



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS  
DEL NOROESTE, S.C.

---

---

Programa de Estudios de Posgrado

**ESTRUCTURA COMUNITARIA DE PECES ASOCIADOS A LOS  
ARRECIFES ROCOSOS EN ZONAS PESQUERAS E INDUSTRIAL  
EN BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S.**

**T E S I S**

Que para obtener el grado de

**Maestro en Ciencias**

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales  
(Orientación en Biología Marina)

P r e s e n t a

**José María Morales Trejo**

La Paz, Baja California Sur, agosto de 2023.

## ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las **10** horas del día **15** del Mes de **agosto** del **2023**, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

**" Estructura comunitaria de peces asociados a los arrecifes rocosos en zonas pesqueras e industrial en Bahía de La Paz, B.C.S."**

Presentada por el alumno:

**José María Morales Trejo**

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN **Biología Marina**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA



Dr. Jesús Rodríguez Romero  
Director de Tesis



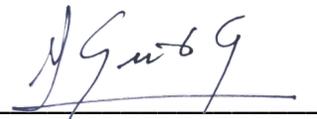
Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas  
Co-Tutor de Tesis



Dra. Juana López Martínez  
Co-Tutora de Tesis



M. en C. María Ruth Ochoa Díaz  
Co-Tutora de Tesis



Dra. Alejandra Nieto Garibay,  
Directora de Estudios de Posgrado y  
Formación de Recursos Humanos.

La Paz, Baja California Sur, a 15 de agosto de 2023.

Los miembros del comité de tesis del estudiante JOSÉ MARÍA MORALES TREJO del Programa de Maestría en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, revisamos el contenido de la tesis y otorgamos el Vo.Bo. dado que la tesis no representa un plagio de otro documento como lo muestra el reporte de similitud realizado:

- Herramienta antiplagio: iThenticate
- Filtros utilizados: Citas y bibliografía excluidas
- Porcentajes de similitud: 16 %  
Se muestra captura de pantalla



Citas excluidas		16%
Bibliografía excluida		SIMILAR
Resumen de Coincidencias		
1	Internet 654 palabras Copiado el 24-Oct-2022 <a href="http://cibnor.repositorioinstitucional.mx">cibnor.repositorioinstitucional.mx</a>	4%
2	Internet 171 palabras Copiado el 31-Ene-2023 <a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a>	1%
3	Internet 128 palabras Copiado el 22-Dic-2016 <a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a>	1%
4	Internet 114 palabras Copiado el 25-Sep-2022 <a href="http://www.repositoriodigital.ipn.mx">www.repositoriodigital.ipn.mx</a>	1%
5	Internet 112 palabras Copiado el 07-Abr-2021 <a href="http://tesis.ipn.mx">tesis.ipn.mx</a>	1%
6	Internet 111 palabras Copiado el 15-Oct-2022 <a href="http://cicese.repositorioinstitucional.mx">cicese.repositorioinstitucional.mx</a>	1%
7	Internet 79 palabras Copiado el 25-Sep-2022 <a href="http://repositoriodigital.ipn.mx">repositoriodigital.ipn.mx</a>	<1%
8	Internet 78 palabras <a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a>	<1%
9	Internet 69 palabras Copiado el 04-Feb-2023 <a href="http://pmcarbono.org">pmcarbono.org</a>	<1%
10	Internet 68 palabras Copiado el 19-Oct-2017	<1%

### Firmas del Comité



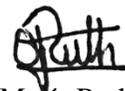
Dr. Jesús Rodríguez Romero  
Director de Tesis



Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas  
Co-Tutor de Tesis



Dra. Juana López Martínez  
Co-Tutora de Tesis



M. en C. María Ruth Ochoa Díaz  
Co-Tutora de Tesis

## **Conformación de Comités**

### **Comité Tutorial**

Dr. Jesús Rodríguez Romero  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.  
Director de Tesis

Dra. Juana López Martínez  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.  
Co-Tutora de Tesis

Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas  
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas IPN  
Co-Tutor de Tesis

