</i> , (2007).....	15
Figura 4.. Ejemplo de la elaboración de grupos funcionales una vez realizado el corte de la figura 4	20
Figura 5. Riqueza de especies y número de grupos funcionales en cada ecorregión	36
Figura 6..NMDS comparación de ecorregiones por riqueza funcional	37

Figura 7. Grupos funcionales con una sola especie (A) y número promedio y máximo de especies por grupo funcional (B) en cada ecorregión.....	38
Figura 8. Relación entre la riqueza de especies y el número de GF en nueve ecorregiones del estudio.	39
Figura 9. Relación entre la riqueza de especies y el promedio de especies por GF	39
Figura 10. NMDS entre las ecorregiones con la variable DF.....	40
Figura 11. Dendrograma obtenido de las especies de peces del Gran Caribe. Se destaca el corte al 70% para la formación de los grupos funcionales.....	46

7

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rasgos de las especies utilizados para la creación de grupos funcionales y rangos o valores/características empleadas para el análisis de los rasgos..	17
Tabla 2. Comparación entre ecorregiones, en la matriz inferior se observa el número de especies compartidas entre ecorregiones y en la superior el porcentaje de especies que comparten las ecorregiones.	22
Tabla 3. Grupos funcionales encontrados en el Gran Caribe. Se describen las características principales de las especies que los conforman, el número de especies que contiene y el género o especie representativas de cada grupo.....	22
Tabla 4. Familias y especies de peces arrecifales encontradas en el Gran Caribe.	55

Resumen

En años recientes se ha implementado el análisis de la diversidad funcional (DF), la cual estudia las funciones que realizan los organismos en los ecosistemas. Dentro de la DF se pueden encontrar funciones que son realizadas por varias especies, lo cual nos lleva al concepto de redundancia funcional, que es la capacidad de las especies de realizar las funciones de otra en un ecosistema. Algunos autores han encontrado que el uso de la diversidad funcional es más sensible para detectar impactos en los ecosistemas que la riqueza de especies basada en las relaciones taxonómicas. En el presente estudio se identificó la DF de peces arrecifales en nueve ecorregiones del Gran Caribe. Se trabajó con una base de datos del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, la cual constó de 741 especies; a cada una de las cuales se le identificó un total de 12 rasgos funcionales, los cuales, se acomodaron en una matriz de presencia/ausencia. Se calculó la similitud entre especies utilizando el índice de Sørensen y se realizó un dendrograma utilizando el programa Primer 6. Se realizó un corte al 70% de similitud para identificar los grupos funcionales. Con este corte se obtuvo un total de 141 grupos funcionales, los cuales se corroboraron con un análisis de similitud (ANOSIM, $R=0.97$, $p=0.1$). Con respecto a las ecorregiones, Caribe Norte fue la que presentó más especies y más grupos funcionales con 553 y 131, respectivamente, seguido de Caribe Sur con 538 especies y 126 grupos funcionales. Bermuda fue la ecorregión que presentó la menor cantidad de especies, así como de grupos funcionales con 277 y 108 respectivamente. Se encontró una relación positiva entre la riqueza de especies y la diversidad funcional, lo cual indica que, al aumentar la riqueza de especies, aumenta la diversidad funcional. Como un *proxy* de la redundancia funcional se determinó el número de especies en cada grupo funcional. Caribe Norte también fue la ecorregión que más especies presentó por grupo funcional, con un promedio de 4.9 especies por grupo, seguido de Caribe Sur con 4.8 especies por grupo funcional, Bermudas fue el menor con únicamente 2.6 especies por grupo funcional. Al final del estudio se obtuvieron las siguientes conclusiones, existe una relación positiva entre la riqueza de especies y la diversidad funcional, al igual que una relación positiva entre la riqueza de especies y la redundancia de las especies en los GF.

Abstract

In recent years the analysis of functional diversity (FD) has been implemented, which studies the functions carried out by organisms in ecosystems. Within the DF you can find functions that are performed by several species, which leads us to the concept of functional redundancy, which is the ability of species to perform the functions of another in an ecosystem. Some authors have found that the use of functional diversity is more sensitive in detecting impacts on ecosystems than species richness based on taxonomic relationships. In the present study the FD of reef fish was identified in nine ecoregions of the Greater Caribbean. We worked with a database of the Smithsonian Tropical Research Institute, which consisted of 741 species; A total of 12 functional traits were identified for each one of them, which were arranged in a presence / absence matrix. The similarity between species was calculated using the Sørensen index and a dendrogram was performed using the Primer 6 program. A cutoff was made at 70% similarity to identify the functional groups. With this cut, a total of 141 functional groups were obtained, which were corroborated with a similarity analysis (ANOSIM, $R = 0.97$, $p = 0.1$). Regarding the ecoregions, the North Caribbean was the one with the most species and the most functional groups with 553 and 131, respectively, followed by the South Caribbean with 538 species and 126 functional groups. Bermuda was the ecoregion that presented the least amount of species, as well as functional groups with 277 and 108 respectively. A positive relationship was found between species richness and functional diversity, which indicates that, as species richness increases, functional diversity increases. As a proxy for functional redundancy, the number of species in each functional group was determined. The North Caribbean was also the ecoregion with the most species per functional group, with an average of 4.9 species per group, followed by South Caribbean with 4.8 species per functional group, Bermuda was the lowest with only 2.6 species per functional group. At the end of the study, the following conclusions were obtained, there is a positive relationship between species richness and functional diversity, as well as a positive relationship between species richness and species redundance in FGs.

1. Introducción

La diversidad biológica es la variabilidad existente entre los organismos vivos de muchas fuentes, como son, sistemas terrestres, marinos y otros sistemas acuáticos; aquí se incluye la diversidad dentro de las especies, así como entre las especies (Magurran, 2013). Existen varias formas para medir la diversidad biológica de un ecosistema, las cuales pueden ser la diversidad α (diferencias en la diversidad de especies en unidades espacialmente definidas) y la diversidad β (diferencias en la diversidad de las áreas de diversidad alfa), además de modelos de abundancia de especies o de estimación de la riqueza de especies (Halfpeter *et al.* 2005).

Los análisis de diversidad pueden ser descritos en distintos términos que van desde análisis de la diversidad taxonómica (basada en la riqueza de especies), hasta la distribución espacial de especies o comunidades (Martín-López *et al.*, 2007). En años recientes se han implementado los estudios de diversidad funcional (DF), que implica comprender las comunidades y los ecosistemas en función de lo que hacen los organismos (Petchey & Gastón, 2006). Naeem *et al.* (2009) la definieron como el número, tipo y distribución de las funciones realizadas por los organismos en un ecosistema; en el presente trabajo se empleará esta definición.

En los últimos años ha existido un aumento en las investigaciones con el enfoque de diversidad funcional, que permiten una mejor comprensión sobre los diferentes patrones de los ecosistemas, como pueden ser la influencia de las especies, las funciones que cumplen, sus habilidades competitivas, entre otras (Laureto *et al.* 2015). Algunos autores han encontrado que el uso de la diversidad funcional es más sensible para detectar impactos en los ecosistemas que la riqueza de especies (Colin *et al.* 2018), ya que algunos índices basados sólo en taxonomía pueden proveer un análisis incompleto (Villéger *et al.* 2010). Tilman *et al.* (1997) encontraron que la DF es más sensible para detectar impactos en los procesos del ecosistema que la diversidad taxonómica.

La elección de rasgos funcionales es clave en estos estudios, ya que de éstos dependerá la estimación de los grupos funcionales. Los rasgos funcionales son caracteres o atributos de las especies, que pueden medirse y que tienen una influencia en los procesos en los ecosistemas o una respuesta a factores ambientales (Martín-López *et al.* 2007). Estos rasgos se relacionan con la morfología, los hábitos alimentarios, el comportamiento

reproductivo, la dispersión de las especies, entre otros (Francisco & de la Cueva, 2017). Para determinar cuántos rasgos funcionales se tienen que utilizar, Petchey y Gastón (2006) sugieren que se utilicen todos aquellos que son importantes para la función de interés en la investigación, aunque estos cambiarán de acuerdo con el taxón que se planea estudiar. Normalmente el número de rasgos deseados debe ser mayor a cinco (Maire *et al.*, 2015). Estos rasgos deben ser independientes entre sí y no covariar (Díaz & Cabido, 2001). Su correlación, así como el peso relativo que se les asigne puede alterar el cálculo del nivel de la redundancia funcional que exhibe una comunidad (Petchey & Gaston, 2002).

Para los análisis de diversidad funcional se requiere de los siguientes puntos: 1) Información funcional apropiada de los rasgos de cada organismo a incluir en el análisis, se debe excluir la información que sea irrelevante. 2) Asignación de un valor a cada rasgo. 3) El método estadístico que se utilizará durante el análisis. 4) Explicación y agrupación de los datos obtenidos, en este caso como grupos funcionales (Petchey & Gastón, 2006).

En la figura 1 se muestra que, si las comunidades tienen diferencias en sus rasgos ecológicos, biológico y morfológicos, pueden ser más diversas funcionalmente que si todas las especies de la comunidad tienen rasgos similares (Mason *et al.* 2005).

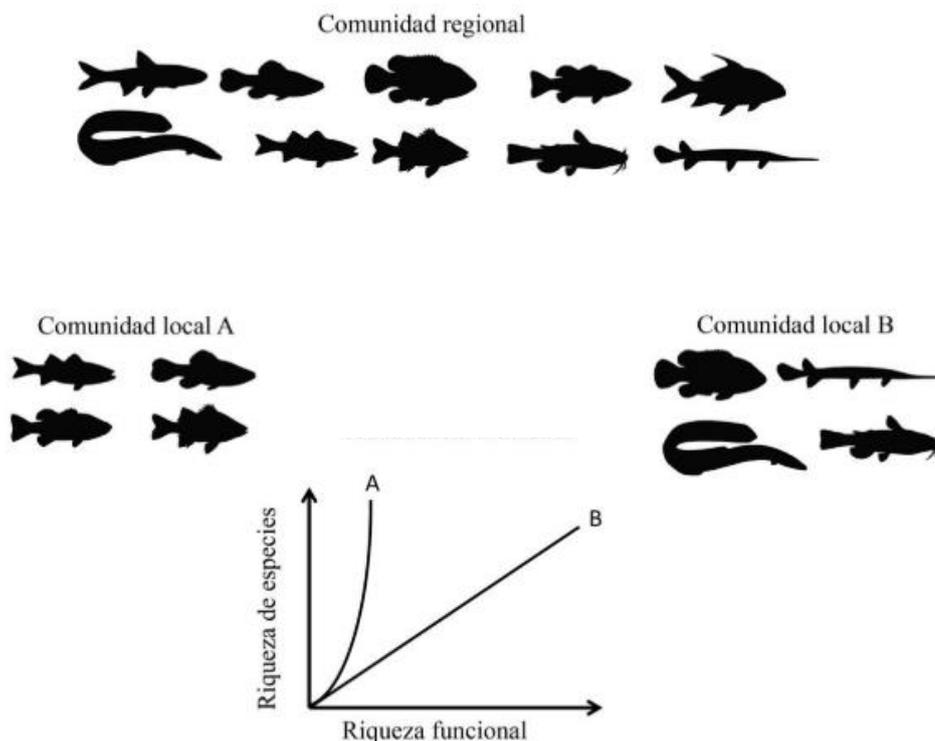


Figura 1. Ejemplificación de dos comunidades que tienen la misma riqueza de especies, pero distinta riqueza funcional. En la gráfica se observa el comportamiento de las

comunidades locales. A, riqueza de especies es mayor a su riqueza funcional. B, riqueza de especies es similar a riqueza funcional (modificado de Cavender-Bares *et al.* 2004).

Pueden encontrarse dos tipos diferentes de rasgos funcionales: 1) dependientes de la filogenia y 2) independientes de la filogenia (fig. 2). Los dependientes de la filogenia son rasgos morfológicos o fenotípicos, mientras que otros como la ubicación en la columna de agua son independientes de la filogenia (Cavender-Bares *et al.* 2004).

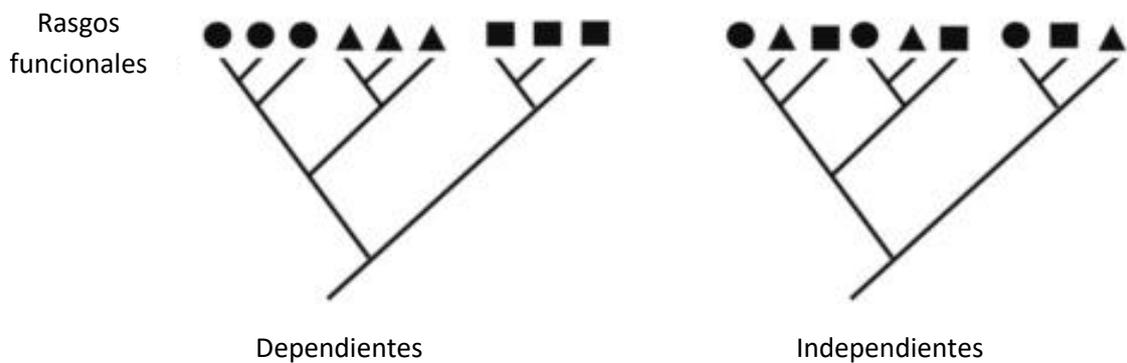


Figura 2. Dendrograma hipotético para ejemplificar que los rasgos funcionales pueden ser dependientes o independientes de la filogenia. Modificado de Cavender-Bares *et al.*, (2004).

Un concepto muy relacionado con la diversidad funcional es la redundancia funcional, la cual se refiere a la capacidad de las comunidades para compensar funcionalmente la pérdida de otras especies ya que realizan funciones similares. Dos o más especies se consideran redundantes con respecto a un proceso en el ecosistema, cuando la ausencia de una o más de estas especies no afecta significativamente dicho proceso (Mouchet *et al.* 2010). Las especies redundantes mantienen la estabilidad del sistema, aunque puede llegar a existir una redundancia baja, los procesos del ecosistema se mantienen (Scherer-Lorenzen, 2005), aunque con la rápida desaparición de especies de los ecosistemas puede llegar a que no exista redundancia en las funciones y los procesos del ecosistema colapsen.

Hasta ahora han sido pocos los estudios sobre diversidad funcional de peces arrecifales en el Caribe (Francisco, 2014), y menos aun considerando todo el Gran Caribe. Los estudios realizados a esta escala se basan en la riqueza de especies (Francisco & Arias, 2013), que determinan la diversidad y los patrones de endemismos (Floeter *et al.*, 2008), o que estudian la distribución geográfica de las especies (Sandin *et al.* 2008; Miloslavich *et al.* 2010; Robertson *et al.* 2014). Por esta razón, el objetivo del presente trabajo es analizar la DF, la distribución, composición y redundancia funcional de peces de arrecife de coral en nueve ecorregiones del Gran Caribe.

2. Antecedentes

Los primeros estudios de diversidad funcional (DF) empezaron analizando plantas terrestres. Estos utilizaron rasgos funcionales de las plantas para explicar su productividad, el porcentaje de nitrógeno y la penetración de luz (Tilman *et al.* 1997). Petchey y Gaston (2006) explican los pasos para la elección de rasgos funcionales, así como para realizar un análisis de DF e indican los diferentes análisis que se pueden emplear en los ecosistemas. Otros estudios comparan el enfoque de la diversidad funcional de Petchey y Gaston (2006) con el propuesto por Villéger (Maire *et al.* 2015). Los trabajos realizados por Maire *et al.* (2015), Córdoba y Zambrano (2015) así como por Francisco y de la Cueva (2017) son recopilaciones de información acerca de la diversidad funcional, que va desde su definición, la elección de rasgos, sus ventajas y desventajas, así como los resultados que se pueden obtener de cada uno, su cuantificación, hasta ejemplos de trabajos que se han realizado en ambientes marinos. Este tipo de revisiones son una buena herramienta para iniciar las investigaciones referentes al tema.

En años relativamente recientes se empezaron a realizar estudios de diversidad funcional en ambientes acuáticos (Álvarez & Reyes, 2006; Darling *et al.* 2012; Buisson *et al.* 2013; Mouillot *et al.*, 2014; Martina & Por, 2017 y Ramírez-Ortiz *et al.* 2017). Con este mismo enfoque se han realizado trabajos en ríos como el realizado por Colin *et al.* (2018) y en estuarios por Nicolas *et al.* (2010) y Villéger *et al.* (2010), en los que se han utilizado características diferentes para determinar la diversidad funcional. Dentro del Caribe, destaca el estudio de Díaz-Pérez *et al.*, (2016), quienes determinaron la diversidad funcional de peces en el Suroeste y su relación con índices de salud.

Dentro de las investigaciones marinas se han realizado estudios de riqueza de especies a nivel mundial (Briggs *et al.* 2012; Mouillot *et al.* 2014). Para el área del Océano Atlántico también se han realizado estudios con respecto a la riqueza de especies de diferentes zonas del Caribe, así como su distribución (Floeter & Gasparini, 2000; Joyeux *et al.*, 2001; Floeter *et al.*, 2004; Floeter *et al.*, 2008; Miloslavich *et al.*, 2010; Francisco & Arias, 2013; Robertson & Cramer, 2014). Estos temas son la base para la realización del análisis de la DF con el uso de dendrogramas, aunque los estudios recientes de diversidad funcional son a escalas ecológicas

Para el caso específico de peces, investigaciones como la realizada por Francisco y Arias (2013) describen la distribución de la riqueza de especies en el mar Caribe, dividiendo el área según la zonación propuesta por Spalding *et al.* (2007). Encontraron una mayor riqueza de especies en las eco-regiones Sur y Oriental del Gran Caribe, con 454 y 422 especies respectivamente. El suroeste fue la eco-región con el nivel de riqueza más bajo con 302 especies; sin embargo, los autores discuten que eso podría deberse a un número bajo de datos para dicha región. Robertson y Cramer (2014) realizaron una primera evaluación de los límites geográficos. Encontraron una mayor riqueza de especies en la región central del Gran Caribe con 550 especies, de ellas, 318 endémicas de esa zona, seguido de la región Sur con 465 especies y 256 endémicas y por último el golfo de México con 405 especies. Estos trabajos pueden ayudar a identificar las fuerzas ambientales que producen los patrones de similitud entre la fauna de diferentes regiones e identificar el grado de conectividad faunística.

Los análisis de diversidad funcional se han utilizado tanto en diferentes ámbitos espaciales como temporales. Álvarez & Reyes, (2006) compararon un mismo arrecife en dos años no consecutivos en el suroeste del golfo de California; concluyeron que, aunque las especies cambian, se observa una alta redundancia funcional y por ello las funciones se mantienen. Otros autores como Ramírez-Ortiz *et al.* (2017) han hecho comparaciones espaciales de la DF de grandes zonas abarcando dos diferentes taxa: peces y macroinvertebrados marinos. En tanto, Mouillot *et al.* (2014) y Olan (2018) trabajaron únicamente con peces. Estos análisis se han utilizado también con peces de ríos (Kelley *et al.* 2018) y en estuarios (Colin *et al.* 2018) para descubrir cómo responden los grupos funcionales a los impactos ambientales que se dan en cada ecosistema.

En la última década, se ha implementado un nuevo enfoque de la diversidad funcional propuesto principalmente por Villéger *et al.* (2008), quienes proponen tres índices para determinar la diversidad funcional: riqueza funcional (Cantidad de espacio funcional ocupado por las especies de una comunidad independientemente de sus abundancias) , equidad funcional (es la homogeneidad en la distribución de las abundancias de las especies de una comunidad en un espacio funcional) y divergencia funcional (es una medida de similitud funcional entre las especies dominantes de una comunidad). Con este enfoque se han realizado investigaciones con peces (Mouillot *et al.*, 2013; Mouillot *et al.*, 2014; Olivier *et al.*, 2018).

Estudios de diversidad funcional han sido utilizados como base para ayudar a la conservación de áreas naturales o de diferentes regiones (Cole *et al.* 2008, Olivier *et al.* 2018;). Después de identificar la diversidad funcional de las especies, puede tenerse más información sobre los roles de las especies en los ecosistemas, con ello se pueden diseñar mejores planes de manejo, o lo que podría ayudar a integrarlas a un estatus de protección.

De igual manera, se han realizado estudios para demostrar que los procesos del ecosistema están fuertemente relacionados a los rasgos y riqueza de especies (Díaz & Cabido, 2001). La conclusión más frecuente es que la relación entre riqueza de especies y DF es positiva: a una mayor riqueza de especies, se encontrará una mayor DF (Díaz & Cabido, 2001; Schmid *et al.* 2002). Sin embargo, algunos autores no han encontrado tal relación (Cadotte *et al.* 2011; Ramírez-Ortiz *et al.* 2017).

En los estudios de diversidad funcional, existen dos principales puntos de vista contrapuestos entre si, el primero es en el que existe una relación positiva entre la riqueza de especies y la diversidad funcional (Díaz & Cabido, 2001; Schmid *et al.* 2002; Halpern & Floeter 2008; Cianciaruso *et al.* 2009) y por otro lado el segundo es, que no existe esa relación, sino que al aumentar la riqueza de especies aumenta la redundancia de las especies y no la diversidad funcional (Cadotte *et al.* 2011; Ramírez-Ortiz *et al.* 2017), otros autores plantean que lo que origina esta relación es el número utilizado de rasgos funcionales (Walker *et al.* 1999; Cianciaruso *et al.* 2009), lo que implicará que tanto las especies analizadas se parecen entre sí. Halpern & Floeter (2008) encontraron que es más probable que al adicionar especies al análisis, estas aumenten la redundancia funcional y disminuir la DF, lo que puede implicar, que dependiendo las diferentes funciones, la adición o pérdida de algunas especies puede cambiar la redundancia de estas,

lo que puede llevar a tener un gran o pequeño impacto dentro de esta función en el ecosistema. Otros estudios con un enfoque diferente indican que esta relación varía dependiendo de la perturbación de los ecosistemas de estudio, un ecosistema con una baja perturbación tiene una relación positiva (Biwas & Mallik, 2011).

Es necesario la realización de mas estudios que ayuden a demostrar si existe una relación positiva entre la riqueza de especies con la DF, o que al aumentar la riqueza de especies aumentara la redundancia de especies, por lo cual en este trabajo se plantea identificar en el Gran Caribe que relación existe.

3. Hipótesis

Si a mayor riqueza de especies se encuentra una mayor diversidad funcional, y si en las zonas sur y sureste del Gran Caribe se encuentra una mayor riqueza, entonces se espera encontrar una mayor diversidad funcional en dichas zonas.

Si a mayor riqueza de especies se encuentra una mayor redundancia en las funciones de las especies, y si en las zonas sur y sureste del Gran Caribe se encuentra una mayor riqueza; entonces se espera encontrar una mayor redundancia ecológica en dichas zonas.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Determinar la riqueza y diversidad funcional de especies de peces arrecifales en el Gran Caribe y conocer su relación con la redundancia funcional.

4.2 Objetivos específicos

Determinar la riqueza de especies de peces arrecifales en cada una de las nueve ecorregiones.

Identificar los grupos funcionales de peces de arrecife de coral, así como su distribución en la zona de estudio.

Determinar la redundancia funcional de las especies de peces en los sitios de estudio, e identificar si existe diferencias entre ecorregiones.

Identificar si existe relación entre riqueza de especies y diversidad funcional con la redundancia y si es así, de qué tipo es.

5. Metodología

5.1 Área de estudio y base de datos de especies.

El área de estudio que se utilizó para el estudio fue el Gran Caribe, el cual se diferencia del Mar Caribe, ya que en el primero se incluye la parte Norte de Brasil y el Golfo de México, se modificó la regionalización propuesta por Spalding *et al.* (2007), la cual toma en cuenta configuraciones taxonómicas, influencia por la historia evolutiva, patrones de dispersión y aislamiento. La regionalización utilizada incluye nueve ecorregiones (de las cuales se abarcó con las zonas marinas colindantes de cada una): 1) ecorregión del golfo de México norte (GMN), parte norte de México, Texas y Oeste de Florida; 2) Ecorregión del golfo de México Sur (GMS), abarca de Veracruz hasta Yucatán; 3) Ecorregión de las Bahamas (BA), incluye Bahamas y Turcos y Caicos; 4) la ecorregión del Caribe norte (EA), Cuba, Jamaica, Islas Caimán, República Dominicana y Puerto Rico; 5) ecorregión Caribe Occidental (CO), Arrecife Mesoamericano, de México hasta Honduras; 6) ecorregión Caribe Este (CE), Islas Vírgenes Británicas, Islas Vírgenes de los Estados Unidos y las Antillas menores; 7) ecorregión del Suroeste del Caribe (CSO), Colombia y Panamá; 8) ecorregión del Sur del Caribe (CS), desde Aruba hasta Trinidad y Tobago, incluyendo las islas de la costa de Venezuela; 9) ecorregión de las Bermudas (BE), que sólo incluye Bermudas (figura 2).

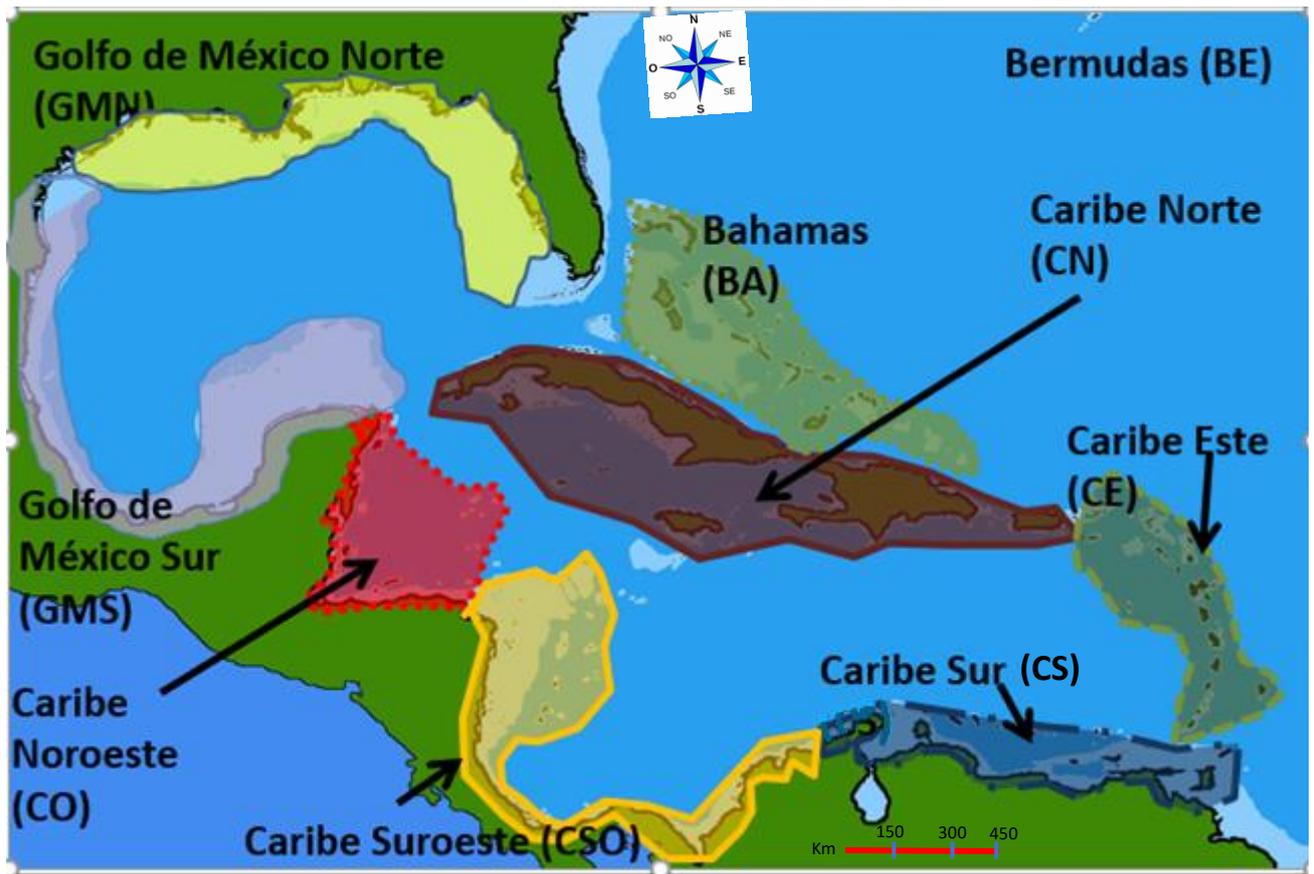


Figura 3. Zona de estudio y división de las nueve ecorregiones que se consideraron para el análisis de diversidad funcional.

5.2 Obtención de base de datos y selección de rasgos funcionales.

Se construyó una base de presencia de especies en cada una de las ecorregiones del Gran Caribe a partir de datos del sitio “Peces Costeros del Gran Caribe” (Robertson *et al.*, 2019). En la página existen varios criterios para separar la base de datos de especie en el Gran Caribe, como son: reservas, político, hábitat, islas, biogeografía y geografía. Para este estudio se utilizó la biogeografía, con la cual se obtuvo una regionalización muy similar a la propuesta por Spalding *et al.* (2007). Al momento de obtener la base de datos, se observó que las ecorregiones de Caribe Norte, Caribe Suroeste y Caribe Noroeste se presentan como una sola ecorregión, por lo que se realizó una búsqueda de las especies por país, para separar estas ecorregiones de acuerdo con las modificadas del trabajo de Spalding *et al.* (2007).

Inicialmente se obtuvo una base de datos con 1450 especies, a las cuales se les realizó una revisión para validar el nombre científico, así como la ubicación geográfica. Para

realizar esto se utilizó la página de World Register of Marine Species (WoRMS, 2020). De igual manera, se depuró el listado de especies, eligiendo únicamente aquellas especies que en Fishbase (Froese & Pauly, 2020) y el sitio “Peces Costeros del Gran Caribe” (Robertson *et al.*, 2019) mencionaban que eran arrecifales.

Se eligieron una serie de rasgos funcionales de las especies, que después de checar que no covarían se llegó a un total de 12 rasgos: cuatro biológicos (nivel trófico, forma de alimentación y hora de actividad y velocidad de nado), cuatro ecológicos (ubicación en la columna de agua, hábitat, profundidad y gregarismo), y cuatro morfológicos (forma del cuerpo, forma de la aleta caudal, forma de la boca, longitud total). La identificación de cada variable para las especies se realizó con el apoyo de la información en línea FishBase (Froese & Pauly, 2020) y “Peces Costeros del Gran Caribe” (Robertson *et al.*, 2019). Para aquellas especies de las cuales no fue posible encontrar determinados rasgos funcionales (principalmente en las familias Gobiidae, Bleniidae) en FishBase, se utilizaron los de especies similares del mismo género.

A continuación, se explica lo que los rasgos elegidos representan en términos del funcionamiento de la especie en el ecosistema y las razones por las cuales fueron seleccionados. Los rasgos de talla máxima y de nivel trófico aportan información acerca de la transferencia de energía en la comunidad arrecifal (Micheli & Halpern, 2005); la dieta de cada especie está relacionada con el impacto en el funcionamiento del ecosistema a través de las interacciones tróficas (Mumby *et al.* 2006). El periodo de actividad de las especies tiene implicaciones en importancia que juegan las especies en la red trófica, puede indicar qué especies son más propensas a ser presas o ser depredadoras (Fox & Bellwood, 2011); también evita competencia haciendo una separación temporal. La movilidad tiene implicaciones con la energía que utilizan las especies que cuentan con una movilidad alta en comparación con aquellas que especies con movilidad muy bajasedentarias (Norman & Jones, 1984), por ejemplo la familia Bleniidae los cuales en muchas ocasiones se encuentran fuera de su cueva y no tienen mucha movilidad. En cuanto a los rasgos ecológicos, el nivel en la columna de agua ayuda a determinar el área en que se encuentran las especies (Bellwood *et al.* 2006). El gregarismo de las especies es un componente que les da la habilidad de escapar de la depredación (Hoare *et al.* 2000; Stier *et al.* 2013). La profundidad máxima está relacionada con la separación espacial del acceso a los recursos alimenticios (Thresher & Colin, 1986). Los rasgos morfológicos como la talla máxima juegan un rol importante en la interacción trófica de los peces

(Persson *et al.* 1992). La forma de la boca indica cómo las especies obtienen su alimento y la forma en que lo hacen. El tipo de aleta caudal es importante para determinar qué movilidad tienen las especies, lo que influye en su gasto de energía y la manera de obtener su alimento. Para la selección de rasgos se descartaron algunos debido a que covariaban con otros, por lo que únicamente se utilizaron los descritos en la tabla 1. Cada rasgo fue dividido en varias categorías para tener una base de datos de ceros y unos, ya que algunos de los rasgos son cualitativos.

Tabla 1. Rasgos de las especies utilizados para la creación de grupos funcionales y rangos o valores/características empleadas para el análisis de los rasgos.

Biológicos	Nivel trófico	2
		2.1-3
		3.1-4
		4.1-5
	Forma de alimentación	Depredador bentónico
		Depredador pelágico
		Herbívoro
		Ramoneador
		Planctívoros
	Hora de alimentación	Diurno
		Nocturno
		Diurno y nocturno
	Velocidad de nado	Sedentarios
		Lento
		Medio
		Rápido

Ecológicos	Ubicación en la columna de agua	Superficial
		Media agua
		Cercanos al bentos
		Bentónico
	Hábitat	Corales o rocas
		Arena
		Pastos marinos
		Pelágico
	Gregarismo	Solitario
		Parejas
		Grupos pequeños
		Cardúmenes
	Profundidad maxima (m)	0-30
31-90		
>91		
Morfológicos	Forma del cuerpo	Perciforme
		Anguiliforme
		Compresiforme
		Depresiforme
		Gobiformide
	Forma de la aleta caudal	Redonda
		Convexa

		Emarginada
		Cóncava
		Escotada
		Lunada
		Truncada
		Heterocerca
		Protocerca
	Forma de la boca	Terminal
		Superior
		Inferior
	Talla máxima (cm)	0-5
		6-15
		16-30
		31-60
		61-120
		>121

5.3. Análisis estadístico

La base de datos se construyó asignando un “1” cuando cumplía con el rasgo y un “0” cuando no lo contenía. Se elaboró un dendrograma de todas las especies obtenidas basado en una matriz de similitud estimada con el índice de Sørensen y la unión de los grupos mediante el método de promedio de grupos, UPGMA (Clarke & Warwick, 2001). En el dendrograma se realizó un corte al 70% de similitud, una vez realizado el corte se observó de que manera quedaban conformados los grupos y que no se encontrara por ejemplo un tiburón con un *Gobio* (figura 5), al igual que se realizó un análisis de similitud

(Clarke & Warwick, 2001), para estudiar la significancia estadística de la conformación de los grupos.

Se realizaron dos análisis multidimensionales no-métrico (NMDS) en el programa Primer 6 (Clarke & Warwick, 2001), en el primero se comparó la riqueza de especies entre las ecorregiones, el segundo se realizó con los datos de diversidad funcional que se obtuvieron del dendrograma por ecorregión (Fig. 6), con el objetivo de poder discutir sobre su relación entre las ecorregiones con estas dos variables.

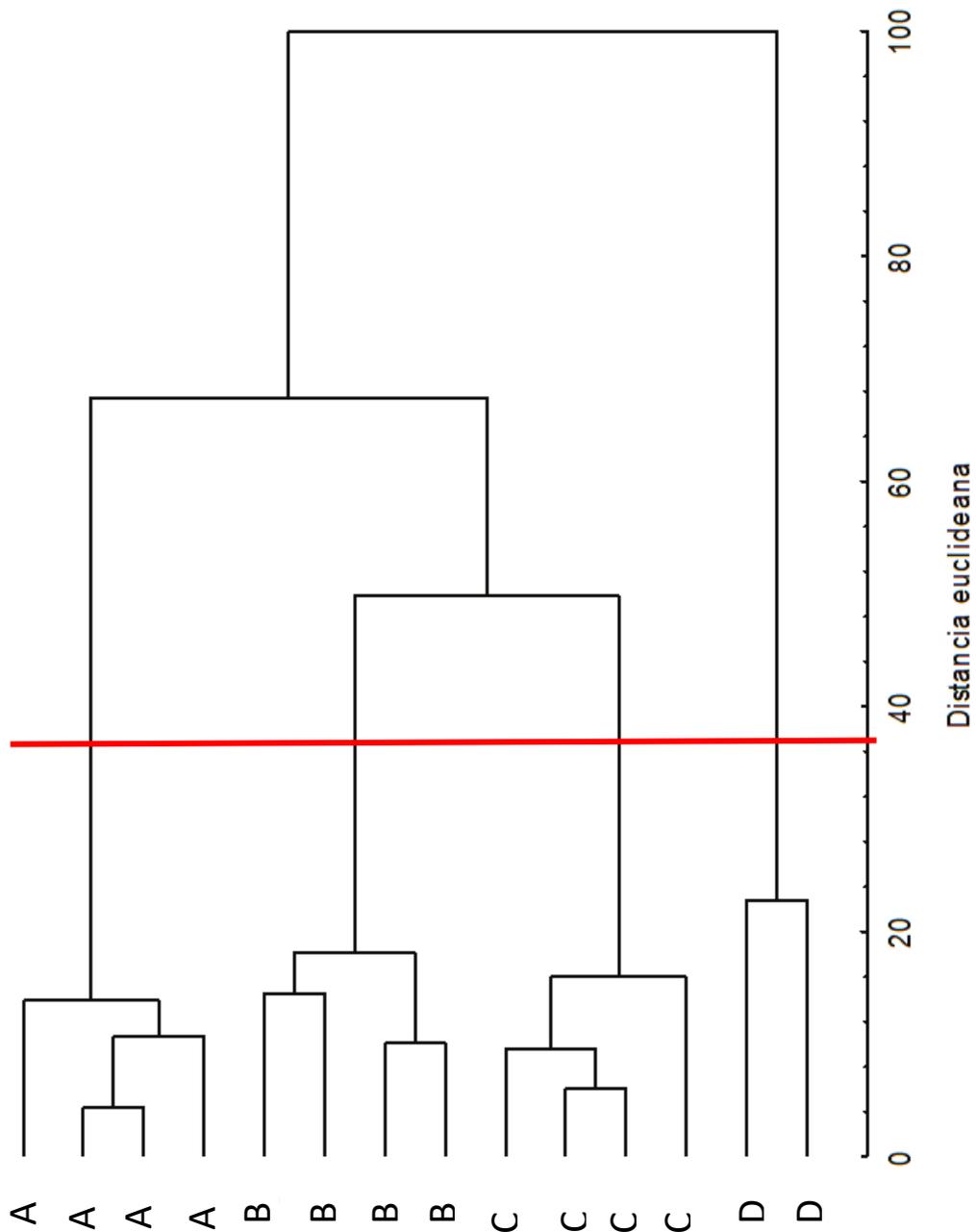


Figura 4. Ejemplo de la elaboración de grupos funcionales una vez realizado el corte, cada letra muestra un diferente grupo funcional, de forma similar fue lo realizado en el presente trabajo, lo marcado con la letra A GF1, la B el GF 2, C GF 3 y la D el GF 4.

Una vez que se obtuvieron los grupos funcionales se le asignó un número a cada uno, lo cual sirvió para catalogar el grupo al que pertenecía cada especie en cada ecorregión. Se determinó el número total de especies y el número de grupos funcionales por ecorregión. Además, se determinó el promedio de especies de cada grupo funcional como un indicador proximal de la redundancia funcional al igual que el promedio de especies por grupo funcional.