M. en C. María Ruth Ochoa Díaz  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.  
Co-Tutora de Tesis

### **Comité Revisor de Tesis**

Dr. Jesús Rodríguez Romero  
Dra. Juana López Martínez  
Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas  
M. en C. María Ruth Ochoa Díaz

### **Jurado de Examen**

Dr. Jesús Rodríguez Romero  
Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas  
M. en C. María Ruth Ochoa Díaz

### **Suplente**

Dra. Claudia Jeannette Pérez Estrada

## Resumen

Los arrecifes rocosos se formaron a partir de procesos geológicos que han surgido al paso de millones de años, estos presentan ciertas estructuras con grandes grietas que dan lugar a la formación de hábitats o sitios que benefician en diversos aspectos, dentro de los que destaca el refugio y la protección para los organismos ante posibles depredadores. Dentro de la zona sur del Golfo de California se encuentra la Bahía de La Paz, la cual en años recientes ha presentado un mayor crecimiento poblacional, incrementando el uso de los recursos naturales entre ellos el ambiente marino, con la pesca de peces e invertebrados y el turismo de avistamiento de mamíferos marinos y elasmobranquios, además, de la creación de una zona industrial con la granja camaronera “GAM” y la reactivación de la minera “ROFOMEX II”. El objetivo de este trabajo fue conocer y comparar la estructura comunitaria de los peces asociados a los arrecifes rocosos cercanos a las áreas de pesca comercial y de la industrial. Las zonas de estudio presentan ciertas diferencias en función de su formación, tamaño y actividad por lo que se dividieron en dos bloques, en el bloque I estuvo Paredones Verdes, con una menor actividad pesquera (PV-MeAP), El Portugués con una mayor actividad pesquera (EP-MaAP) y El Cobre como la zona industrial (EC-I), de igual manera las zonas del bloque II (replica) fueron Tarabillas (T-MeAP), Las Pacas (LP-MaAP) y El Muelle (EM-I). Se contabilizó un total de 27,561 organismos que correspondieron a 111 especies de las cuales 49 son de importancia comercial. La abundancia relativa (AR) por zona, temporada y profundidad mostraron que *Abudefduf troschelii*, *Haemulon maculicauda*, *Sardinops sagax*, *Thalassoma lucasanum*, *Haemulon steindachneri* y *Stegastes rectifraenum* fueron las especies más representativas. Del análisis por bloques, en el bloque I PV-MeAP fue la zona con la riqueza de especies (R) e índice de diversidad específica (D') más alto ( $P < 0.05$ ) con respecto a las otras dos zonas. El bloque II T-MeAP presentó una mayor R y D' ( $P < 0.05$ ), en comparación con las otras zonas. De manera general, por temporada y profundidad para las zonas, no se encontraron diferencias significativas para R y D' ( $P > 0.05$ ), sin embargo, entre sitios si se registraron diferencias significativas por profundidad ( $P < 0.05$ ). Para las zonas del bloque II se encontraron diferencias en la diversidad de especies (H') ( $P < 0.05$ ), no así por temporada y profundidad, donde no hubo diferencias ( $P > 0.05$ ). Por último, respecto a la equidad (J') por profundidad entre zonas si se encontró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Por lo que podemos concluir que las zonas pesqueras tuvieron una R y AR superior a la zona industrial del bloque I, mientras que en bloque II, las zonas pesqueras presentaron una mayor H' y J' con respecto a la zona industrial.

**Palabras clave:** Arrecife rocoso, diversidad, zona industrial-pesquera, Bahía de La Paz

ORCID: 0009-0008-9567-592X



Vo. Bo. Dr. Jesús Rodríguez Romero  
Director de Tesis

## Summary

Rocky reefs were formed from geological processes that have emerged over millions of years, these have certain structures with large cracks that lead to the formation of habitats or sites that benefit in various aspects, among which highlights the shelter and protection for organisms against potential predators. Within the southern zone of the Gulf of California is the Bay La Paz, which in recent years has shown greater population growth, increasing the use of natural resources, including the marine environment, with fish and invertebrate fishing and tourism for marine mammal and elasmobranch, as well as the creation of an industry zone with the shrimp farm "GAM" and the reactivation of the mining company "ROFOMEX II". The objective of this work was to know and compare the community structure of fish associated with the rocky reefs near the commercial and industrial fishing areas. The study areas present certain differences according to their formation, size and activity, so they were divided into two blocks, in block I was Paredones Verdes, with a lower fishing activity (PV-MeAP), El Portugués with a higher fishing activity (EP-MaAP) and El Cobre as the industry zone (EC-I), in the same order the zones of block II (replica) were Tarabillas (T-MeAP), Las Pacas (LP-MaAP) and El Muelle (EM-I). A total of 27,561 organisms were recorded corresponding to 111 species of which 49 are of commercial importance. The relative abundance (RA) by zone, season and depth showed that *Abudefduf troschelii*, *Haemulon maculicauda*, *Sardinops sagax*, *Thalassoma lucasanum*, *Haemulon steindachneri* and *Stegastes rectifraenum* were the most representative species. From the analysis by blocks, in block I PV-MeAP was the zone with the highest richness (R) and specific diversity index (D') ( $P < 0.05$ ) with respect to the other two zones. Block II T-MeAP presented higher R and D' ( $P < 0.05$ ) compared to the other zones. In general, by season and depth for the zones, no significant differences were found for R and D' ( $P > 0.05$ ), however, significant differences by depth ( $P < 0.05$ ) were recorded between sites. For the zones of block II, differences were found in species diversity (H') ( $P < 0.05$ ), but not by season and depth, where there were no differences ( $P > 0.05$ ). Finally, with respect to equity (J') by depth between zones, significant differences were found ( $P < 0.05$ ). Therefore, we can conclude that the fishing zones had a higher R and AR than the industrial zone in block I, while in block II, the fishing zones had a higher H' and J' with respect to the industry zone.

**Keywords:** Rocky reef, diversity, industrial-fishing zone, Bay La Paz  
ORCID: 0009-0008-9567-592X



Vo. Bo. Dr. Jesús Rodríguez Romero  
Director de Tesis

**Dedicatoria**

*Les dedico este trabajo a mis padres José Reynaldo Juan y María Cristina Gregoria, pues ellos han sido un gran ejemplo para mí, en mi vida, quienes me han enseñado a no rendirme y esforzarme hasta alcanzar mis metas.*

*A mis hermanos Guadalupe, Juan, María Inés, Reynaldo, David y Christian, que han estado conmigo en todo momento.*

## **Agradecimientos**

Agradezco al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C y a la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos, por brindarme el apoyo necesario para cursar mis estudios de Maestría, y al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías por otorgarme la beca con número (CVU) 1143058.

Así mismo agradezco a mi Comité Tutorial por mostrar interés y dar sugerencias para mejorar este proyecto. Al Dr. Jesús Rodríguez Romero por facilitarme todos los medios para realizar esta investigación e impulsarme a confiar en mi trabajo. Al Dr. Andrés Abitia, la M. en C. Ruth Ochoa y la Dra. Juanita López, por aportar valiosas recomendaciones para dar sustento a esta investigación. También, agradezco al Dr. Enrique Bojórquez, la M. en C. Ana Lucía Castillo y el Dr. Raúl Martínez por su valiosa orientación en el aspecto estadístico, así como a la Dra. Claudia Jeannette Pérez por el apoyo en campo.

Agradezco a mis padres y hermanos por todo el apoyo incondicional que me han dado hasta esta etapa de mi vida, tanto personal como profesional.

Por último, agradezco a mis amigos de maestría como Magali, Gabriel, Fani, Clau y Diana, con quienes hubo momentos de convivencia para poder olvidar cada uno un poco el estrés de nuestros respectivos trabajos.