Se elaboraron 2 graficas de dispersión en los cuales se observo la relación entre la riqueza de especies con el promedio de especies, otra en la que se comparo la riqueza de especies con la DF de cada ecorregión, utilizando el programa Excel

6. Resultados

En todo el Gran Caribe se identificaron un total de 741 especies pertenecientes a 79 familias. Las familias que más especies presentaron fueron: Serranidae con 86 especies, Gobiidae 82, Labrisomidae con 52, Chaenopsidae 47, Scorpaenidae 26, Pomacentridae con 25, Apogonidae 23, Bythitidae, Gobiesocidae y Haemulidae con 21 cada una.

Del total de 741 especies del Gran Caribe, las ecorregiones que comparten más porcentaje de especies son Bahamas y Caribe Norte con 91.4% (547) de las especies, al igual que golfo de México Norte y golfo de México Sur con un 90.7% (342) de su total de especies. Las ecorregiones que mostraron menos similitud en la riqueza de especies son aquellas que se encuentran lejos geográficamente, como golfo de México Sur y Caribe Suroeste que comparten el 70.63% (356) del total de especies, Bermudas fue la ecorregión que presento menor similitud con todas las ecorregiones, teniendo su valor mas alto con Golfo de México Norte con 58.3% de especies similares. (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación entre ecorregiones, en la matriz inferior se observa el número de especies compartidas entre ecorregiones y en la superior el porcentaje de especies que comparten las ecorregiones. En la diagonal el número total de especies por ecorregión

	Bahamas	Caribe Norte	Caribe Este	Caribe noroeste	Golfo de México Norte	Caribe Sur	Caribe Suroeste	Golfo de México Sur	Bermuda
Bahamas	500	91.4%	86.4%	82.4%	59%	83.4%	80.2%	73.0%	49.8%
Caribe Norte	457	553	84.60%	80.6%	58.9%	82.8%	79.9%	72.1%	46.8%
Caribe Este	432	468	528	78.7%	56.0%	85.6%	79.5%	69.1%	46.2%
Caribe noroeste	412	446	416	503	58.8%	81.9%	82.3%	71.9%	48.1%
Golfo de México Norte	295	326	296	296	377	84.3%	79.3%	90.7%	58.3%
Caribe Sur	417	458	452	412	318	538	80.6%	70.6%	47.0%
Caribe Suroeste	401	442	420	414	299	434	500	71.2%	48.2%
Golfo de México Sur	365	399	365	362	342	380	356	460	51.7%
Bermuda	249	259	244	242	220	253	241	238	277

Se obtuvo un total de 141 grupos funcionales. En el análisis de similitud ANOSIM, se obtuvo un coeficiente R de 0.973. La información sobre cómo se conforman los GF y qué géneros están presentes en cada uno, se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Grupos funcionales encontrados en el Gran Caribe. Se describen las características principales de las especies que lo conforman, el número de especies que contiene y el género o especie representativa de cada grupo.

Grupo	Descripción	No. Spp	Ejemplo de géneros
1	Planctívoras diurnas, talla entre 30 - 60 cm, habitan en la arena formando pequeños grupos.	3	<i>Heteroconger</i>
2	Pelágicas, planctívoro y detritívoro diurno, talla entre 30 - 60 cm, habita a profundidades <30 m.	1	<i>Mugil curvidens</i>
3	Principalmente pelágicas, herbívoras diurnas, con una talla entre 30-60 cm, habitan en profundidades <90 m. Forman grupos pequeños.	3	<i>Acanthurus</i>
4	Diurnas herbívoras, con talla entre 15 - 30 cm, habitan sobre corales y algunas en pastos marinos, usualmente solitarias.	9	<i>Nicholsina</i> , <i>Sparisoma</i>

5	Depredadoras bentónicas, diurnas, con talla entre 15 - 60 cm. Habitan sobre corales o rocas a profundidades < 90 m. Forman grupos pequeños.	2	<i>Cantherhines</i>
6	Herbívoras diurnas, con una talla entre 15 - 90 cm, habitan sobre corales y rocas, en grupos pequeños o pares.	6	<i>Scarus</i>
7	Herbívora y detritívora, nocturna, talla entre 5 - 15 cm, habita sobre corales y arena, habita a profundidades <90 m. Forma grupos pequeños.	1	<i>Gnatholepis thompsoni</i>
8	Planctívora y detritívora diurna, talla entre 15-30 cm, habita en corales, usualmente habita a profundidades <10 m. Especie solitaria.	1	<i>Microspathodon chrysurus</i>
9	Planctívoras y detritívoras diurnas, talla entre 15-30 cm, habita en corales a profundidades <30 m. Forma grupos pequeños.	2	<i>Abudefduf</i>
10	Herbívoras diurnas, bentónicas, talla entre 5-15 cm habitan principalmente en corales y arena, a una profundidad < 90 m. Especies solitarias.	10	<i>Stegastes, Stephanolepis</i>
11	Herbívoras, tallas entre 5-15 cm, habitan sobre corales, a profundidades < 90 m, solitarias. Presentan boca terminal.	4	<i>Centropyge, Monacanthus, Ophioblennius</i>
12	Depredadora bentónica diurna, con tallas entre 1-5 cm, habita sobre corales y rocas, forma grupos pequeños.	1	<i>Lucayablennius zingaro</i>
13	Planctívoras, con tallas de 0-5 cm, bentónicas, habitan en cuevas, con rango de profundidad a más de 90 m, solitarias.	2	<i>Chriolepis</i>
14	Diurnas, con tallas entre los 1-15 cm. principalmente herbívoras y detritívoras, algunas planctívoras, habitan en corales, profundidad máxima menor a 30 m, solitarias.	13	<i>Chriolepis, Coryphopterus</i>
15	Depredadoras bentónicas, con tallas entre los 30-60 cm, diurnas, habitan sobre corales/rocas, solitarias.	2	<i>Holocentrus, Scorpaena</i>

16	Depredadoras bentónicas, tallas entre 30 y 60 cm, con nivel de actividad medio, habitan en corales/rocas y pastos marinos, solitarias, rango de profundidad de 15-60 m.	2	<i>Ahlia, Anarchias</i>
17	Depredadoras bentónicas, tallas de 60-120 cm, habitan en arena y corales, con rango de profundidad <90 m, solitarias, boca terminal.	3	<i>Malacanthus, Monacanthus, Ophichthus</i>
18	Depredadoras bentónicas, talla entre 15-39 cm, nivel trófico de 4-5, habitan sobre arena, profundidad máxima de 30-90 m, aleta redonda.	2	<i>Opistognathus, Scorpaena</i>
19	Depredadora bentónica, talla entre 5-15 cm, nivel de actividad medio, habita sobre corales y arena, profundidad <90 m, solitaria.	1	<i>Hollardia meadi</i>
20	Depredadoras bentónicas, tallas entre 5-60 cm, diurnos, habitan sobre la arena, algunas con un rango de profundidad >90 m, solitarias.	10	<i>Scorpaena</i>
21	Nivel de actividad lento, con tallas de 5-15 cm, depredadoras bentónicas, habitan en arena y sobre corales/rocas, profundidad de 0-30 m, solitarias.	2	<i>Cerdale, Micrognathus</i>
22	Nocturnas, depredadoras bentónicas, talla entre 5-15 cm, habita sobre corales, profundidad de 0-30 m, solitarias, boca superior.	1	<i>Dactyloscopus tridigitatus</i>
23	Diurnas, tallas de 5-15 cm, sedentarias, depredadoras bentónicas, habitan sobre corales/rocas, arena, profundidad <30 m, solitarias.	2	<i>Platygilcellus, Pseudogramma</i>
24	Diurnas, sedentarias, depredadoras bentónicas, talla de 0-5 cm, habitan en corales y corales/rocas, principalmente en profundidades de 0-30, algunas más, solitarias, algunas de 5-15 cm.	24	<i>Callionymus, Chasmodes, Lipogramma, Paraclinus,</i>

25	Depredadora bentónica, talla de 1-5 cm, diurna, habita sobre corales, profundidad de 0-30 m, solitaria, boca terminal,	1	<i>Coralliozetus cardonae</i>
26	Planctívoras, con tallas de 5-15 cm, diurnas, habitan en corales y arena, profundidades de 0-90 m, solitarias.	7	<i>Opistognathus,</i> <i>Ptereleotris,</i>
27	Diurnas, tallas de 5-15 cm, sedentarias, herbívoras y planctívoras, bentónicas, habitan en corales/rocas, profundidad de 0-30 m, solitarias, boca terminal.	14	<i>Hypleurochilus,</i> <i>Hypsoblennius,</i> <i>Parablennius</i>
28	Diurna, depredadora bentónica, talla >120 cm, media agua, pelágico, profundidad de 0-90 m, grupos pequeños, boca inferior, forma de raya.	1	<i>Aetobatus narinari</i>
29	Depredadoras, tallas de 1-5 cm. diurnas, habitan en corales, profundidad de 0-90 m, solitarias, boca terminal.	8	<i>Emblemaria,</i> <i>Ginsburgellus</i>
30	Depredadoras bentónicas, tallas de 0-5 cm, sedentarias, habitan en corales, rangos de profundidad de 0-90 cm, solitarias.	5	<i>Cryptotomus,</i> <i>Emblemaria</i>
31	Depredadoras bentónicas y algunas planctívoras, tallas de 1-5 cm, diurnas, habitan en corales/rocas y algunos en cuevas, profundidad de 0-30 m, en su mayoría solitarias.	115	<i>Elacatinus,</i> <i>Emblemariopsis,</i> <i>Gobiosoma,</i>
32	Depredadoras bentónicas, talla de 1-5 cm, diurnas, habitan sobre corales/rocas, profundidad de 0-30 m, solitarias.	16	<i>Lupinoblennius,</i> <i>Stathmonotus</i>
33	Depredadoras bentónicas, tallas de 15-30 cm, habitan sobre corales y algunos en cuevas, profundidad de 0-30 m, solitarias, boca terminal.	4	<i>Labrisomus,</i> <i>Odontoscion,</i> <i>Petrotyx</i>
34	Depredadoras bentónicas, tallas entre 15-60 cm, habitan sobre corales, algunas diurnas otras nocturnas, profundidad de 0-30 m.	10	<i>Alphestes, Sanopus,</i>
35	Depredadoras bentónicas, talla de 5-15 cm, habitan sobre corales/rocas, profundidad de 0-30 m, solitarias, en su mayoría diurnas, boca terminal.	39	<i>Bathygobius,</i> <i>Malacoctenus,</i> <i>Scorpaenodes</i>

36	Depredadoras bentónicas, tallas de 1-5 cm, sedentarias , habitan en corales, pastos marinos y arenas, nocturnas, profundidad de 0-30 m, solitarias, boca inferior.	4	<i>Acyrtus, Acyrtops</i>
37	Depredadora bentónica, talla 1-5 cm, diurna, actividad lenta, habita sobre arena, profundidad de 0-30 m, grupos pequeños, boca inferior.	1	<i>Symphurus ommaspilus</i>
38	Depredadoras bentónicas, talla de 5-30 cm, diurnas, bentónicas, habitan sobre arena, profundidad de 0-90 m, solitarias, boca inferior.	5	<i>Hypanus, Ophidion, Symphurus</i>
39	Depredadora bentónica, talla de 30-60 cm, habita en corales, profundidad de 0 a > 90 m, nocturna, solitaria, boca inferior.	1	<i>Torpedo andersoni</i>
40	Depredadoras bentónicas, tallas de 15-60 cm, habitan sobre corales y arena, nocturnas con actividad lenta, profundidad de 0 a > 90 m, solitarias, boca inferior.	7	<i>Ogcocephalus, Pseudupeneus</i>
41	Depredadora bentónica, talla de 60-120 cm, habita en corales, profundidad de 0-90 m, nocturna, actividad rápida, solitaria, boca inferior.	1	<i>Bascanichthys scuticaris</i>
42	Depredadoras bentónicas, talla de 60-90 cm, planctívoras, habitan sobre corales, profundidad de 0-30 m, nocturnas, solitarias, boca inferior.	2	<i>Aprognathodon, Caralophia</i>
43	Depredadora demersal, talla de 60-120 cm, nocturna, habita sobre la arena, cercana al fondo, profundidad de 0 a > 90 m, solitarias, boca terminal.	1	<i>Brotula barbata</i>
44	Depredadoras bentónicas, talla de 5-15 cm, habitan en cuevas, profundidad de 0-30 m, nocturnas, sedentarias, solitarias, boca terminal.	3	<i>Lucifuga</i>
45	Depredadoras bentónicas, tallas de 5-15 cm, nocturnas, habitan sobre arena, profundidad de 0-30 m, solitarias, boca terminal.	4	<i>Otophidium, Parophidion</i>

46	Depredadora bentónica, tallas mayores a 120 cm, diurna, habita en corales, profundidad de 0 a > 90 m.	1	<i>Fistularia tabacaria</i>
47	Depredadoras diurnas, tallas de 1-15 cm, bentónicas, pelágicas, profundidad de 30-90 m, solitarias, boca terminal.	2	<i>Chaenopsis,</i>
48	Depredadoras bentónicas, tallas de 5-30 cm, diurnas, actividad lenta, habitan en pastos marinos, profundidad de 0-30 m, solitarias.	4	<i>Cosmocampus</i>
49	Depredadoras bentónicas, tallas de 5-30 cm, nocturnas, habitan sobre corales, talla de 0-90 m, solitarias.	3	<i>Arcos, Moringua</i>
50	Depredadoras bentónicas, talla de 1-30 cm, nocturnas, habitan en corales/rocas, profundidad de 0-90 m solitarias, boca terminal.	2	<i>Carapus, Penetopteryx</i>
51	Depredadoras bentónicas, tallas de 15-120 cm, nocturnas, habitan en corales/rocas y arena, profundidad de 30 a > 90 m, solitarias, boca terminal.	4	<i>Chlopsis, Gymnothorax, Robinsia</i>
52	Depredadoras bentónicas, tallas de 30-12, diurnas, habitan sobre corales/rocas, profundidad de 0-30, solitarias.	4	<i>Conger, Echiophis</i>
53	Depredadoras bentónicas, tallas de 5-120 cm, diurnas, sedentarias, habitan sobre corales/rocas y cuevas, profundidad de 0-30 m, solitarias, boca terminal.	9	<i>Chaenopsis, Myrichthys, Uropterygius</i>
54	Depredadoras bentónicas, tallas de 60 cm a >120 cm, algunas diurnas y otras nocturnas, principalmente habitan en corales y cuevas, profundidad de 0-90 m, solitarias, cuerpo anguiliforme.	11	<i>Enchelycore, Gymnothorax, Muraena</i>
55	Planctívora, talla de > 120 cm, diurna, pelágica, profundidad de 0 a > 90 m, solitaria, boca inferior cuerpo de manta.	1	<i>Manta birostris</i>
56	Depredadoras bentónicas, tallas de 15-30 cm, nocturnas, habitan en arena y pastos marinos, profundidad de 0-90 cm, solitarias.	2	<i>Corvula, Sphoeroides</i>

57	Depredadoras bentónicas, tallas de 30-120 cm, nocturnas, habitan en corales/rocas, profundidad de 0-30 m.	2	<i>Diodon</i>
58	Depredadoras bentónicas, tallas de 30-120 cm, nocturnas, pelágicas, profundidad de 0-90 m solitarias.	4	<i>Chilomycterus,</i>
59	Planctívoras, tallas de 0-15 cm, diurnas, habitan en pastos marinos, profundidad de 0-60 m, solitarias.	3	<i>Hippocampus</i>
60	Depredadoras pelágicas, tallas de 30-60 cm, cercanas al fondo, pelágicas, profundidad de 30-90 m, solitarias.	2	<i>Acanthostracion</i>
61	Herbívoras, tallas de 5-60 cm, diurnas, habitan sobre corales/rocas, profundidad de 0-90 m, en grupos pequeños.	6	<i>Canthigaster,</i> <i>Lactophrys,</i>
62	Depredadora bentónica, tallas de 30-60 cm, nocturna, habita en corales con una profundidad de 60 a >90 m, solitaria con boca superior.	1	<i>Gephyroberyx</i> <i>darwinii</i>
63	Depredadora bentónica, talla de 30-60 cm, nocturna, habita en cuevas, profundidad de 0-90 m, solitaria, boca inferior.	1	<i>Dactylopterus</i> <i>volitans</i>
64	Depredadora bentónica, tallas de 30-60 cm, nocturna, habita en corales, profundidad de 0-90 m, solitarias, boca superior.	1	<i>Heteropriacanthus</i> <i>cruentatus</i>
65	Depredadora, talla de 60-120, nocturna, cercana al fondo, habita sobre corales, profundidad de 30-90 m, solitaria.	1	<i>Cookeolus</i> <i>japonicus</i>
66	Depredadora bentónica, tallas de 15-30 cm, diurna-nocturna, habita en corales, profundidad de 30-90 m, solitaria, boca superior.	1	<i>Gonioplectrus</i> <i>hispanus</i>
67	Depredadora bentónica y planctívoras, talla de 60-120 cm, diurna-nocturna, habitan en corales, profundidad de 0-90 m, solitarias.	2	<i>Echeneis</i>
68	Depredadoras bentónicas, tallas de 30-120 cm, planctívoras, diurnas, habitan en corales, profundidad de 0-90 m, solitarias.	2	<i>Mycteroperca,</i> <i>Paralabrax</i>

69	Depredadoras bentónicas y planctívoras, tallas de 15-30 cm, diurnas, habitan en corales/rocas, profundidad de 0 a >90 m, solitarias, boca superior.	3	<i>Hoplostethus,</i> <i>Ostichthys,</i> <i>Pronotogrammus</i>
70	Depredadoras bentónicas, talla de 15-30 cm, nocturnas, habitan en corales/rocas, profundidad de 0 a >90 m, algunas solitarias o en grupos pequeños.	2	<i>Myripristis,</i> <i>Rypticus</i>
71	Depredadoras bentónicas, tallas de 30-60, diurnas, habita en corales/rocas, profundidad de 0-30 m, solitarias.	2	<i>Cephalopholis</i>
72	Depredadoras bentónicas, tallas de 60 a >120 cm, diurnas, habitan en corales/rocas, profundidad de 30 a > 90 m, solitaria.	4	<i>Hyporthodus</i>
73	Depredadoras bentónicas, tallas de 60 a más de 120 cm, diurnas, actividad lenta, habitan sobre corales/rocas, profundidad de 0 a >90 m, solitarias.	14	<i>Epinephelus,</i> <i>Mycteroperca,</i> <i>Pristigenys</i>
74	Planctívoras, tallas de 15-60 cm, diurnas, pelágicas, profundidad de 30 a >90, solitarias.	2	<i>Baldwinella</i>
75	Depredadora y planctívora, talla de >120 cm, diurna, pelágica, profundidad de >90 m, solitaria.	1	<i>Alectis ciliaris</i>
76	Planctívoras, talla de 15-30 cm, diurnas, algunos pelágicos y habitan en corales, profundidad de 30 a >90 m.	6	<i>Anthias,</i> <i>Pristipomoides,</i> <i>Symphysanodon</i>
77	Depredadoras bentónicas, tallas de 15-60 cm, diurnas, habitan sobre corales/rocas, profundidad de 30 a >90 m, solitarias.	6	<i>Nemaclinus,</i> <i>Pontinus</i>
78	Depredadoras bentónicas y algunas planctívoras, talla de 30-60 cm nocturnas, habitan sobre arena, profundidad de 30 a >90 m, solitarias.	2	<i>Helicolenus,</i> <i>Sphoeroides</i>
79	Depredadoras bentónicas y planctívoras, tallas de 15-60 cm, son pelágicas, profundidad de 30 a >90 m, grupos pequeños.	2	<i>Antigonia</i>