## Contenido

<b>Resumen</b> .....	i
<b>Summary</b> .....	ii
<b>Dedicatoria</b> .....	iii
<b>Agradecimientos</b> .....	iv
<b>Contenido</b> .....	v
<b>Lista de figuras</b> .....	vii
<b>Lista de tablas</b> .....	ix
<b>Abreviaturas</b> .....	x
<b>1.INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2.ANTECEDENTES</b> .....	3
<b>3.JUSTIFICACIÓN</b> .....	7
<b>4.HIPÓTESIS</b> .....	8
<b>5.OBJETIVOS</b> .....	9
5.1 Objetivo general .....	9
5.2 Objetivos particulares.....	9
<b>6.MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	10
6.1 Área de estudio.....	10
6.2 Toma de datos .....	11
6.3 Índices ecológicos .....	12
6.3.1 Abundancia relativa (AR) .....	12
6.3.2 Diversidad específica (D').....	13
6.3.3 Diversidad (H').....	13
6.3.4 Equidad (J').....	13
6.4 Nivel de dominancia .....	14
6.5 Análisis de componentes principales (ACP) .....	14
<b>7.RESULTADOS</b> .....	15
7.1 Variables fisicoquímicas.....	15
7.1.1 Temperatura .....	15
7.1.2 Oxígeno disuelto .....	16
7.1.3 Salinidad.....	18
7.2 Elenco sistemático de peces.....	19
7.3 Abundancia relativa (AR) .....	20
7.3.1 Abundancia relativa por temporada climática .....	23
7.3.2 Abundancia relativa por profundidad.....	25
7.4 Riqueza específica (D').....	27
7.4.1 Riqueza específica por temporada climática .....	29
7.4.2 Riqueza de especies por profundidad .....	30
7.5 Índice de diversidad de Shannon-Weaver (H').....	33
7.5.1 Diversidad de especies por temporada climática .....	33
7.5.2 Diversidad de especies por profundidad .....	34
7.6 Índice de Equidad (J').....	36
7.6.1 Equidad por temporada climática .....	36
7.6.2 Equidad por profundidad.....	37

7.7 Dominancia .....	39
7.8 Análisis de Componentes Principales (ACP) .....	41
7.9 Diferencia entre las zonas pesqueras e industrial .....	42
<b>8.DISCUSIÓN</b> .....	<b>44</b>
8.1 Elenco sistemático de los peces arrecifales .....	44
8.2 Índices ecológicos .....	47
8.3 Correlación de las especies con respecto a los factores ambientales .....	51
<b>9.CONCLUSIONES</b> .....	<b>54</b>
9.1 Recomendaciones.....	54
<b>10.LITERATURA CITADA</b> .....	<b>55</b>
<b>11.ANEXOS</b> .....	<b>61</b>
11.1 ANEXO A .....	61
11.2 ANEXO B.....	67
11.3 ANEXO C.....	70