80	Planctívora, talla de 30-60 cm, diurna, cercana al fondo, habita sobre corales/rocas, profundidad de 30 a más de 90 m solitaria.	1	<i>Hemanthias leptus</i>
81	Depredadora bentónica y planctívora, talla de 30-60 cm, nocturna, habita sobre corales/rocas, profundidad de 30 a >90 m, grupos pequeños, boca terminal.	1	<i>Rhomboplites aurorubens</i>
82	Depredadora y planctívora, talla 15-30 cm, diurna, media agua, pelágica, profundidad 0 a >90 m, grupos pequeños.	1	<i>Clepticus parrae</i>
83	Depredadoras bentónicas, talla de 15-60 cm, diurnas, habitan sobre arena, profundidad de 0 a más de 90 m, solitarias.	5	<i>Synodus,</i> <i>Trachinocephalus</i>
84	Depredadoras bentónicas, talla de 60-120 cm diurnas, habitan en corales, profundidad de 0-30 m, solitarias.	2	<i>Lachnolaimus,</i> <i>Trachinotus</i>
85	Depredadoras bentónicas, talla de 30-120, diurnas, habitan sobre arena, profundidad de 0-30 m, forman cardúmenes.	2	<i>Elops</i>
86	Depredadoras bentónicas, talla de 30-120, diurnas, habitan en pastos marinos, profundidad de 30-90 m, solitarias.	2	<i>Carangoides,</i> <i>Trachinotus</i>
87	Depredadora bentónica, tallas de 30-60 cm, diurna, habitan en la arena, profundidad de 0 a >90 m, en grupos pequeños.	1	<i>Selene vomer</i>
88	Depredadoras bentónicas, tallas de 15-30 cm, diurnas, habitan en pastos marinos y arena, profundidad de 0-60 m, solitarias.	3	<i>Diplectrum</i>
89	Depredadora bentónica y planctívora, talla de 30-60 cm, diurna, habita en la arena, profundidad de 0-90 m, forman cardúmenes.	1	<i>Mulloidichthys martinicus</i>
90	Depredadoras bentónicas y planctívoras, tallas de 30-120 cm, pelágicas, profundidad de 0-60 m, forman cardúmenes.	2	<i>Canthidermis</i>
91	Depredadora, talla de 60-120 cm, diurna, cercana al fondo, pelágica, profundidad de 0-90 m, forman cardúmenes.	1	<i>Chaetodipterus faber</i>
92	Depredadora bentónica, talla de 15-30 cm, actividad rápida, diurna, pelágica, profundidad de 0-90 m, forman cardúmenes.	1	<i>Harengula humeralis</i>

93	Depredadoras bentónicas, tallas de 30-60 cm, algunas diurnas y nocturnas, habitan en corales y arena, profundidad de 0-30 m, forman cardúmenes.	12	<i>Haemulon,</i> <i>Lagodon</i>
94	Depredadoras bentónicas, tallas de 15-30 cm, nocturnas, habitan en corales/rocas y algunas en arena, profundidad de 0-90 m, en grupos pequeños o cardúmenes.	8	<i>Equetus, Flameo,</i> <i>Haemulon,</i> <i>Haemulopsis</i>
95	Depredadora bentónica, talla de 60-120 cm, diurna, habita en corales, profundidad de 0-30 m, grupos pequeños.	1	<i>Archosargus</i> <i>probatocephalus</i>
96	Depredadoras bentónicas y herbívoras, tallas de 15-60 cm, habitan en corales/rocas, una profundidad de 0-30 m, en grupos pequeños.	4	<i>Diplodus, Gerres</i>
97	Depredadora bentónica, tallas de 60-120 cm, nocturna, habitan en corales/rocas, profundidad mayor a 90 m, grupos pequeños.	1	<i>Scombrops</i> <i>oculatus</i>
98	Depredadoras, talla de 60-120 cm, diurnas, cercanas al fondo, habitan sobre corales, y arena, profundidad de 30 a >90 m, solitarias.	5	<i>Calamus, Caranx,</i> <i>Holocentrus,</i> <i>Ocyurus</i>
99	Depredadoras bentónicas, tallas de 5-30 cm, nocturnas, habitan en corales y arena, profundidad de 30 a >90 m, grupos pequeños.	2	<i>Pareques</i>
100	Depredadoras bentónicas, tallas de 30 a >120 cm, diurno-nocturnos, habitan sobre corales, profundidad de 0-90 m, grupos pequeños.	9	<i>Lutjanus</i>
101	Depredadoras bentónicas, tallas de 30-60 cm, diurnos, habitan en corales/rocas, profundidad de 0 a >90 m, solitarias o en grupos pequeños.	3	<i>Balistes,</i> <i>Orthopristis</i>
102	Depredadoras bentónicas, tallas de 5-15 cm, diurnas, habitan sobre corales/rocas, profundidad de 0-30 m, solitarias.	27	<i>Gramma,</i> <i>Hypoplectrus,</i> <i>Microdesmus.</i>

103	Depredadoras, tallas de 5-15 cm, cercanas al fondo, nocturnas, habitan sobre corales/rocas, profundidad de 0-30 m, solitarias.	12	<i>Ogilbia, Pterois, Rypiticus,</i>
104	Depredadoras bentónicas, tallas de 15-30, cercanas al fondo, habitan sobre corales/rocas, profundidad de 0-30 m, solitarias.	2	<i>Corniger, Corvula</i>
105	Depredadoras bentónicas, tallas 5-15 cm, cercanas al fondo, nocturnas-diurnas, habitan sobre la arena, profundidad de 0-30 m, solitarias.	3	<i>Astrapogon,</i>
106	Depredadoras bentónicas, tallas de 5-120 cm, cercanas al fondo, nocturnas, habitan en cuevas, profundidades de 0-30 m, solitarias.	10	<i>Anisotremus, Ogilbichthys,</i>
107	Depredadoras bentónicas, tallas de 5-15 cm, diurnas, habitan sobre corales/rocas, profundidades de 0-90 m, solitarias.	8	<i>Liopropoma, Serranus</i>
108	Depredadoras bentónicas, tallas de 5-15 cm, diurnas, habitan en corales/rocas, profundidades de 0 a >90 m, en parejas o grupos pequeños.	11	<i>Bothus, Lutjanus, Schultzzea, Serranus</i>
109	Depredadoras a media agua, tallas de 30 a >120 cm, diurnas, pelágicos, profundidad de 0 a >90 m, solitarias.	3	<i>Aluterus</i>
110	Depredadoras bentónicas, tallas de 15-60 cm, diurnas, habitan en corales, profundidad de 0 a >90 m, solitarias.	7	<i>Centropristis, Neomerinthe, Plectranthias</i>
111	Depredadora a media agua, tallas de 5-15 cm, diurna, pelágica, profundidad de 0 a >90 m, solitaria,	1	<i>Bullisichthys caribbaeus</i>
112	Depredadoras bentónicas-planctívoras, tallas de 0-15 cm, diurnas, habitan sobre corales, profundidades de 0 a >90 m, solitarias o en parejas.	3	<i>Prognathodes</i>
113	Planctívoras, tallas de 15-30 cm, habitan en corales, profundidad de 0-90 m, solitarias.	2	<i>Thalassoma, Xanthichthys</i>

114	Depredadoras bentónicas, tallas de 30-60 cm, diurnas, habitan en corales, rango de profundidad de 0-90 m, boca terminal.	10	<i>Bodianus,</i> <i>Halichoeres,</i> <i>Holacanthus</i>
115	Depredadoras bentónicas, tallas de 15-30 cm, cercanas al fondo diurnas, habitan sobre corales principalmente algunas en arena, profundidad de 0-30 m, solitarias.	13	<i>Bodianus,</i> <i>Halichoeres,</i> <i>Serranus</i>
116	Planctívora, tallas de 5-15 cm, habita en corales, profundidad de 0 a >90 m, grupos pequeños.	1	<i>Emmelichthyops</i> <i>atlanticus</i>
117	Planctívoras, tallas de 5-15 cm, diurnas, habitan en corales/rocas, profundidades de 0-90 m, en grupos pequeños.	7	<i>Chromis</i>
118	Depredadoras bentónicas, tallas de 5-15 cm, nocturnas, habitan en corales y cuevas, solitarias.	2	<i>Choranthias,</i> <i>Plectrypops</i>
119	Planctívoras, tallas de 5-15 cm, nocturnas, habitan en corales/rocas, profundidad de 0-90 m, solitarios o en grupos pequeños.	4	<i>Phaeoptyx</i>
120	Planctívoras, tallas de 5-15 cm, nocturnas, habitan en corales/rocas, profundidades de 0-90 m, solitarias.	23	<i>Apogon,</i> <i>Sargocentron,</i> <i>Zapogon</i>
121	Depredadoras media agua, tallas >120 cm, pelágicas, profundidad de 0 a >90 m, solitarias, boca inferior.	14	<i>Carcharhinus</i> <i>Galeocerdo</i>
122	Depredadora bentónica, talla de 1-5 cm, nocturna, habitan en la arena, profundidad de 0-90 m, solitaria, boca inferior.	1	<i>Ginglymostoma</i> <i>cirratum</i>
123	Depredadoras bentónicas, tallas más de 120 m, rápidas, diurnas-nocturnas, habitan en corales y arena, profundidad de 0 a >90 m, solitarias.	3	<i>Hexanchus,</i> <i>Sphyrna</i>
124	Depredadora media agua, grupos pequeños, tallas de 5-15 cm, diurna, pelágica, profundidad de 0-30 m	1	<i>Amphelikurus</i> <i>dendriticus</i>

125	Depredadora media agua, talla de 5-15 cm, diurna, pelágica, profundidad de 0-30 m, forman cardúmenes, boca superior.	1	<i>Hypoatherina harringtonensis</i>
126	Depredadora bentónica, talla de 60-120 cm, rápida, pelágica, profundidad de 0-30 m, solitaria, boca terminal cuerpo anguiliforme.	1	<i>Aulostomus maculatus</i>
127	Depredadoras tallas de 60 a >120 cm, cercanas al fondo, habitan sobre corales/rocas, profundidad de 0-90 m, grupos pequeños.	4	<i>Seriola</i>
128	Depredadoras de media agua, tallas de 60-120 cm, algunas nocturnas y diurnas, pelágicas, profundidad de 0-90 m.	3	<i>Beryx, Caranx crysos</i>
129	Depredadoras a media agua, tallas de 60 a >120 cm, diurnas, pelágicas, profundidades de 0-90 m, solitarias.	2	<i>Carangoides Caranx</i>
130	Depredadora bentónica, talla >120 cm, nocturna, rápida, habita en corales, profundidad >90 m, solitaria, boca terminal.	1	<i>Nesiarchus nasutus</i>
131	Depredadoras bentónicas, tallas de 60-120 cm, nocturnas, habitan sobre corales, profundidad >90 m, solitarias.	2	<i>Apsilus, Etelis</i>
132	Depredadora bentónica, talla de 5-15 cm, rápida, diurna, habita sobre corales, profundidad >90 m, solitaria, boca inferior.	1	<i>Chironema squamentum</i>
133	Depredadora bentónica, tallad de 5-15, diurna, habitan en corales/rocas, profundidad de 30-90 m, solitaria, boca inferior.	1	<i>Alionematchthys minyomma</i>
134	Depredadoras bentónicas, tallas de 30-60 cm, diurnas-nocturnas, habitan sobre corales, profundidad de 30 a >90 m, solitarias, boca inferior.	2	<i>Scyliorhinus</i>
135	Depredadora bentónica, talla >120 cm, diurna-nocturna, habita en cuevas, profundidad de 30 a >90 m, solitarias, con boca superior.	1	<i>Polyprion americanus</i>
136	Depredadoras bentónicas, tallas de 1-30 cm, diurnas, habitan en cuevas, profundidad de 0-30 m, solitarias, boca superior.	3	<i>Antennarius</i>

137	Planctívora, diurna, tallas de 5-15 cm, habitan en corales, profundidad de 0-30 m, grupos pequeños, boca terminal,	1	<i>Atherinomorus stipes</i>
138	Planctívoras, tallas de 5-15 cm, nocturnas, habitan en corales, profundidad de 0-30 m, grupos pequeños, boca superior,	2	<i>Pempheris</i>
139	Herbívoras y detritívoras, tallas de 5-15 cm, diurnas, habitan sobre corales/rocas, profundidad de 0-30 m, solitarias, boca terminal.	4	<i>Chaetodon</i>
140	Herbívoras, tallas de 30-60 cm, habita sobre corales/rocas, profundidad de 0-30 m, solitarias, boca terminal.	1	<i>Melichthys niger</i>
141	Herbívoras y detritívoras, talla de 30-60 cm, habitan sobre corales, profundidad de 0-30 m, solitarias o en parejas, boca terminal.	2	<i>Pomacanthus</i>

En la tabla 3, el GF que presentó mayor redundancia funcional fue el grupo denominado “31”, el cual está formado por peces <5 cm, en su mayoría planctívoros y depredadores, normalmente asociados a bentos, que habitan sobre corales y rocas, con profundidades menores a 60 m. Los géneros representativos del grupo son: *Elacatinus*, *Emblemariopsis*, *Gobiosoma*, *Starksia*, *Acanthemblemaria* con un total de 115 especies. El segundo GF con mayor redundancia fue el grupo “35”. Este grupo está compuesto por géneros como: *Malacoctenus*, *Scorpaena*, *Bathygobius* y *Opistognathus*, entre otros y un total de 39 especies. Los peces de este grupo son de tamaño entre 5-15 cm, depredadores bentónicos, que habitan en corales y rocas. Son principalmente sedentarias y se encuentran a una profundidad máxima de 30 m. Le sigue el grupo “70”, este GF está compuesto por peces de tamaño entre 30-60 cm. Se encuentran cercanos al fondo, habitando sobre corales y arena, se distribuyen en un mayor rango de profundidad que algunos GF mencionados anteriormente. En este GF encontramos algunos géneros como: *Halichoeres*, *Serranus* y *Bodianus*, este grupo fue el que mayor redundancia de peces obtuvo en todas las ecorregiones, con excepción de Bahamas (para mayor detalle de las características ver Anexos tabla 4).

Cuando se determinó el número de grupos funcionales (GF) por ecorregión se encontró que aquellos que presentaron más grupos funcionales fueron: Caribe Norte (131 grupos funcionales) Caribe Sur (127), Caribe Este (127), Caribe Suroeste (126), Bahamas (127). La ecorregión con el menor número de grupos funcionales fue Bermuda, con un total de 108 (figura 5).

46

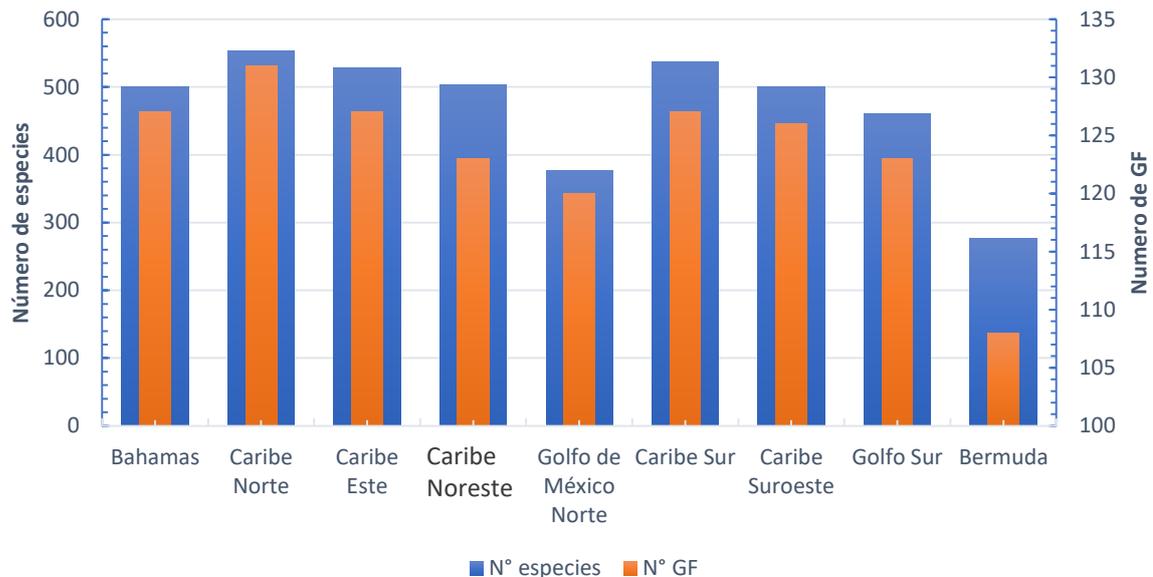


Figura 5. Comparación entre ecorregiones, en la que se muestra el número total de especies (azul), así como el número total de grupos funcionales (naranja) de cada una.

Respecto a la similitud entre ecorregiones por medio de la comparación entre riqueza de especies, se observó que los sitios que tienen una mayor similitud como Caribe Norte y Bahamas son aquellos que están más cercanos geográficamente (figura 6) a pesar de que comparten casi el mismo número de especies con Caribe Sur (458). En el caso de Bermuda, es la ecorregión más aislada y el número de especies que presentó fue el más reducido, con la composición más diferente y con un número importante de especies endémicas, por lo que se diferencia de las otras regiones tanto en el análisis por composición de especies como por grupos funcionales.

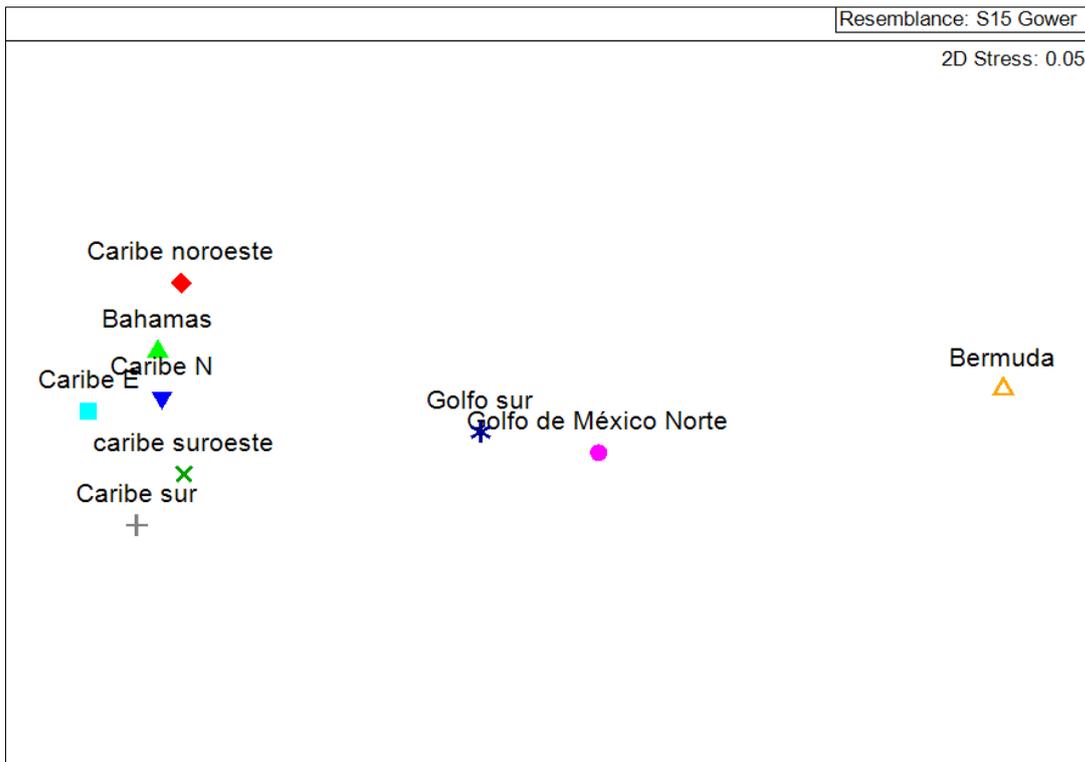


Fig. 6 NMDS en el que se compra la relación que tienen las ecorregiones utilizando su riqueza de especies.

Se observó que a pesar de que en algunas ecorregiones existe una mayor cantidad de especies que en otras, el número de GF con una sola especie fue muy similar en todas las ecorregiones y sólo unos pocos GF cuentan con una alta redundancia funcional (figura 7A). Adicionalmente, se encontró que existe una similitud en las ecorregiones en cuanto a la cantidad de especies únicas que tiene cada una, que van de 37 a 47, siendo Bermudas la que cuenta con la mayor cantidad de especies únicas con 47, y es la ecorregión que menor cantidad de especies presentó (figura 7A).