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica de las estaciones de estudio, donde se realizaron los censos de peces dentro de Bahía de La Paz, Baja California Sur, durante los años 2022. ....	10
<b>Figura 2.</b> Comparación de la temperatura del agua en los meses de muestreo de 2022. Línea punteada (-) contempla el promedio anual del agua y el punto rojo (°) es el promedio de cada mes. ....	15
<b>Figura 3.</b> Comparación de la temperatura del agua por zona de muestreo en 2022: Paredones Verdes (PV-MeAP), EL Portugués (EP-MaAP), El Cobre (EC-I), Tarabillas (T-MeAP), El Muelle (EM-I) y Las Pacas (LP-MaAP) en BLP. Los círculos rojos (°) representan el promedio.....	16
<b>Figura 4.</b> Comparación de oxígeno disuelto registrado por mes en BLP. Línea azul (-) contempla el promedio anual y el círculo rojo (°) el promedio de cada mes. ....	17
<b>Figura 5.</b> Comparación de los datos de oxígeno disuelto por zona de muestreo en BLP. Los círculos rojos (°) representan el promedio. ....	17
<b>Figura 6.</b> Comparación de los datos de salinidad del agua por mes en 2022. Línea azul (-) contempla el promedio anual del agua y el círculo rojo (°) el promedio de cada mes.....	18
<b>Figura 7.</b> Comparación de los datos de salinidad, tomados del agua por zona de muestreo en BLP. Los círculos rojos (°) representan el promedio.....	19
<b>Figura 8.</b> Número de especies de peces registrados por cada familia durante los muestreos de 2022.....	20
<b>Figura 9.</b> Abundancia relativa de especies de peces registradas en BLP, se consideró de forma independiente a las especies con abundancia mayor a 1 %, mientras que las demás especies por debajo de este porcentaje se integró como resto de las spp (93 spp). ....	21
<b>Figura 10.</b> Abundancia relativa (%) de peces asociados a arrecifes rocosos por cada zona censada en 2022 dentro de BLP. ....	22
<b>Figura 11.</b> Abundancia de peces asociados a los arrecifes rocosos por zona de cada bloque. El círculo rojo (°) es el promedio de cada zona. ....	23
<b>Figura 12.</b> Abundancia relativa (%) de peces asociados a los arrecifes rocosos por temporada climática en 2022, dentro de BLP.....	24
<b>Figura 13.</b> Abundancia de peces asociados a arrecifes los rocosos por temporada durante 2022 en BLP. El círculo rojo (°) es el promedio de cada temporada. ....	24
<b>Figura 14.</b> Abundancia relativa (%) de las especies de peces por profundidad en BLP en el año 2022.....	25
<b>Figura 15.</b> Abundancia de las especies de peces por profundidad en BLP en el año 2022. El círculo rojo (°) es el promedio de cada profundidad. ....	26
<b>Figura 16.</b> Abundancia de peces en la parte somera (A) - profunda (B) de las zonas del bloque I y zonas del bloque II somera (C) - profunda (D). El círculo rojo (°) es el promedio de cada zona....	27
<b>Figura 17.</b> Riqueza específica (A) e índice de diversidad específica de Margalef (B) de las zonas del bloque I.....	28
<b>Figura 18.</b> Riqueza específica (A) e índice de diversidad específica de Margalef (B) de las zonas del bloque II.....	29
<b>Figura 19.</b> Riqueza específica de especies (A) e índice de diversidad específica de Margalef (B) registrados por temporada en BLP, durante el año 2022.....	30
<b>Figura 20.</b> Riqueza específica de especies (A) e índice de diversidad específica de Margalef (B) registrados por profundidad en BLP, durante el año 2022.....	30

<b>Figura 21.</b> Riqueza específica de especies (A) e índice de diversidad específica de Margalef (B) registrados en la parte somera y riqueza específica de especies (C) e índice de diversidad específica de Margalef (D) de las zonas en la parte profunda del bloque I.....	31
<b>Figura 22.</b> Riqueza específica de especies (A) e índice de diversidad de Margalef (B) registrados en las zonas en la parte somera y riqueza específica de especies (C) e índice de diversidad de Margalef (D) de las zonas en la parte profunda del bloque II.....	32
<b>Figura 23.</b> Diversidad general de especies en las zonas del bloque I (A) y bloque II (B). .....	33
<b>Figura 24.</b> Diversidad general de especies por temporada climática en BLP, durante el año 2022. ....	34
<b>Figura 25.</b> Diversidad general de especies de peces por profundidad en BLP, durante el año 2022. ....	34
<b>Figura 26.</b> Índice de diversidad de especies ( $H'$ ) por zona en la parte somera (a) y profunda (B) del bloque I así como en la parte somera (C) y profunda (D) del bloque II. ....	35
<b>Figura 27.</b> Índice de equidad ( $J'$ ) por zona del bloque I (A) del bloque II (B).....	36
<b>Figura 28.</b> Índice de equidad ( $J'$ ) por temporada climática en BLP, durante el año 2022.....	37
<b>Figura 29.</b> Índice de equidad ( $J'$ ) por profundidad en BLP, durante el año 2022. ....	37
<b>Figura 30.</b> Índice de equidad ( $J'$ ) por profundidad para la parte somera (a) y profunda (B) del bloque I así como en la parte somera (C) y profunda (D) del bloque II.....	38
<b>Figura 31.</b> Análisis de Olmstead-Tukey de las especies registradas en BLP en 2022, se clasifican como: Dominante  , frecuente  , ocasional  y rara  .....	39
<b>Figura 32.</b> Análisis de Olmstead-Tukey de las especies registradas en las zonas de PV-MeAP (A), EP-MaAP (B), EC-I (C) del bloque I y T-MeAP (D), EM-I (E), MaAP (F) del bloque II. Se clasifican como: Dominante  , frecuente  , ocasional  y rara  :.....	40
<b>Figura 33.</b> Diagrama del Análisis de Componentes Principales de forma general con las variables (temperatura, salinidad y oxígeno), Índices ecológicos y especies dominantes en BLP durante el año 2022.....	42