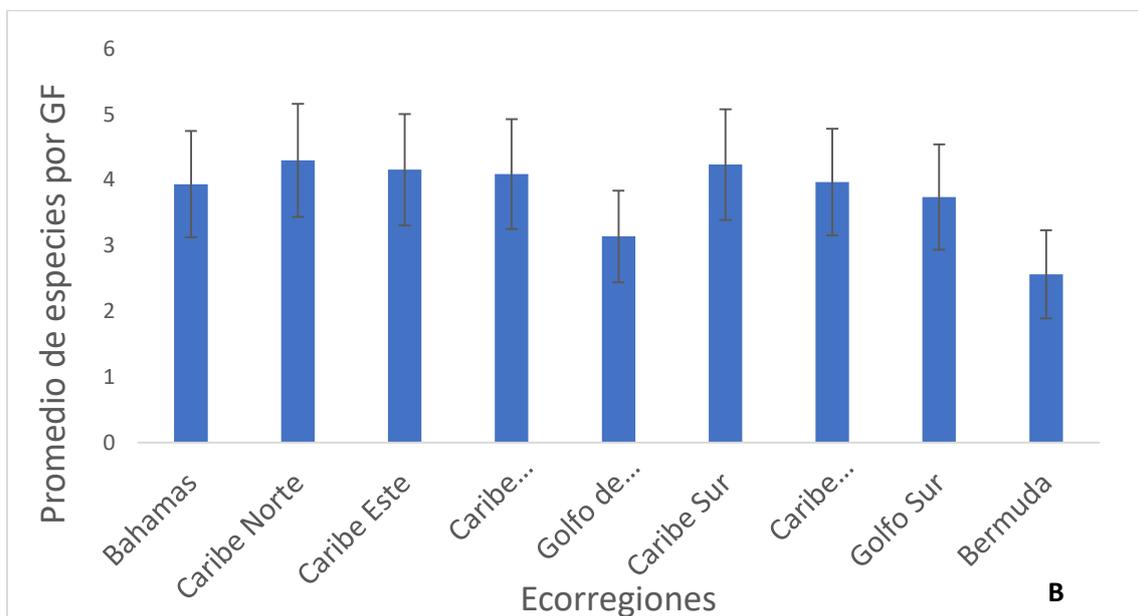
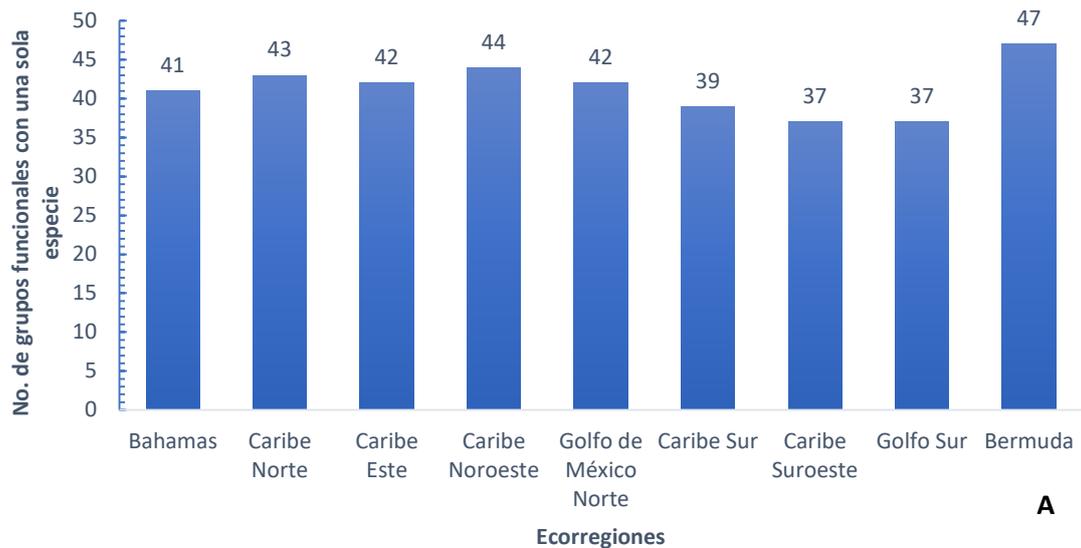


Figura 7. Grupos funcionales con una sola especie (A) y al número de especies por GF y número promedio en cada ecorregión utilizando error estándar (B).

La ecorregión de Caribe Norte, que fue la que más diversidad funcional presentó, fue también la que presentó el GF con la mayor cantidad de especies (70), como se planteó nuestra hipótesis que al tener un mayor número de especies se encontraría una mayor diversidad funcional, las siguientes ecorregiones fueron Caribe Este y Caribe Sur con 67 especies. De acuerdo con el *proximal* utilizado en este trabajo, estos GF son los que cuentan con la mayor redundancia de especies por GF. Por otro lado, Bermudas fue la ecorregión que presentó la menor cantidad de especies por GF, con 11 (figura 7B)

Para el promedio de especies por grupo funcional se observó que van de 4.9 especies por GF para Caribe Norte y 2.6 para Bermudas, se observó un incremento en el promedio de especies por GF conforme aumenta la riqueza de especies dentro de las ecorregiones (figura. 7B)

Se encontró una relación positiva entre la riqueza de especies y el número de GF ($R^2 = 0.9213$) $P = 4.10685E-05$. Esto apoya nuestra hipótesis respecto a que un mayor número de especies ocasiona una mayor cantidad de GF o de funciones dentro del ecosistema (figura 8).

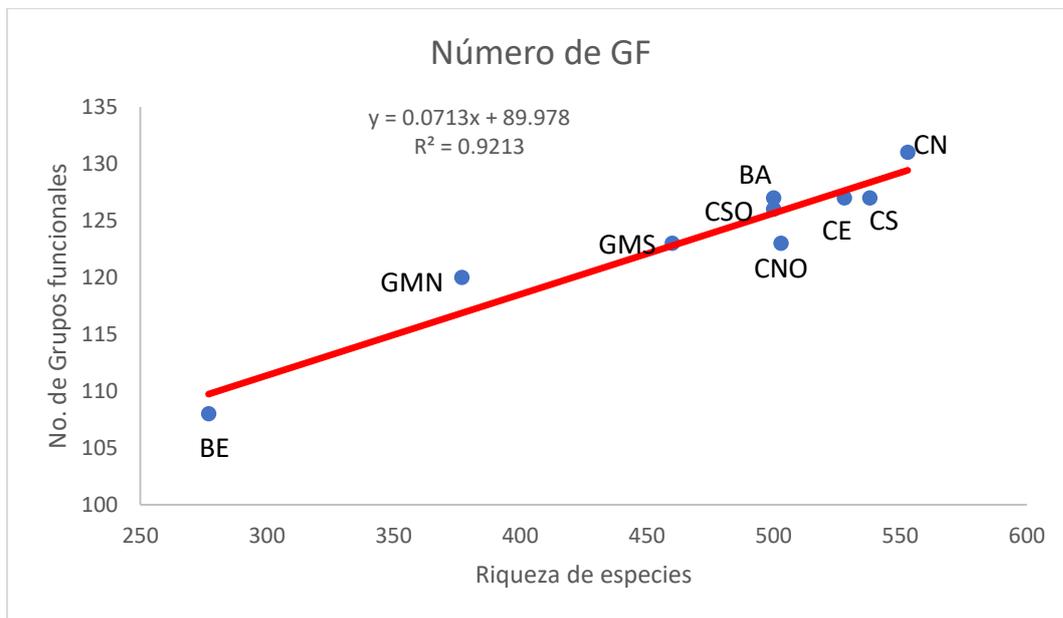


Figura 8. Relación entre la riqueza de especies y número de grupos funcionales (GF) en las nueve ecorregiones del estudio. Las claves de las ecorregiones son: BE Bermudas, GMN golfo de México Norte, GMS golfo de México Sur, CSO Caribe Suroeste, CNO Caribe Noroeste, BA Bahamas, CE Caribe Este, CS Caribe Sur y CN Caribe Norte.

En la figura 9 se observa la relación una relación positiva al relacionar la riqueza de especies con el promedio de especies con una R^2 de 0.99 y una $P = 2.74936E-09$, en los cuales las ecorregiones que presentaron una mayor riqueza como Caribe norte 553 especies, presento el mayor promedio de especies por grupo funcional con 4.30 especies por grupo funcional y el menor Bermudas con 277 especies y unas 2.56 especies por grupo funcional. En este caso consideramos el promedio de las especies como un

proximal hacia la redundancia funcional, debido a que nos indica el número de especies aproximado por grupo funcional en cada ecorregión.

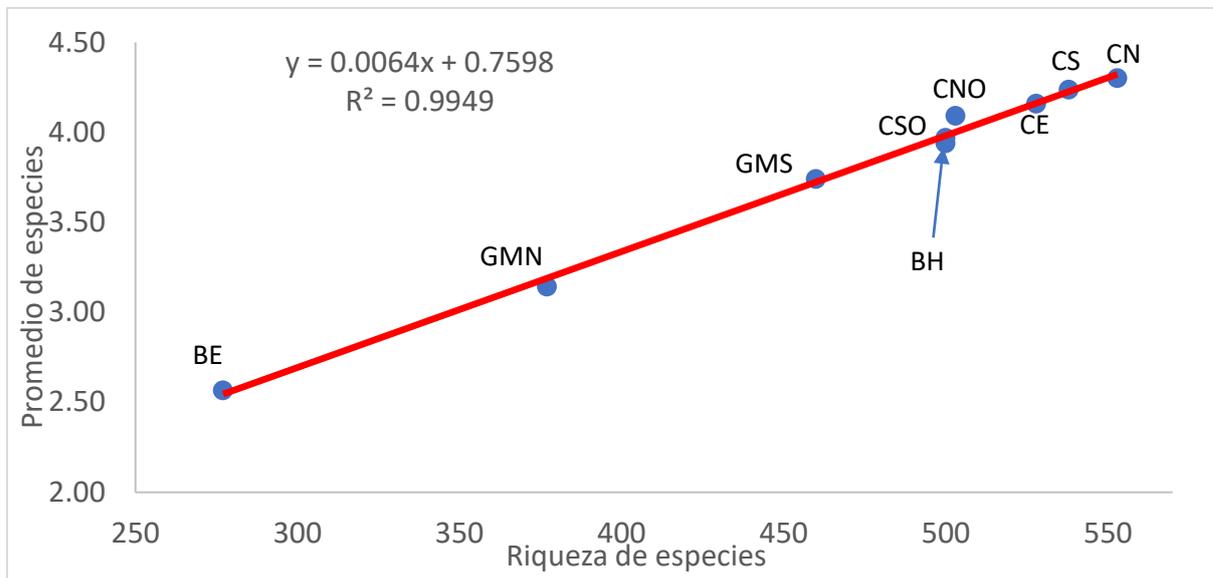


Figura 9. Relacion entre la riqueza de especies y el promedio de especies por GF de cada ecorregión, se observa que aumentando la riqueza de especies aumenta el promedio de especies por GF.

Por otro lado, se observó que en el análisis mediante grupos funcionales, algunas ecorregiones resultaron ser diferentes a pesar de su cercanía geográfica y presentar una riqueza de especies similar, tal como se observa entre el Caribe Norte y Bahamas, que, a pesar de parecerse en términos de riqueza de especies (figura 10), no resultaron muy similares en el análisis de diversidad funcional (figura 10), a pesar de contar con una cantidad equivalente de grupos funcionales (131 y 127 GF, respectivamente).

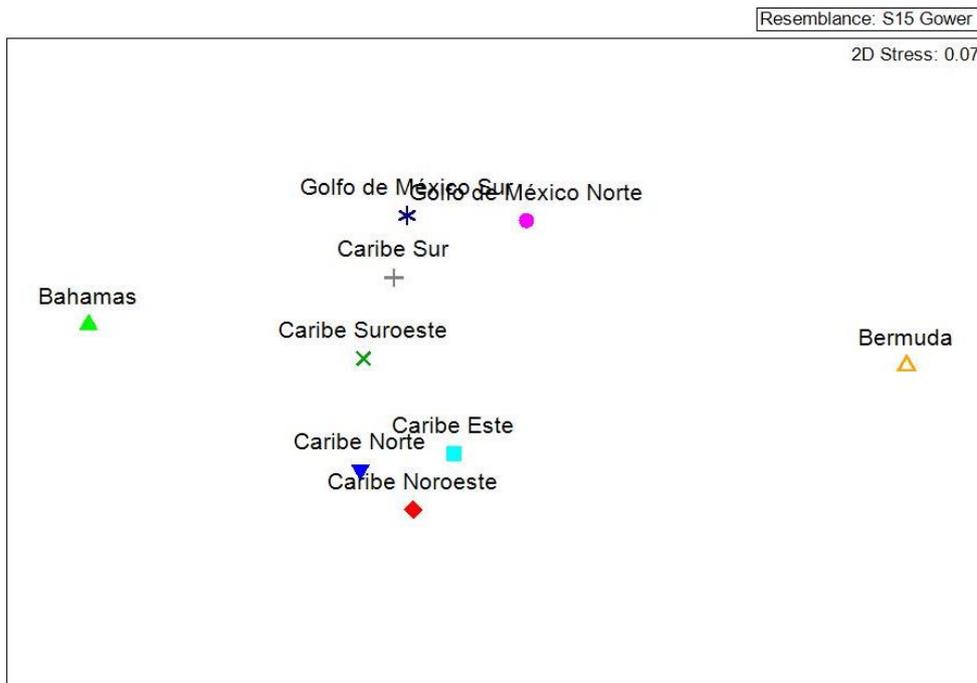


Fig. 10. NMDS en el que se compara la similitud entre las ecorregiones utilizando la DF de cada ecorregión.

7. Discusión

En el presente trabajo, luego de la depuración de las 1450 especies, se utilizaron 741 especies de peces arrecifales en el Gran Caribe. En trabajos como el realizado por Francisco y Arias (2013) utilizaron un total de 539 especies en la zona del Caribe (excluyendo al golfo de México) una partir de la base de datos de censos de peces de la página Reef Environmental Education Foundation (REEF, 2008). Robertson & Cramer (2014) utilizaron 1683 especies en su estudio biogeográfico del Gran Caribe, este número de especies es similar al total inicial antes de realizar el proceso de depuración a la base de datos.

La ecorregión la de Caribe Norte presentó la mayor riqueza de especies con 553 especies, esto es similar a lo reportado por Robertson y Cramer (2014), quienes encontraron una mayor riqueza de especies en la región central del Caribe con 550 especies, que sería la zona que incluye a las ecorregiones Norte y Bahamas del presente trabajo. Establecer una comparación detallada con los resultados de estos autores es complejo debido a que en el trabajo de Robertson y Cramer (2014) dividieron el Gran Caribe en tres grandes regiones. Aun así, el total de especies coincide, por lo que se puede decir que el número de especies

utilizado en este estudio es representativo. Mientras que Francisco y Arias (2013) reportan un mayor número de especies en la región sur del Caribe con 454 especies, lo cual difiere a lo encontrado en este trabajo con 538 especies para la ecorregión sur, esto puede deberse a los criterios con los que se seleccionaron las especies, así como la base de datos, las cuales fueron obtenidas de diferentes fuentes.

Del conjunto de familias que se analizaron en este estudio, se obtuvo un total de 86, de las cuales las familias Serranidae y Gobiidae fueron las que contaron con mayor riqueza de especies con 86 y 82 respectivamente, este patrón coincide con el reportado por Floeter *et al.* (2008) quienes registraron para la zona del Caribe 814 especies, de las cuales 80 pertenecían a la familia Serranidae y 90 a la familia Gobiidae, siendo las familias con mayor cantidad de especies, de igual manera Francisco y Arias, (2013) encontraron que la familia con mayor número de especies fue la familia Serranidae con 54 especies, seguido de la familia Gobiidae con 44 especies lo cual es similar a lo encontrado en este estudio, considerando que en los trabajos se obtuvo base de datos de diferentes medios.

En esta investigación no se utilizaron las abundancias, mientras que algunos autores como Grime (1998) recomiendan que de ser posible es mejor analizar abundancias, debido a que las especies más abundantes pueden tener una mayor influencia en los ecosistemas; sin embargo, es difícil obtener datos confiables de abundancia para todas las especies a estas escalas. La abundancia se podría considerar como un rasgo más; probablemente esto conduce a una conformación diferente de los grupos funcionales al momento de realizar el dendrograma.

Con respecto a los análisis de diversidad funcional, se utilizó el modelo basado en dendrogramas de Petchey y Gaston (2002) con datos de presencia-ausencia. Estos autores recomiendan realizar los estudios con abundancias debido a que esta puede contribuir a identificar los valores que tienen las funciones dentro del ecosistema no sólo por el número de especies, sino porque conociendo la abundancia, se sabría en que GF tienen una mayor cantidad de organismos realizando esa función, a pesar de que este trabajo no se realizó con abundancias, es una buena representación de la DF en el Gran Caribe, además de que no existen trabajos que manejen el Gran Caribe con las ecorregiones como las que se trabajaron en este estudio.

Para el presente estudio se tomó un total de 12 rasgos funcionales de las especies, de los cuales se eligieron cuatro morfológicos, cuatro ecológicos y cuatro biológicos con el fin

de tener una mayor variedad en la selección de rasgos. Lo importante al momento de la elección de un número grande de rasgos funcionales es evitar que estos covarien entre sí (Díaz & Cabido, 2001). En un principio se contempló usar un número mayor de rasgos funcionales, que fueron eliminados gradualmente al detectar covariación. Finalmente se seleccionaron los 12 que no covariaron entre si. Se han realizado estudios que manejan únicamente rasgos morfológicos de las especies (Ramírez-Ortiz *et al.*, 2017); sin embargo esta estrategia tiene el inconveniente de que al momento de realizar el análisis de la diversidad funcional, el agrupamiento de las especies podrían ser dependiente de la filogenia, mientras que en aquellos que utilizan una combinación de rasgos morfológicos, ecológicos y biológicos, el resultado del análisis de diversidad funcional puede arrojar grupos funcionales independientes de su relación filogenética (Álvarez- Filip & Reyes-Bonilla, 2006; Darling *et al.* 2012; Buisson *et al.* 2013; Mouillot *et al.* 2014; Martina & Por, 2017; Colin *et al.* 2018).

En el enfoque de diversidad funcional por medio de dendrogramas, el factor que originará el número de grupos funcionales es el porcentaje de similitud al cual se realice el corte en el dendrograma, ya que establece desde que punto se consideran las agrupaciones de especies. Por esta razón, es necesario realizar una prueba que valide la formación de estos grupos. En el presente trabajo se realizó un corte al 70% de similitud, con lo que se obtuvo un total de 141 grupos funcionales. Álvarez-Filip y Reyes-Bonilla (2006), en su análisis de diversidad funcional con 76 especies de peces en una de sus regiones del Pacífico Oriental Tropical, realizaron un corte en el dendrograma al 87% y obtuvieron un total de seis grupos funcionales. A pesar de que es muy difícil comparar ambos estudios debido a las diferencias en el número de especies, si se analizan en términos de proporciones se puede observar que la diversidad funcional es similar, por ejemplo, en ambos estudios las especies de tamaño entre 5-15 cm, depredadoras bentónicas- planctívoras fueron las que se presentaron en mayor número, al igual que en ambos sitios las especies de tiburones se agruparon.

Mouillot *et al.* (2014) realizaron un estudio a nivel mundial obteniendo la diversidad funcional de seis grandes regiones, en la región que es equivalente a la que se utilizó en este estudio, el Gran Caribe, obtuvieron un total de 891 especies y 203 entidades funcionales, lo cual es similar a los grupos funcionales resultantes en el presente trabajo donde las 741 especies se separaron en 141 grupos funcionales (figura 12), en ambos

estudios se observa un aumento en la diversidad funcional conforme aumentan la riqueza de especies.

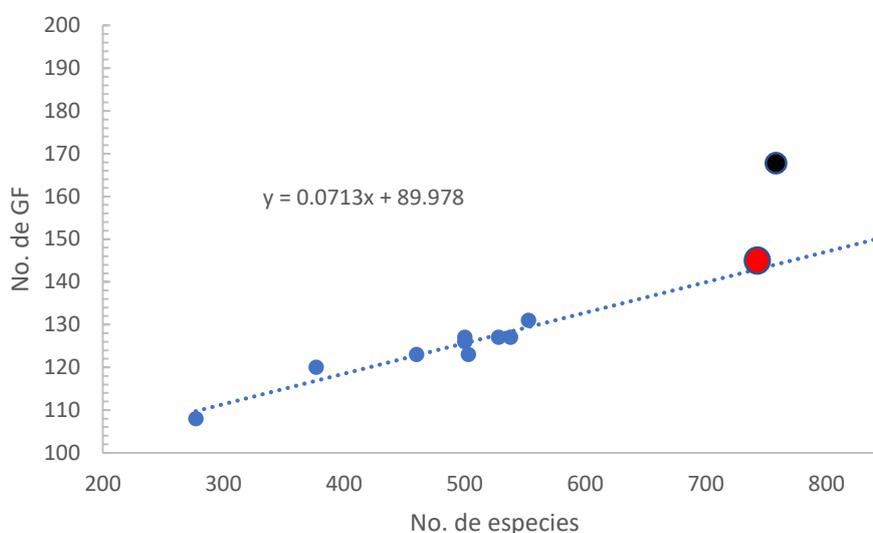


Figura 11. Relación entre la riqueza y el número de GF, en rojo el valor de todo el Gran Caribe obtenido en este trabajo y en negro el obtenido por Mouillot *et al.* (2014)

Los rasgos funcionales utilizados por Mouillot *et al.* (2014) y los de la presente investigación coinciden ampliamente. En ambos trabajos los rangos de talla máxima son muy similares, así como la movilidad de los organismos, el periodo de actividad, posición en la columna de agua y gregarismo. Sería importante comparar la consistencia entre los grupos y las entidades funcionales.

Se ha propuesto que un número bajo de rasgos funcionales puede causar una relación de las especies más saturada (Cianciaruso *et al.* 2009), lo cual es similar a lo mencionado por Walker *et al.* (1999), que dicen que el número de rasgos funcionales puede determinar el número de GF (ya que, dependiendo del número de rasgos funcionales, así como de la riqueza de especies, se obtendrán diferentes dendrogramas. Otro punto importante que establece el número de GF es el porcentaje de similitud al que se realiza el corte en el dendrograma, ya que de esto depende el número final de GF que se obtendrá.

En el presente trabajo se observó que, existió una relación positiva entre la riqueza de especies y la DF, algunos autores destacan que un número alto de especies no aumenta el número de GF, sino más bien estas aumentarían únicamente la redundancia funcional (Cadotte *et al.* 2011; Ramírez-Ortiz *et al.* 2017).

En el estudio de Ramírez (2017) encontró una gran diferencia en el número de especies por grupo funcional, ya que un grupo contiene la mayoría de las especies que registró. Esto es muy similar a lo obtenido en el presente estudio, ya que hay un grupo que es muy superior a los demás (GF 31). Cabe decir que hay diferencias importantes entre estas dos investigaciones; además del número de especies que se utilizaron, en el presente estudio se utilizaron rasgos funcionales ecológicos, biológicos y morfológicos, mientras que Ramírez (2017) utiliza principalmente rasgos morfológicos. A pesar de que los rasgos funcionales analizados fueron diferentes en las dos investigaciones, se encontró que las funciones (GF) obtenidas son muy similares, por ejemplo, en ambas los tiburones y peces grandes se agruparon en un sólo GF, a pesar de la diferencia de metodología, los GF son similares en ambos estudios. Esto nos puede indicar que los análisis de diversidad funcional utilizan ciertos rasgos con más peso que otros, como puede ser la talla máxima de las especies, uno de los rasgos funcionales considerados en ambos estudios.

En el presente trabajo se encontró una relación positiva entre las variables de diversidad funcional y riqueza de especies, lo cual es similar a lo comentado por autores como Díaz y Cabido (2001) y Schmid *et al.* (2002), que al incrementar o tener más especies en un sitio se espera que la diversidad funcional aumente, debido a que hay más especies que pueden cumplir diferentes funciones. De igual manera se encontró que existe una relación positiva entre el número de especies y la redundancia funcional, aquellas ecorregiones que presentaron una mayor riqueza de especies también fueron las que presentaron mayor redundancia de especies en sus grupos funcionales, lo cual difiere a lo mencionado por Díaz y Cabido (2001) y Schmid *et al.* (2002), que al el aumento en el número de especies puede llevar a que las especies sean más parecidas y realicen la misma función sin aumentar la diversidad funcional, sino aumentando la redundancia de las funciones, esta diferencia obtenida puede deberse al alto número de rasgos funcionales que se utilizaron, así como el porcentaje de similitud al realizar el corte en el dendrograma y a la gran cantidad de especies registradas en cada una de las ecorregiones.

Ramírez (2017) identificó un grupo con 145 de las 257 especies que analizó. Este grupo está formado por especies de tamaño pequeño, omnívoros, depredadores; lo cual es similar al grupo 31 del presente estudio, que está formado por especies de 10 a 15 cm. En este trabajo se encontró un grupo funcional que tienen especies pequeñas, principalmente herbívoras o depredadoras bentónicas, con 115 especies y el segundo con 39 especies. Aunque los estudios están realizados en diferentes océanos, las especies pequeñas son las

más numerosas y las que tienen funciones similares dentro del ecosistema. Hemingson y Bellwood (2018) al realizar un estudio que comparaba la composición funcional de especies en arrecifes, pastos marinos y manglares de dos regiones completamente alejadas: el Gran Caribe y la Gran Barrera (Australia), mencionan que las especies pueden variar entre los sitios o regiones, pero las funciones pueden ser las mismas o ser muy similares. Encontraron que las funciones ecológicas de los arrecifes de coral, manglares y pastos marinos son muy similares en ambas regiones. Pueden contener distintas especies, pero cumplen prácticamente las mismas funciones.

Los estudios de diversidad funcional son más sensibles para detectar impactos y diferencias entre los ecosistemas que utilizar únicamente riqueza de especies (Colin *et al.*, 2018). Encontramos que algunas ecorregiones son más similares comparándolas únicamente mediante la riqueza de especies (figura 7), pero al compararlas mediante la diversidad funcional la similitud cambia (figura 11). Con respecto a diversidad funcional, las ecorregiones Caribe Norte, Caribe Este, y Caribe Noreste resultaron muy similares, lo que puede indicar que las funciones que se realizan en estas ecorregiones son muy similares, en contraste con Bahamas la cual es diferente a todas las ecorregiones, al igual que Bermuda. Lo que nos indica que, a pesar de la similitud de la riqueza de especies y la cercanía de las ecorregiones, las funciones que se realizan en cada sitio pueden ser diferentes (figura 11). Esto puede deberse a que muchas de las especies presentes en Bahamas no se encuentran en otra ecorregión excepto con Caribe Norte, por eso al momento de realizarse los GF estas ecorregiones se agrupan.

Es importante destacar que las especies endémicas de la ecorregión juegan un papel importante, ya que pueden constituir o ser parte de GF que no se encuentren en ninguna otra ecorregión; esto podría explicar la separación, además de tener repercusiones importantes en términos de redundancia funcional y pérdida de funciones con la extinción local de especies

En este mismo sentido, en todas las ecorregiones analizadas se obtuvieron grupos funcionales que sólo cuentan con una especie, esta baja redundancia de funciones las podría hacer más propensas a desaparecer ya que no hay otras especies que sustituyan esa función (Díaz & Cabido, 2001). A pesar de que estos GF tienen una sola especie, sería importante identificar su abundancia en las ecorregiones. Se esperaría que las especies que tienen una abundancia alta no representen un peligro de perder ese GF. Que estas

funciones tengan baja redundancia funcional puede deberse a la gran cantidad de rasgos que se eligieron (tabla 1) y a los rangos de cada rasgo.

En los estudios sobre diversidad funcional, la principal complejidad radica en la elección de los rasgos funcionales, debido a que de estos depende de qué tan ramificado puede ser el dendrograma que se realiza, por lo que se debe tener una buena selección de rasgos funcionales (que sean los necesarios para la investigación y aquellos que sean adecuados para los organismos con los que se trabajará). Los resultados obtenidos son de gran importancia ya que además de analizar la riqueza de especies en un área determinada, nos indica qué funciones y qué especies realizan estas funciones, por lo que pueden ser utilizados para identificar especies funcionalmente importantes para el ecosistema. Finalmente, se recomienda realizar un análisis similar que incluya la abundancia de las especies como un rasgo, ya que puede ayudar a determinar qué abundancias tienen estas especies en cada función, lo que podría cambiar algunas implicaciones ecológicas de los resultados obtenidos.

8. Conclusiones.

Se encontró existe una relación positiva entre la riqueza de especies con la diversidad funcional.

Los arrecifes del Caribe (Caribe Norte y Caribe Sur) presentaron la mayor diversidad de funciones y una mayor redundancia de especies, esto podría indicar que cuentan con mayores probabilidades de sobrevivir ante disturbios naturales o antropogénicos.

También se encontró una relación positiva entre la riqueza de especies con la redundancia funcional en las ecorregiones.

La relación entre las ecorregiones es diferente al analizar únicamente la riqueza de especies o la diversidad funcional.

Este estudio de diversidad funcional en estas ecorregiones representa una buena base para investigaciones futuras relacionadas a la diversidad funcional, debido a la escala geográfica analizada.

9. Bibliografía

- Álvarez-Filip, L., & Reyes-Bonilla, H. (2006). Comparison of community structure and functional diversity of fishes at Cabo Pulmo coral reef, western Mexico between 1987 and 2003. *10th International Coral Reef Symposium*, 225: 216–225.
- Amat, J. (2017) Clustering y heatmaps: aprendizaje no supervisado. https://www.cienciadedatos.net/documentos/37_clustering_y_heatmaps. Consultado el 2 de junio del 2020.
- Bellwood D.R, Wainwright P.C., Fulton CJ., & Hoey A.S. (2006) Functional versatility supports coral reef biodiversity. *Proc Biol* 273: 101–107
- Bellwood, D. R., Hoey, A. S., & Choat, J. H. (2003). Limited functional redundancy in high diversity systems: resilience and ecosystem function on coral reefs. *Ecology letters*, 6(4), 281-285.
- Biswas, S. R., & Mallik, A. U. (2011). Species diversity and functional diversity relationship varies with disturbance intensity. *Ecosphere*, 2(4), 1-10.
- Briggs, J. C., & Bowen, B. W. (2012). A realignment of marine biogeographic provinces with particular reference to fish distributions. *Journal of Biogeography*, 39: 12–30.
- Buisson, L., Grenouillet, G., Villéger, S., Canal, J., & Laffaille, P. (2013). Toward a loss of functional diversity in stream fish assemblages under climate change. *Global Change Biology*, 19: 387–400.
- Cadotte, M. W., Carscadden, K., & Mirotnick, N. (2011). Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of applied ecology*, 48: 1079-1087.
- Casanoves, F., Pla, L., Di Rienzo, J. A., & Díaz, S. (2011). FDiversity: A software package for the integrated analysis of functional diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 2: 233–237.
- Cavender-Bares, J., Ackerly, D.D., Baum, D. A. & Bazzaz, F.A. (2004). Phylogenetic overdispersion in floridian oak communities. *The American Naturalist* 163: 823-843.

- Cianniaruso, M. V., Batalha, M. A., Gaston, K. J., & Petchey, O. L. (2009). Including intraspecific variability in functional diversity. *Ecology*, 90(1), 81-89.
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (1994). An approach to statistical analysis and interpretation. *Change in marine communities*, 2:117-143.
- Colin, N., Villéger, S., Wilkes, M., de Sostoa, A., & Maceda-Veiga, A. (2018). Functional diversity measures revealed impacts of non-native species and habitat degradation on species-poor freshwater fish assemblages. *Science of the Total Environment*, 625: 861–871.
- Córdova-Tapia, F. & Zambrano, L. (2015). La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecosistemas*, 24: 78–87.
- Darling, E. S., Álvarez-Filip, L., Oliver, T. A., McClanahan, T. R., & Côté, I. M. (2012). Evaluating life-history strategies of reef corals from species traits. *Ecology Letters*, 15: 1378-1386.
- Díaz, S., & Cabido, M. (2001). Vive la différence: Plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution*, 16: 646–655.
- Díaz-Pérez, L., Rodríguez-Zaragoza, F. A., Ortiz, M., Cupul-Magaña, A. L., Carriquiry, J. D., Ríos-Jara, E. & Del Carmen García-Rivas, M. (2016). Coral reef health indices versus the biological, ecological and functional diversity of fish and coral assemblages in the Caribbean Sea. *PLoS ONE*, 11: 1–19.
- Floeter, S. R., & Gasparini, J. L. (2000). The southwestern Atlantic reef fish fauna: Composition and zoogeographic patterns. *Journal of Fish Biology*, 56: 1099–1114.
- Floeter, S. R., Rocha, L. A., Robertson, D. R., Joyeux, J. C., Smith-Vaniz, W. F., Wirtz, P. & Bernardi, G. (2008). Atlantic reef fish biogeography and evolution. *Journal of Biogeography*, 35: 22–47.
- Fox, R.J. & Bellwood, D.R. (2011) Unconstrained by the clock? Plasticity of diel activity rhythm in a tropical reef fish, *Siganus lineatus*. *Functional Ecology* 25: 1096–1105.
- Francisco & Arias (2013). Additive Partitioning of Coral Reef Fish Diversity across Hierarchical Spatial Scales throughout the Caribbean. *PLoS ONE*, 8: 1–14.

- Francisco, V., & de la Cueva, H. (2017). Nuevas perspectivas en la diversidad funcional de ambientes marinos. *Latin american journal of aquatic research*, 45(2), 261-275.
- Francisco, V. (2014) Diversidad de peces de arrecifes coralinos del Mar Caribe. Tesis. Doctorado en Ciencias. CINVESTAV-IPN. México. 196 p.
- Froese, R. & D. Pauly, Eds. (1999). *FishBase 99: conceptos, estructura y fuentes de datos*. ICLARM, Manila, Filipinas. 322p.
- Grime, J.P. (1998) Benefits of plant diversity to ecosystems: Immediate, filter and founder effects. *Journal Ecology*.; 86: 902–910.
- Halfpiter, G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (eds.) 2005. *Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. m3m-Monografías 3er Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT, Zaragoza. IV 242 pp.
- Halpern, B. S., & Floeter, S. R. (2008). Functional diversity responses to changing species richness in reef fish communities. *Marine Ecology Progress Series*, 364, 147-156.
- Hemingson, C. R., & Bellwood, D. R. (2018). Biogeographic patterns in major marine realms: function not taxonomy unites fish assemblages in reef, seagrass and mangrove systems. *Ecography*, 41(1), 174-182.
- Hoare, D.J., Krause, J., Peuhkuri, N. & Godin, J.-G.J. (2000) Body size and shoaling in fish. *J Fish Biol* 57: 1351–1366. 30.
- Hooper, D.U., Chapin, F.S., Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S. et al. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecology Monogr.*, 75: 3–35
- Joyeux, J. C., Floeter, S. R., Ferreira, C. E. L., & Gasparini, J. L. (2001). Biogeography of tropical reef fishes: The south Atlantic puzzle. *Journal of Biogeography*, 28: 831–841.
- Kelley, J. L., Grierson, P. F., Collin, S. P., & Davies, P. M. (2018). Habitat disruption and the identification and management of functional trait changes. *Fish and Fisheries*, (February): 1–13.
- Laureto, L.M.O., Cianciaruso, M.V. & Samia, D.S.M., (2015). Functional diversity: an overview of its history and applicability. *Natureza & Conservação*, vol. 13: 112-116.

- Magurran, A. E. (2013). *Measuring biological diversity*. 1ra ed. John Wiley & Sons.
- Maire, E., Grenouillet, G., Brosse, S., & Villéger, S. (2015). How many dimensions are needed to accurately assess functional diversity? A pragmatic approach for assessing the quality of functional spaces. *Global Ecology and Biogeography*, 24: 728–740.
- Martina, L., & Por, F. (2017). Diversidad funcional íctica en los parques nacionales naturales Utria y Uramba: ¿están estas áreas conservando las funciones ecosistémicas de los peces en el pacífico colombiano. Plan de manejo Parque Nacional Natural Gorgonia. (72).
- Martín-López, B., González, J. A., Díaz, S., Castro, I., & García-Llorente, M. (2007). Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Revista Ecosistemas*, 16: 69-80.
- Mason, N. W., Mouillot, D., Lee, W. G., & Wilson, J. B. (2005). Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos*, 111: 112-118.
- Micheli, F., & Halpern, B. S. (2005). Low functional redundancy in coastal marine assemblages. *Ecology Letters*, 8: 391–400.
- Miloslavich, P., Díaz, J. M., Klein, E., Alvarado, J. J., Díaz, C., Gobin, J., ... Ortiz, M. (2010). Marine biodiversity in the caribbean: Regional estimates and distribution patterns. *PLoS ONE*, 5.
- Miloslavich, P., Díaz, J. M., Klein, E., Alvarado, J. J., Díaz, C., Gobin, J., Ortiz, M. (2010). Marine biodiversity in the caribbean: Regional estimates and distribution patterns. *PLoS ONE*, 5.
- Mouchet, M.A., Villéger, S., Mason, N.W. & Mouillot, D. (2010) Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Func Ecol* 24: 867–876
- Mouillot, D., Graham, N. A. J., Villéger, S., Mason, N. W. H., & Bellwood, D. R. (2013). A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends in Ecology and Evolution*, 28: 167–177.

- Mouillot, D., Villéger, S., Parravicini, V., Kulbicki, M., Arias-González, J. E., Bender, M., ... Bellwood, D. R. (2014). Functional over-redundancy and high functional vulnerability in global fish faunas on tropical reefs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111: 13757–13762.
- Mumby, P.J, Dahlgren C.P., Harborne A.R., *et al.* (2006) Fishing, trophic cascades, and the process of grazing on coral reefs. *Science* 311: 98–101
- Naeem, S., Bunker, D. E., Hector, A., Loreau, M., & Perrings, C. (Eds.). (2009). Biodiversity, ecosystem functioning, and human wellbeing: an ecological and economic perspective. Oxford University Press.
- Nicolas, D., Lobry, J., Le Pape, O., & Boët, P. (2010). Functional diversity in European estuaries: Relating the composition of fish assemblages to the abiotic environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 88: 329–338.
- Norman, M.D. & Jones, G.P. (1984) Determinants of territory size in the pomacentrid reef fish, *Parma victoriae*. *Oecologia* 61: 60–69.
- Olan, M. (2018). Geomorfología arrecifal y su efecto sobre la función de los ensamblajes ícticos. Tesis maestría. Universidad Autónoma de Baja California. 94p.
- Olivier, D., Loiseau, N., Petatán-Ramírez, D., Millán, O. T., Suárez-Castillo, A. N., Torre, J...& Reyes-Bonilla, H. (2018). Functional-biogeography of the reef fishes of the islands of the Gulf of California: Integrating functional divergence into marine conservation. *Global Ecology and Conservation*, 16, e00506.
- Persson, L, Diehl S., Johansson L., Andersson, G. & Hamrin, S.F. (1992) Trophic interactions in temperature lake ecosystems: a test of food chain theory. *American Naturalist*, 140: 59-84.
- Petchey, O. L., & Gaston, K. J. (2002). Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters*, 5:402–411.
- Petchey, O. L., & Gaston, K. J. (2006). Functional diversity: Back to basics and looking forward. *Ecology Letters*, 9: 741–758.
- Ramírez-Ortiz, G., Calderon-Aguilera, L. E., Reyes-Bonilla, H., Ayala-Bocos, A., Hernández, L., Fernández Rivera-Melo, F., & Dominici-Arosamena, A. (2017).