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Clasificación por bloques de las estaciones de estudio por zona .....	11
---	----

## **Abreviaturas**

BCS: Baja California Sur

GC: Golfo de California

BLP: Bahía de La Paz

PV-MeAP: Paredones Verdes - Menor actividad Pesquera

EP-MaAP: El Portugués - Mayor Actividad Pesquera

EC-I: El Cobre -Industrial

T-MeAP: Tarabillas - Menor Actividad Pesquera

EM-I: El Muelle -Industrial

LP-MaAP: Las Pacas - Mayor Actividad Pesquera

D': Índice de diversidad específica de Margalef

H': Índice de diversidad de Shannon-Weaver

J': Índice de equidad

ACP: Análisis de Componentes Principales

## 1. INTRODUCCIÓN

Los arrecifes rocosos están formados principalmente por roca ígnea, como consecuencia de actividades volcánicas tanto terrestres como submarinas (Msangameno, 2016), pero también a causa de otros procesos geológicos que han surgido al paso de millones de años (Clark *et al.*, 2000). Estos se extienden a lo largo de la línea costera continental e insular, interactuando con otros ecosistemas (Lluch-Cota *et al.*, 2007), y tienen ciertas estructuras como plataformas, paredes, laderas, cantos rodados, entre otros, con grandes grietas que permiten encontrar pequeños sitios de protección para los organismos ante posibles depredadores (Raffaelli y Hawkins, 1996; Clark *et al.*, 2000; Msangameno, 2016). Estos hábitats juegan un papel importante a nivel ecosistema, ya que conforman eficientes y efectivas cadenas tróficas, partiendo de lo que se observa y documenta desde la producción primaria a altos depredadores (Rodríguez-Romero *et al.*, 2005; Aburto-Oropeza *et al.*, 2015). Además, fungen como sitios de crianza, refugio, alimentación y dispersión de larvas, considerándolos como uno de los ecosistemas marinos más diversos (Thompson *et al.*, 2000; Okey *et al.*, 2004; Campos-Dávila *et al.*, 2005; Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2015; Teixeira-Neves *et al.*, 2015), ofreciendo importantes aportaciones que sustentan servicios ecológicos y económicos a las regiones cercanas a ellos, pues son sitios de reclutamiento de especies con estatus de protección y/o importancia para la pesca comercial (Lluch-Cota *et al.*, 2007; Teixeira-Neves *et al.*, 2015).

El Golfo de California (GC), es un cuerpo de agua que separa la Península de Baja California, cuenta con una longitud de 1130 km de largo y de 80 a 209 km de ancho, está conformado principalmente por arrecifes rocosos en la costa peninsular (Lluch-Cota *et al.*, 2007), excepto en el Parque Nacional Cabo Pulmo que presenta arrecife de coral (Aburto-Oropeza *et al.*, 2015). El GC está catalogado dentro de los cinco ecosistemas marinos más productivos (hotspot) a nivel mundial (Barjau-González *et al.*, 2012; Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2015), debido al alto endemismo que existe dentro de las poco más de 6000 especies marinas (Brusca *et al.*, 2005; Brusca, 2010), y por albergar un total de 875 especies de peces de los cuales 86 son endémicas (Walker, 1960; Thompson *et al.*, 2000; Barjau-González *et al.*, 2012), lo que lo hace que sea uno de los sitios marinos más importantes en términos ecológicos y de productividad, por lo que se le ha llamado el acuario del mundo (Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2015); con una contribución muy importante en