- Functional diversity of fish and invertebrates in coral and rocky reefs of the Eastern Tropical Pacific. *Marine Ecology*, 38: 1–9.
- REEF (2008) Reef Environmental Education Foundation. Disponibles en: <http://www.reef.org>.
- Robertson, D. R., & Cramer, K. L. (2014). Defining and dividing the Greater Caribbean: Insights from the biogeography of shorefishes. *PLoS ONE*, 9:(7).
- Robertson, D.R., Peña, E. A.; Posada, J. M. & R. Claro (2019). Peces Costeros del Gran Caribe: sistema de Información en línea. Version 2.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá.
- Sandin SA, Vermei MJA, Hurlbert AH (2008) Island biogeography of Caribbean coral reef fish. *Glob Ecol Biogeogr* 17: 770-777.
- Scherer-Lorenzen, M. (2005). Biodiversity and ecosystem functioning: basic principles. *Biodiversity: structure and function. Encyclopedia of life support systems*, 1: 68-88.
- Schmid, B., Hector, A., Huston, M.A., Inchausti, P., Nijs, I., & Leadley, P.W. (2002). The design and analysis of biodiversity experiments. In: *Biodiversity and Ecosystem Functioning. Synthesis and Perspectives* (eds Loreau, M., Naeem, S. & Inchausti, P.). Oxford University Press, Oxford, 61–75.
- Spalding M.D., Fox, H.E., Allen, G.R., Davidson, N. & Ferdaña, Z. (2007) Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *BioScience* 57: 573-583.
- Stier, A., Geange, S., & Bolker, B. (2013) Predator density and competition modify the benefits of group formation in a shoaling reef fish. *Oikos* 122: 171–178.
- Thresher, R. E., & Colin, P. L. (1986). Trophic structure, diversity and abundance of fishes of the deep reef (30–300m) at Enewetak, Marshall Islands. *Bulletin of Marine Science*, 38(1), 253-272.
- Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchie, M., & Siemann, E. (1997). The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277: 1300–1302.

- Villéger, S., Mason, & Mouillot, D. (2008). New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology* 89: 2290–2301.
- Villéger, S., Ramos Miranda, J., Flores Hernández, D., & Mouillot, D. (2010). Contrasting changes in taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. *Ecological Applications*, 20: 1512–1522.
- Walker, B., A. Kinzig & J. Langridge. 1999. Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species. *Ecosystems*, 2: 95-113.
- WoRMS Editorial Board (2019). World Register of Marine Species. Checklist dataset <https://doi.org/10.14284/170> accessed via GBIF.org on 2019-05-27.

10. Anexos

Tabla 4 Familias y especies de peces arrecifales encontradas en el Gran Caribe.

Familia	Especie	Familia	Especie
Acanthuridae	<i>Acanthurus bahianus</i>	Labrisomidae	<i>Gobioclinus bucciferus</i>
	<i>Acanthurus chirurgus</i>		<i>Gobioclinus filamentosus</i>
	<i>Acanthurus coeruleus</i>		<i>Gobioclinus guppyi</i>
Acropomatidae	<i>Synagrops bellus</i>		<i>Gobioclinus haitiensis</i>
	<i>Synagrops spinosus</i>		<i>Gobioclinus kalisherae</i>
	<i>Synagrops trispinosus</i>		<i>Haptoclinus apectolophus</i>
Antennariidae	<i>Antennarius multiocellatus</i>		<i>Haptoclinus dropi</i>
	<i>Antennarius pauciradiatus</i>		<i>Labrisomus albigenys</i>
	<i>Antennarius striatus</i>		<i>Labrisomus conditus</i>
Apogonidae	<i>Apogon affinis</i>		<i>Labrisomus cricota</i>
	<i>Apogon aurolineatus</i>		<i>Labrisomus nuchipinnis</i>
	<i>Apogon binotatus</i>		<i>Malacoctenus aurolineatus</i>
	<i>Apogon gouldi</i>		<i>Malacoctenus boehlkei</i>
	<i>Apogon lachneri</i>		<i>Malacoctenus delalandii</i>
	<i>Apogon leptocaulus</i>		<i>Malacoctenus erdmani</i>
	<i>Apogon maculatus</i>		<i>Malacoctenus gilli</i>
	<i>Apogon mosavi</i>		<i>Malacoctenus macropus</i>
	<i>Apogon phenax</i>		<i>Malacoctenus triangulatus</i>
	<i>Apogon pillionatus</i>		<i>Malacoctenus versicolor</i>
	<i>Apogon planifrons</i>		<i>Nemaclinus atelestos</i>
	<i>Apogon pseudomaculatus</i>		<i>Paraclinus barbatus</i>
	<i>Apogon quadrisquamatus</i>		<i>Paraclinus cingulatus</i>
	<i>Apogon robbyi</i>		<i>Paraclinus fasciatus</i>
	<i>Apogon robinsi</i>		<i>Paraclinus grandicomis</i>
	<i>Apogon townsendi</i>		<i>Paraclinus infrons</i>
	<i>Astrapogon alutus</i>		<i>Paraclinus marmoratus</i>
	<i>Astrapogon puncticulatus</i>		<i>Paraclinus naeorhegmis</i>
	<i>Astrapogon stellatus</i>		<i>Paraclinus nigripinnis</i>
	<i>Phaeoptyx conklini</i>		<i>Starksia atlantica</i>
<i>Phaeoptyx pigmentaria</i>	<i>Starksia culebrae</i>		
<i>Phaeoptyx xenus</i>	<i>Starksia elongata</i>		
<i>Zapogon evermanni</i>	<i>Starksia fasciata</i>		

Atherinidae	<i>Atherinomorus stipes</i>		<i>Starksia greenfieldi</i>
	<i>Hypoatherina harringtonensis</i>		<i>Starksia guttata</i>
Aulostomidae	<i>Aulostomus maculatus</i>		<i>Starksia hassi</i>
Balistidae	<i>Balistes capriscus</i>		<i>Starksia langi</i>
	<i>Balistes vetula</i>		<i>Starksia lepicoelia</i>
	<i>Canthidermis maculata</i>		<i>Starksia leucovitta</i>
	<i>Canthidermis sufflamen</i>		<i>Starksia nanodes</i>
	<i>Melichthys niger</i>		<i>Starksia occidentalis</i>
	<i>Xanthichthys ringens</i>		<i>Starksia ocellata</i>
Batrachoididae	<i>Amphichthys cryptocentrus</i>		<i>Starksia robertsoni</i>
	<i>Opsanus beta</i>		<i>Starksia sangreyae</i>
	<i>Opsanus dichrostomus</i>		<i>Starksia sella</i>
	<i>Opsanus phobetron</i>		<i>Starksia sluiteri</i>
	<i>Opsanus tau</i>		<i>Starksia smithvanizi</i>
	<i>Sanopus astrifer</i>		<i>Starksia springeri</i>
	<i>Sanopus barbatus</i>		<i>Starksia starcki</i>
	<i>Sanopus greenfieldorum</i>		<i>Starksia variabilis</i>
	<i>Sanopus johnsoni</i>		<i>Starksia weigti</i>
	<i>Sanopus splendidus</i>		<i>Starksia williamsi</i>
	<i>Vladichthys gloverensis</i>		<i>Starksia y-lineata</i>
Berycidae	<i>Beryx splendens</i>	Lamnidae	<i>Carcharodon carcharias</i>
Blenniidae	<i>Chasmodes longimaxilla</i>	Lutjanidae	<i>Apsilus dentatus</i>
	<i>Chasmodes saburrae</i>		<i>Etelis oculatus</i>
	<i>Entomacrodus nigricans</i>		<i>Lutjanus analis</i>
	<i>Hyleurochilus bermudensis</i>		<i>Lutjanus apodus</i>
	<i>Hyleurochilus caudovittatus</i>		<i>Lutjanus buccanella</i>
	<i>Hyleurochilus geminatus</i>		<i>Lutjanus campechanus</i>
	<i>Hyleurochilus multifilis</i>		<i>Lutjanus cyanopterus</i>
	<i>Hyleurochilus pseudoaequipinnis</i>		<i>Lutjanus griseus</i>
	<i>Hyleurochilus springeri</i>		<i>Lutjanus jocu</i>
	<i>Hypsoblennius brevipinnis</i>		<i>Lutjanus mahogoni</i>
	<i>Hypsoblennius exstochilus</i>		<i>Lutjanus synagris</i>
	<i>Hypsoblennius hentz</i>		<i>Lutjanus vivanus</i>
	<i>Hypsoblennius invemar</i>		<i>Ocyurus chrysurus</i>
	<i>Hypsoblennius ionthas</i>		<i>Pristipomoides aquilonaris</i>
	<i>Lupinoblennius nicholsi</i>		<i>Pristipomoides freemani</i>
	<i>Lupinoblennius vinctus</i>		<i>Pristipomoides macrophthalmus</i>
	<i>Ophioblennius macclurei</i>		<i>Rhomboplites aurorubens</i>

	<i>Parablennius marmoratus</i>	Malacanthidae	<i>Malacanthus plumieri</i>
	<i>Scartella cristata</i>		<i>Cerdale floridana</i>
Bothidae	<i>Bothus ocellatus</i>		<i>Microdesmus bahianus</i>
	<i>Alionemataichthys minyomma</i>	Microdesmidae	<i>Microdesmus carri</i>
	<i>Calamopteryx goslinei</i>		<i>Microdesmus longipinnis</i>
	<i>Grammonus claudaei</i>		<i>Microdesmus luscus</i>
	<i>Lucifuga lucayana</i>	Mobulidae	<i>Manta birostris</i>
	<i>Lucifuga simile</i>		<i>Aluterus monoceros</i>
	<i>Lucifuga spelaotes</i>		<i>Aluterus schoepfii</i>
	<i>Ogilbia boehlkei</i>		<i>Aluterus scriptus</i>
	<i>Ogilbia jeffwilliamsi</i>	Monacanthidae	<i>Cantherhines macrocerus</i>
	<i>Ogilbia mccoskeri</i>		<i>Cantherhines pullus</i>
	<i>Ogilbia sabaji</i>		<i>Monacanthus ciliatus</i>
	<i>Ogilbia suarezae</i>		<i>Monacanthus tuckeri</i>
	<i>Ogilbia tyleri</i>		<i>Stephanolepis hispidus</i>
	<i>Ogilbichthys ferocis</i>		<i>Stephanolepis setifer</i>
	<i>Ogilbichthys haitiensis</i>	Moridae	<i>Physiculus fulvus</i>
	<i>Ogilbichthys kakuki</i>	Moringuidae	<i>Moringua edwardsi</i>
	<i>Ogilbichthys longimanus</i>	Mugilidae	<i>Mugil curvidens</i>
	<i>Ogilbichthys microphthalmus</i>	Mullidae	<i>Mulloidichthys martinicus</i>
	<i>Ogilbichthys puertoricensis</i>		<i>Pseudupeneus maculatus</i>
	<i>Ogilbichthys tobagoensis</i>		<i>Anarchias similis</i>
	<i>Pseudogilbia sanblasensis</i>		<i>Channomuraena vittata</i>
	<i>Stygnobrotula latebricola</i>		<i>Echidna catenata</i>
	<i>Callionymus bairdi</i>		<i>Enchelycore anatina</i>
Callionymidae	<i>Diplogrammus pauciradiatus</i>		<i>Enchelycore carychroa</i>
	<i>Antigonia capros</i>		<i>Enchelycore nigricans</i>
Caproidae	<i>Antigonia combatia</i>		<i>Gymnothorax funebris</i>
	<i>Carangoides bartholomaei</i>		<i>Gymnothorax maderensis</i>
	<i>Alectis ciliaris</i>	Muraenidae	<i>Gymnothorax miliaris</i>
	<i>Carangoides ruber</i>		<i>Gymnothorax moringa</i>
	<i>Caranx crysos</i>		<i>Gymnothorax nigromarginatus</i>
	<i>Caranx hippos</i>		<i>Gymnothorax polygonius</i>
Carangidae	<i>Caranx latus</i>		<i>Gymnothorax vicinus</i>
	<i>Caranx lugubris</i>		<i>Monopenchelys acuta</i>
	<i>Elagatis bipinnulata</i>		<i>Muraena retifera</i>
	<i>Selene vomer</i>		<i>Muraena robusta</i>
	<i>Seriola dumerili</i>		<i>Uropterygius macularius</i>

	<i>Seriola fasciata</i>	Myliobatidae	<i>Aetobatus narinari</i>
	<i>Seriola rivoliana</i>	Odontaspidae	<i>Carcharias taurus</i>
	<i>Seriola zonata</i>		<i>Ogcocephalus corniger</i>
	<i>Trachinotus falcatus</i>		<i>Ogcocephalus cubifrons</i>
	<i>Trachinotus goodei</i>		<i>Ogcocephalus declivirostris</i>
Carapidae	<i>Carapus bermudensis</i>		<i>Ogcocephalus nasutus</i>
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus acronotus</i>	Ophichthidae	<i>Ogcocephalus pantostictus</i>
	<i>Carcharhinus altimus</i>		<i>Ogcocephalus parvus</i>
	<i>Carcharhinus brachyurus</i>		<i>Ahlia egmontis</i>
	<i>Carcharhinus galapagensis</i>		<i>Aprognathodon platyventris</i>
	<i>Carcharhinus leucas</i>		<i>Bascanichthys scuticaris</i>
	<i>Carcharhinus limbatus</i>		<i>Caralophia loxochila</i>
	<i>Carcharhinus obscurus</i>		<i>Echiophis punctifer</i>
	<i>Carcharhinus perezii</i>		<i>Myrichthys breviceps</i>
	<i>Carcharhinus plumbeus</i>		<i>Myrichthys ocellatus</i>
	<i>Carcharhinus porosus</i>		<i>Ophichthus puncticeps</i>
	<i>Galeocerdo cuvier</i>		<i>Quassiremus ascensionis</i>
	<i>Negaprion brevirostris</i>		<i>Brotula barbata</i>
	Chaenopsidae		<i>Acanthemblemaria aspera</i>
<i>Acanthemblemaria betinensis</i>		<i>Ophidion lagochila</i>	
<i>Acanthemblemaria chaplini</i>		<i>Ophidion nocomis</i>	
<i>Acanthemblemaria greenfieldi</i>		<i>Otophidium chickcharney</i>	
<i>Acanthemblemaria harpeza</i>		<i>Otophidium dormitator</i>	
<i>Acanthemblemaria johnsoni</i>		<i>Otophidium omostigma</i>	
<i>Acanthemblemaria maria</i>		<i>Parophidion schmidti</i>	
<i>Acanthemblemaria medusa</i>		<i>Petrotyx sanguineus</i>	
<i>Acanthemblemaria paula</i>		Opistognathidae	<i>Opistognathus aurifrons</i>
<i>Acanthemblemaria rivasi</i>			<i>Opistognathus gilberti</i>
<i>Acanthemblemaria spinosa</i>			<i>Opistognathus macrogathus</i>
<i>Acanthostracion polygonius</i>			<i>Opistognathus maxillosus</i>
<i>Acanthostracion quadricornis</i>			<i>Opistognathus robinsi</i>
<i>Chaenopsis resh</i>			Ostraciidae
<i>Chaenopsis roseola</i>		<i>Lactophrys trigonus</i>	
<i>Chaenopsis stephensi</i>		<i>Lactophrys triqueter</i>	

	<i>Coralliozetus cardonae</i>	Pempheridae	<i>Pempheris poeyi</i>	
	<i>Ekemblemaria nigra</i>		<i>Pempheris schomburgkii</i>	
	<i>Emblemaria atlantica</i>	Percophidae	<i>Chrionema squamentum</i>	
	<i>Emblemaria australis</i>	Polyprionidae	<i>Polyprion americanus</i>	
	<i>Emblemaria biocellata</i>		<i>Centropyge argi</i>	
	<i>Emblemaria caldwelli</i>	Pomacanthidae	<i>Centropyge aurantonotus</i>	
	<i>Emblemaria caycedoi</i>		<i>Holacanthus bermudensis</i>	
	<i>Emblemaria culmenis</i>		<i>Holacanthus ciliaris</i>	
	<i>Emblemaria hyltoni</i>		<i>Holacanthus tricolor</i>	
	<i>Emblemaria pandionis</i>		<i>Pomacanthus arcuatus</i>	
	<i>Emblemaria vitta</i>		<i>Pomacanthus paru</i>	
	<i>Emblemariopsis arawak</i>		<i>Abudefduf saxatilis</i>	
	<i>Emblemariopsis bahamensis</i>		<i>Abudefduf taurus</i>	
	<i>Emblemariopsis bottomei</i>		<i>Chromis bermudae</i>	
	<i>Emblemariopsis carib</i>		<i>Chromis cyanea</i>	
	<i>Emblemariopsis diana</i>		<i>Chromis enchrysur</i>	
	<i>Emblemariopsis diaphana</i>		<i>Chromis insolata</i>	
	<i>Emblemariopsis leptocirris</i>		<i>Chromis jubauna</i>	
	<i>Emblemariopsis occidentalis</i>		<i>Chromis multilineata</i>	
	<i>Emblemariopsis pricei</i>		<i>Chromis scotti</i>	
	<i>Emblemariopsis ramirezi</i>		<i>Microspathodon chrysurus</i>	
	<i>Emblemariopsis randalli</i>		<i>Stegastes adustus</i>	
	<i>Emblemariopsis ruetzleri</i>		<i>Stegastes diencaeus</i>	
	<i>Emblemariopsis signifer</i>		<i>Stegastes leucostictus</i>	
	<i>Emblemariopsis tayrona</i>		<i>Stegastes otophorus</i>	
	<i>Hemiemblemaria simulus</i>		<i>Stegastes partitus</i>	
	<i>Lucayablennius zingaro</i>		<i>Stegastes pictus</i>	
	<i>Stathmonotus gymnodermis</i>		<i>Stegastes planifrons</i>	
	<i>Stathmonotus hemphillii</i>		<i>Stegastes xanthurus</i>	
	<i>Stathmonotus stahli</i>		Priacanthidae	<i>Cookeolus japonicus</i>
	<i>Stathmonotus tekla</i>			<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>
Chaetodontidae	<i>Chaetodon capistratus</i>		Scaridae	<i>Pristigenys alta</i>
	<i>Chaetodon ocellatus</i>			<i>Nicholsina usta</i>
	<i>Chaetodon sedentarius</i>	<i>Scarus coelestinus</i>		
	<i>Chaetodon striatus</i>	<i>Scarus coeruleus</i>		
	<i>Prognathodes aculeatus</i>	<i>Scarus guacamaia</i>		
	<i>Prognathodes aya</i>	<i>Scarus iseri</i>		
	<i>Prognathodes guyanensis</i>	<i>Scarus taeniopterus</i>		