los recursos pesqueros (peces óseos y elasmobranquios) de México y para exportación internacional (Estados Unidos, Corea, Japón, etc.), sin olvidar, la parte económica en términos de turismo, como lo que se obtiene por medio de la pesca deportiva, buceo recreativo, entre otros (Cálapiz-Segura, 2004). Todo lo que aporta el GC ha llevado a que sea uno de los sistemas marinos más vigilados por el sector de conservacionistas a nivel mundial (Luch-Cota *et al.*, 2007).

El GC se divide en tres zonas: El Alto Golfo, El Golfo del Centro y el Golfo del Sur. Dentro de la zona sur se encuentra la Bahía de La Paz (BLP), que en años recientes ha comenzado a tener una mayor urbanización y crecimiento poblacional, así como un aumento en la promoción al turismo y actividades recreacionales (arriba mencionado), lo que conlleva a un mayor uso de los recursos naturales, entre ellos el ambiente marino, que incluye a los peces, invertebrados, mamíferos marinos, entre otros. Aunado a lo anterior, se encuentra la creación de la zona industrial que incluye a la granja camaronera "GAM" en Las Ánimas y la reactivación de la minera "ROFOMEX II", ubicada en San Juan de la Costa. Todo esto ocasionando afectaciones tanto terrestres como marinas (arrecifes rocosos), debido a que la descarga de aguas de desecho que provienen de la actividad camaronera y de la mina fosfórica se vierten hacia el mar.

En este contexto el objetivo del presente trabajo fue conocer la estructura comunitaria de los peces asociados a los arrecifes rocosos cercanos a las zonas de descarga de aguas de desecho tanto de la granja camaronera como de la minera y hacer una comparación con las zonas donde se realiza la pesca comercial con menor y mayor actividad.

## 2. ANTECEDENTES

De los estudios que se han realizado sobre las poblaciones de peces asociados a los arrecifes rocosos en el GC y el Océano Pacífico, se encuentran Acevedo-Cervantes (1997), Villareal-Cavazos *et al.* (2000), Aburto-Oropeza y Balart (2001), Castro-Longoria *et al.* (2002), Cálapiz-Segura (2004), Campos-Dávila *et al.* (2005), Zayas-Álvarez (2005 y 2016), Álvarez-Filip *et al.* (2006), Fernández (2007), Viesca-Lobatón *et al.* (2008), Rodríguez-Romero (2009), Payan-Alcacio (2015), Padilla-Serrato *et al.* (2017), entre otros.

Por otro lado, de los estudios que se han realizado en BLP están los siguientes:

Abitia- Cárdenas *et al.* (1994) quienes realizaron la primera lista sistémica ictiofaunística, enumerando un total de 390 especies de peces pertenecientes a 251 géneros y 106 familias como resultado de muestreos realizados entre 1981 a 1986, y registros previos de otros autores, además de los registros de especímenes que se encuentra en la Colección Ictiológica del CICIMAR-IPN.

Pérez-España *et al.* (1996) llevaron a cabo censos mensuales entre los años de 1992-1993 en cuatro sitios cercanos a la ciudad de La Paz, donde reportaron un total de 46,894 organismos los cuales están distribuidos en 76 especies, 57 géneros y 30 familias. Las especies más representativas en la mayoría de las zonas y con mayor frecuencia fueron *Stegastes spp*, *Thalassoma lucasanum*, *Abudefduf troschelii*, *Chromis atrilobata* y *Haemulon maculicauda*. Estos autores concluyeron que la estructura de peces presentó diferencias entre estaciones y sitios, sin embargo, el valor de diversidad no varió significativamente.