Chlopsidae	<i>Catesbya pseudomuraena</i>		<i>Scarus vetula</i>	
	<i>Chlopsis bicolor</i>		<i>Sparisoma atomarium</i>	
	<i>Chlopsis dentatus</i>		<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	
	<i>Kaupichthys hyoproroides</i>		<i>Sparisoma axillare</i>	
	<i>Kaupichthys nuchalis</i>		<i>Sparisoma chrysopterum</i>	
	<i>Robinsia catherinae</i>		<i>Sparisoma griseorubrum</i>	
Cirrhitidae	<i>Amblycirrhitus pinos</i>			<i>Sparisoma radians</i>
Clupeidae	<i>Harengula humeralis</i>			<i>Sparisoma rubripinne</i>
Congridae	<i>Conger esculentus</i>			<i>Sparisoma viride</i>
	<i>Conger triporiceps</i>		Sciaenidae	<i>Corvula batabana</i>
	<i>Heteroconger camelopardalis</i>			<i>Corvula sanctaeluciae</i>
	<i>Heteroconger longissimus</i>			<i>Equetus lanceolatus</i>
	<i>Heteroconger luteolus</i>	<i>Equetus punctatus</i>		
Cynoglossidae	<i>Symphurus arawak</i>	<i>Odontoscion dentex</i>		
	<i>Symphurus ommaspilus</i>	<i>Pareques iwamotoi</i>		
Dactylopteridae	<i>Dactylopterus volitans</i>			<i>Pareques umbrosus</i>
	<i>Dactyloscopus tridigitatus</i>	Scombropidae		<i>Scombrops oculatus</i>
	<i>Gillellus greyae</i>	Scorpaenidae		<i>Helicolenus dactylopterus</i>
	<i>Gillellus uranidea</i>			<i>Neomerinthe beanorum</i>
	<i>Leurochilus acon</i>		<i>Neomerinthe hemingwayi</i>	
	<i>Platygillellus rubrocinctus</i>		<i>Pontinus castor</i>	
	<i>Platygillellus smithi</i>		<i>Pontinus helena</i>	
Dasyatidae	<i>Hypanus americanus</i>		<i>Pontinus longispinis</i>	
Diodontidae	<i>Chilomycterus antennatus</i>		<i>Pontinus nematophthalmus</i>	
	<i>Chilomycterus antillarum</i>		<i>Pontinus rathbuni</i>	
	<i>Chilomycterus reticulatus</i>		<i>Ptereleotris calliura</i>	
	<i>Chilomycterus schoepfii</i>		<i>Ptereleotris helenae</i>	
	<i>Diodon holocanthus</i>	<i>Ptereleotris randalli</i>		
	<i>Diodon hystrix</i>	<i>Pterois volitans</i>		
Echeneidae	<i>Echeneis naucrates</i>	<i>Scorpaena agassizii</i>		
	<i>Echeneis neucratooides</i>	<i>Scorpaena albifimbria</i>		
Elopidae	<i>Elops saurus</i>	<i>Scorpaena bergii</i>		
	<i>Elops smithi</i>	<i>Scorpaena brachyptera</i>		
Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i>	<i>Scorpaena brasiliensis</i>		
Fistulariidae	<i>Fistularia tabacaria</i>	<i>Scorpaena calcarata</i>		
Gempylidae	<i>Nesiarchus nasutus</i>	<i>Scorpaena dispar</i>		
Gerreidae	<i>Gerres cinereus</i>	<i>Scorpaena elachys</i>		
Gobiesocidae	<i>Arcos nudus</i>	<i>Scorpaena grandicornis</i>		
	<i>Acyrtops amplicirrus</i>	<i>Scorpaena inermis</i>		

	<i>Acyrtops beryllinus</i>		<i>Scorpaena isthmensis</i>
	<i>Acyrtus artius</i>		<i>Scorpaena plumieri</i>
	<i>Acyrtus rubiginosus</i>		<i>Scorpaenodes caribbaeus</i>
	<i>Derilissus kremnobates</i>		<i>Scorpaenodes tredecimspinosus</i>
	<i>Derilissus lombardii</i>	Scyliorhinidae	<i>Scyliorhinus haeckelii</i>
	<i>Derilissus nanus</i>		<i>Scyliorhinus retifer</i>
	<i>Gobiesox lucayanus</i>	Serranidae	<i>Alphestes afer</i>
	<i>Gobiesox nigripinnis</i>		<i>Anthias asperilinguis</i>
	<i>Gobiesox punctulatus</i>		<i>Anthias nicholsi</i>
	<i>Gobiesox strumosus</i>		<i>Anthias woodsi</i>
	<i>Tomicodon briggsi</i>		<i>Baldwinella aureorubens</i>
	<i>Tomicodon clarkei</i>		<i>Baldwinella vivanus</i>
	<i>Tomicodon cryptus</i>		<i>Bullisichthys caribbaeus</i>
	<i>Tomicodon fasciatus</i>		<i>Centropristis philadelphica</i>
	<i>Tomicodon lavettsmithi</i>		<i>Centropristis striata</i>
	<i>Tomicodon leurodiscus</i>		<i>Cephalopholis cruentata</i>
	<i>Tomicodon reitzae</i>		<i>Cephalopholis fulva</i>
	<i>Tomicodon rhabdotus</i>		<i>Choranthias tenuis</i>
	<i>Tomicodon rupestris</i>		<i>Diplectrum bivittatum</i>
Gobiidae	<i>Barbulifer antennatus</i>		<i>Diplectrum formosum</i>
	<i>Barbulifer ceuthoecus</i>		<i>Diplectrum radiale</i>
	<i>Bathygobius antillensis</i>		<i>Epinephelus adscensionis</i>
	<i>Bathygobius geminatus</i>		<i>Epinephelus drummondhayi</i>
	<i>Bathygobius lacertus</i>		<i>Epinephelus guttatus</i>
	<i>Bathygobius mystacium</i>		<i>Epinephelus itajara</i>
	<i>Bathygobius soporator</i>		<i>Epinephelus morio</i>
	<i>Chriolepis benthonis</i>	<i>Epinephelus striatus</i>	
	<i>Chriolepis bilix</i>	<i>Gonioplectrus hispanus</i>	
	<i>Chriolepis fisheri</i>	<i>Hemanthias leptus</i>	
	<i>Coryphopterus alloides</i>	<i>Hypoplectrus aberrans</i>	
	<i>Coryphopterus dicrus</i>	<i>Hypoplectrus atlahua</i>	
	<i>Coryphopterus eidolon</i>	<i>Hypoplectrus castroaguirrei</i>	
	<i>Coryphopterus glaucofraenum</i>	<i>Hypoplectrus chlorurus</i>	
	<i>Coryphopterus hyalinus</i>	<i>Hypoplectrus ecosur</i>	
	<i>Coryphopterus kuna</i>	<i>Hypoplectrus floridae</i>	
	<i>Coryphopterus lipernes</i>	<i>Hypoplectrus gemma</i>	
	<i>Coryphopterus personatus</i>	<i>Hypoplectrus gummigutta</i>	

<i>Coryphopterus punctipectophorus</i>	<i>Hypoplectrus guttavarius</i>
<i>Coryphopterus thrix</i>	<i>Hypoplectrus indigo</i>
<i>Coryphopterus tortugae</i>	<i>Hypoplectrus maculiferus</i>
<i>Coryphopterus venezuelae</i>	<i>Hypoplectrus maya</i>
<i>Elacatinus atronasus</i>	<i>Hypoplectrus nigricans</i>
<i>Elacatinus chancei</i>	<i>Hypoplectrus providencianus</i>
<i>Elacatinus colini</i>	<i>Hypoplectrus puella</i>
<i>Elacatinus evelynae</i>	<i>Hypoplectrus randallorum</i>
<i>Elacatinus genie</i>	<i>Hypoplectrus unicolor</i>
<i>Elacatinus horsti</i>	<i>Hyporthodus flavolimbatus</i>
<i>Elacatinus illecebrosus</i>	<i>Hyporthodus mystacinus</i>
<i>Elacatinus jarocho</i>	<i>Hyporthodus nigritus</i>
<i>Elacatinus lobeli</i>	<i>Hyporthodus niveatus</i>
<i>Elacatinus lori</i>	<i>Jeboehlkia gladifer</i>
<i>Elacatinus louisae</i>	<i>Liopropoma aberrans</i>
<i>Elacatinus oceanops</i>	<i>Liopropoma carmabi</i>
<i>Elacatinus prochilos</i>	<i>Liopropoma eukrines</i>
<i>Elacatinus randalli</i>	<i>Liopropoma mowbrayi</i>
<i>Elacatinus serranilla</i>	<i>Liopropoma olneyi</i>
<i>Elacatinus tenox</i>	<i>Liopropoma rubre</i>
<i>Elacatinus xanthiprora</i>	<i>Liopropoma santi</i>
<i>Evermannichthys bicolor</i>	<i>Mycteroperca acutirostris</i>
<i>Evermannichthys convictor</i>	<i>Mycteroperca bonaci</i>
<i>Evermannichthys metzelaari</i>	<i>Mycteroperca cidi</i>
<i>Evermannichthys silus</i>	<i>Mycteroperca interstitialis</i>
<i>Evermannichthys spongicola</i>	<i>Mycteroperca microlepis</i>
<i>Ginglymostoma cirratum</i>	<i>Mycteroperca phenax</i>
<i>Gnatholepis thompsoni</i>	<i>Mycteroperca tigris</i>
<i>Gobiosoma bosc</i>	<i>Mycteroperca venenosa</i>
<i>Gobiosoma ginsburgi</i>	<i>Paralabrax dewegeri</i>
<i>Gobiosoma grosvenori</i>	<i>Parasphyraenops atrimanus</i>
<i>Gobiosoma hildebrandi</i>	<i>Parasphyraenops incisus</i>
<i>Gobiosoma nudum</i>	<i>Plectranthias garrupellus</i>
<i>Gobiosoma robustum</i>	<i>Pronotogrammus martinicensis</i>

	<i>Gobiosoma schultzi</i>		<i>Pseudogramma gregoryi</i>
	<i>Gobiosoma spes</i>		<i>Rypticus bornoi</i>
	<i>Gobiosoma spilotum</i>		<i>Rypticus carpenteri</i>
	<i>Gobiosoma yucatanum</i>		<i>Rypticus maculatus</i>
	<i>Gobulus myersi</i>		<i>Rypticus randalli</i>
	<i>Lythrypnus crocodilus</i>		<i>Rypticus saponaceus</i>
	<i>Lythrypnus elasson</i>		<i>Rypticus subbifrenatus</i>
	<i>Lythrypnus heterochroma</i>		<i>Schultzea beta</i>
	<i>Lythrypnus minimus</i>		<i>Serraniculus pumilio</i>
	<i>Lythrypnus mowbrayi</i>		<i>Serranus annularis</i>
	<i>Lythrypnus nesiotes</i>		<i>Serranus baldwini</i>
	<i>Lythrypnus okapia</i>		<i>Serranus chionaraia</i>
	<i>Lythrypnus phorellus</i>		<i>Serranus flaviventris</i>
	<i>Lythrypnus spilus</i>		<i>Serranus luciopercanus</i>
	<i>Microgobius carri</i>		<i>Serranus maytagi</i>
	<i>Nes longus</i>		<i>Serranus notospilus</i>
	<i>Palatogobius paradoxus</i>		<i>Serranus phoebe</i>
	<i>Pariah scotius</i>		<i>Serranus subligarius</i>
	<i>Priolepis dawsoni</i>		<i>Serranus tabacarius</i>
	<i>Priolepis hipoliti</i>		<i>Serranus tigrinus</i>
	<i>Priolepis robinsi</i>		<i>Serranus tortugarum</i>
	<i>Pycnomma roosevelti</i>		<i>Archosargus probatocephalus</i>
	<i>Risor ruber</i>		<i>Calamus bajonado</i>
	<i>Tigrigobius dilepis</i>		<i>Calamus calamus</i>
	<i>Tigrigobius gemmatus</i>		<i>Calamus nodosus</i>
	<i>Tigrigobius macrodon</i>		<i>Calamus penna</i>
	<i>Tigrigobius multifasciatus</i>		<i>Calamus pennatula</i>
	<i>Tigrigobius pallens</i>		<i>Calamus proridens</i>
	<i>Tigrigobius saucrus</i>		<i>Diplodus bermudensis</i>
	<i>Ginsburgellus novemlineatus</i>		<i>Diplodus caudimacula</i>
	<i>Gramma dejongi</i>		<i>Diplodus holbrookii</i>
	<i>Gramma linki</i>		<i>Lagodon rhomboides</i>
	<i>Gramma loreto</i>		<i>Pagrus pagrus</i>
	<i>Gramma melacara</i>	Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i>
	<i>Lipogramma anabantoides</i>	Sphyrnidae	<i>Sphyrna lewini</i>
	<i>Lipogramma evides</i>		<i>Sphyrna mokarran</i>
	<i>Lipogramma flavescens</i>	Symphysanodontidae	<i>Symphysanodon berryi</i>
	<i>Lipogramma klayi</i>		<i>Symphysanodon octoactinus</i>
	<i>Lipogramma regia</i>		<i>Amphelikurus dendriticus</i>
	<i>Lipogramma robinsi</i>	Syngnathidae	<i>Cosmocampus albirostris</i>
Grammatidae			

	<i>Lipogramma rosea</i>		<i>Cosmocampus elucens</i>
	<i>Lipogramma trilineata</i>		<i>Cosmocampus hildebrandi</i>
Haemulidae	<i>Anisotremus moricandi</i>		<i>Cosmocampus profundus</i>
	<i>Anisotremus surinamensis</i>		<i>Cryptotomus roseus</i>
	<i>Anisotremus virginicus</i>		<i>Hippocampus erectus</i>
	<i>Emmelichthyops atlanticus</i>		<i>Hippocampus reidi</i>
	<i>Haemulon album</i>		<i>Hippocampus zosterae</i>
	<i>Haemulon aurolineatum</i>		<i>Micrognathus crinitus</i>
	<i>Haemulon bonariense</i>		<i>Penetopteryx nanus</i>
	<i>Haemulon boschmae</i>	Synodontidae	<i>Synodus intermedius</i>
	<i>Haemulon carbonarium</i>		<i>Synodus poeyi</i>
	<i>Haemulon chrysargyreum</i>		<i>Synodus synodus</i>
	<i>Haemulon flavolineatum</i>		<i>Trachinocephalus myops</i>
	<i>Haemulon macrostomum</i>	Tetraodontidae	<i>Canthigaster figueiredoi</i>
	<i>Haemulon melanurum</i>		<i>Canthigaster jamestyleri</i>
	<i>Haemulon parra</i>		<i>Canthigaster rostrata</i>
	<i>Haemulon plumierii</i>		<i>Sphoeroides pachygaster</i>
	<i>Haemulon sciurus</i>		<i>Sphoeroides spengleri</i>
	<i>Haemulon steindachneri</i>	Torpedinidae	<i>Torpedo andersoni</i>
	<i>Haemulon striatum</i>	Trachichthyidae	<i>Gephyroberyx darwinii</i>
	<i>Haemulon vittata</i>		<i>Hoplostethus occidentalis</i>
	<i>Haemulopsis corvinaeformis</i>	Triacanthodidae	<i>Hollardia meadi</i>
Hexanchidae	<i>Orthopristis ruber</i>	Tripterygiidae	<i>Enneanectes altivelis</i>
	<i>Hexanchus griseus</i>		<i>Enneanectes atrorus</i>
Holocentridae	<i>Corniger spinosus</i>		<i>Enneanectes boehlkei</i>
	<i>Flameo marianus</i>		<i>Enneanectes deloachorum</i>
	<i>Holocentrus adscensionis</i>		<i>Enneanectes jordani</i>
	<i>Holocentrus rufus</i>		<i>Enneanectes matador</i>
	<i>Myripristis jacobus</i>		<i>Enneanectes pectoralis</i>
	<i>Ostichthys trachypoma</i>		<i>Enneanectes wilki</i>
	<i>Plectrypops retrospinis</i>		
	<i>Sargocentron bullisi</i>		
<i>Sargocentron poco</i>			
Labridae	<i>Bodianus pulchellus</i>		
	<i>Bodianus rufus</i>		
	<i>Clepticus parrae</i>		
	<i>Decodon puellaris</i>		
	<i>Doratonotus megalepis</i>		

	<i>Halichoeres bathyphilus</i>
	<i>Halichoeres bivittatus</i>
	<i>Halichoeres burekai</i>
	<i>Halichoeres caudalis</i>
	<i>Halichoeres</i> <i>cynocephalus</i>
	<i>Halichoeres garnoti</i>
	<i>Halichoeres maculipinna</i>
	<i>Halichoeres pictus</i>
	<i>Halichoeres poeyi</i>
	<i>Halichoeres radiatus</i>
	<i>Halichoeres socialis</i>
	<i>Lachnolaimus maximus</i>
	<i>Thalassoma bifasciatum</i>

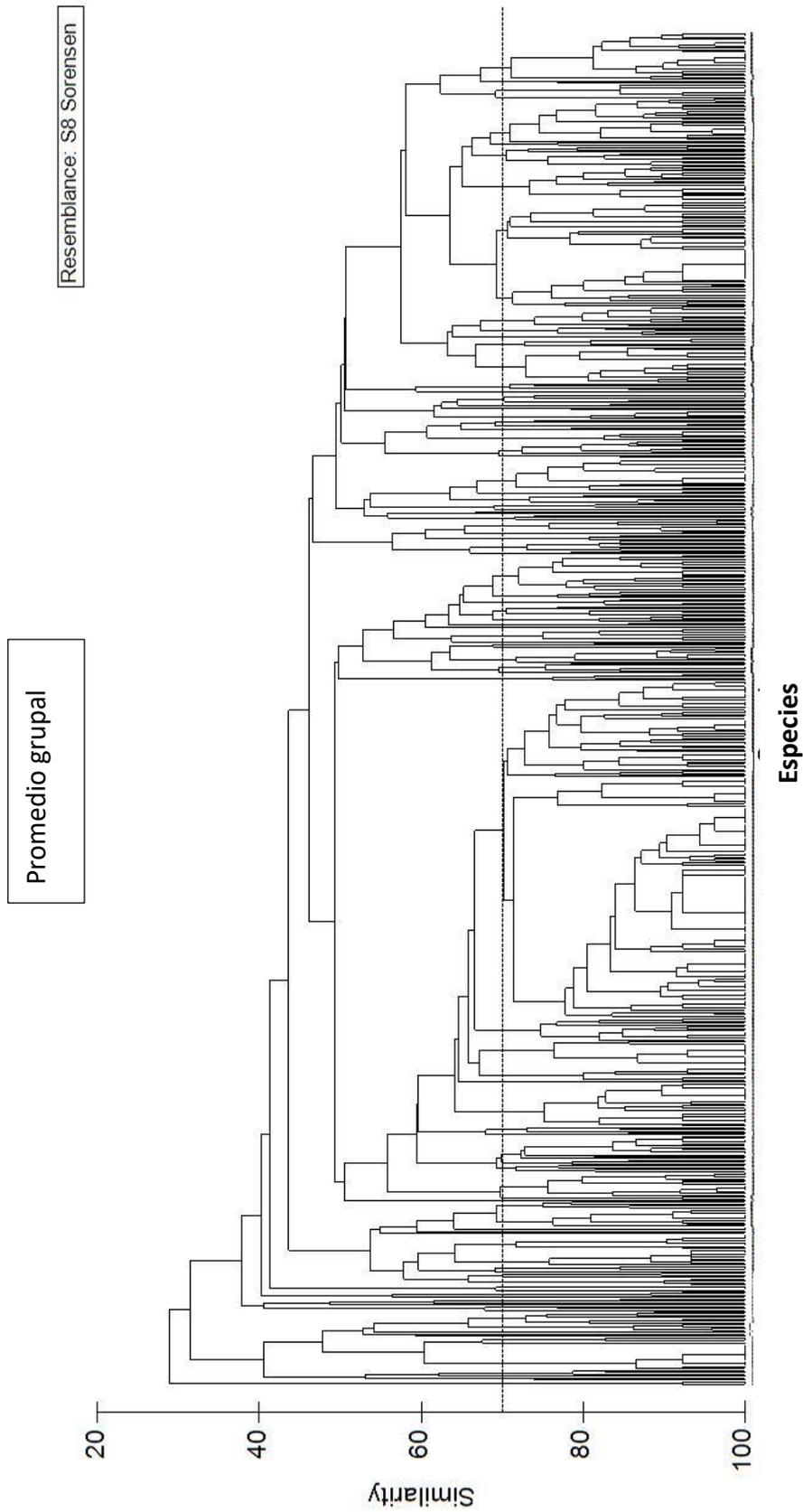


Figura 12. Dendrograma obtenido de las especies de peces del Gran Caribe. Se destaca el corte al 70% para la formación de los grupos funcionales. El fin de la gráfica es mostrar

el número de grupos formados. Los detalles de las especies por grupo se encuentran en la tabla 2.