Arreola-Robles (1998) realizó un estudio de las comunidades de peces arrecifales durante 1995 en seis sitios (Pecio Salvatierra, La gallina, El Gallo, La Ballena, Los Islotes y Las Ánimas) aledaños a la Isla Espíritu Santo, en donde registró un total de 80 especies de peces pertenecientes a 31 familias, encontrando diferencias significativas para los peces conspicuos de las zonas arrecifales para cada sitio en cuanto a profundidad, pero no por época del año.

Jiménez- Gutiérrez (1999) estudió la estructura comunitaria de peces de arrecifes rocosos en los extremos norte y sur de Isla Cerralvo, así como de Punta Perico al sur de BLP, por medio de censos entre 1998-1999, contabilizando 66,886 organismos, pertenecientes a 33 familias con 89 especies de peces, de las cuales dos especies (*T. lucasanum* y *C. atrilobata*) fueron dominantes y con una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la diversidad con respecto a los meses y localidades, pero no por profundidad.

Galván-Piña *et al.* (2003) identificaron a 58 especies de peces repartidas en 23 familias y 37 géneros en hábitats rocosos y arenosos en BLP y por medio del índice de abundancia relativa (% N), encontraron que las especies más importantes fueron: *Gerres cinereus*, *Arius platypogon*, *Lutjanus guttatus*, *Haemulon sexfasciatus*, *Kyphosus elegans*, *Diapterus peruvianus*, *Chaetodipterus zonatus* y *Nemastistius pectoralis*. Además, sus análisis sugieren que hay tres diferentes tipos de ensamblajes y tres tipos de hábitats asociados en los peces.

Rodríguez-Romero *et al.* (2005) censaron un total de 120 especies de peces pertenecientes a 82 géneros y 41 familias, alrededor de la Isla Espíritu Santo y un monte submarino cercano, reportaron que las especies más comunes fueron: *A. troschellii*, *T. lucasanum*, *C. atrilobata*, *Stegastes rectifraenum*, *Scarus ghobban*, *Paranthias colonus*, *Lutjanus argentiventris*, *K. elegans*, *Holacanthus passer* y *Mulloidichthys dentatus*. Concluyeron que la abundancia y diversidad varía por estación entre ambos sitios.

Villegas-Sánchez *et al.* (2009) analizaron el ensamblaje de peces en la isla San José, a dos profundidades (1-2 y 5-7 m), dos temporadas (cálida-fría) y rugosidad del fondo. Reportando 86 especies de las cuales, cinco fueron las más representativas de acuerdo con el índice de valor biológico (IVB). Por otro lado, documentaron que la diversidad y riqueza específica mostraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) por profundidad, un incremento de riqueza en la temporada cálida y una correlación positiva de la riqueza, abundancia y diversidad de peces con respecto a los altos valores de rugosidad del sustrato.

Vázquez-Hurtado *et al.* (2010) analizaron datos de la captura artesanal en BLP de 1998 a 2005. Obtuvieron un total de 18 especies de importancia comercial, siendo el huachinango (*Lujtanus peru*) la especie más capturada, seguido del pargo lunarejo *L. guttatus*. Encontraron que todas las especies fueron capturadas durante todo el año, independientemente de su época de reproducción por lo que recomendaron una implementación de regulaciones pesqueras en la Bahía.

Barjau-González *et al.* (2012) determinaron la variación espacial y estacional de la comunidad de peces en ocho localidades de la Isla San José, a partir de datos obtenidos entre los años 2001-2002. Reportaron 112 especies dentro de 76 géneros. Por medio del índice de abundancia relativa identificaron que *A. troschellii*, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum*, *M. dentatus*, *C. atrilobata*, *L. argentiventris* y *S. ghobban* como las especies más importantes, además con el índice de diversidad alfa, encontraron que la diversidad más alta se registró en julio y la más baja en febrero. Por último, los índices de distintividad taxonómica promedio ( $\Delta+$ ) y la distintividad taxonómica ( $\Delta^*$ ), fueron significativos ( $P < 0.05$ ) tanto temporal como espacial. Así mismo, Barjau-González *et al.* (2013) determinaron la variación en la diversidad taxonómica del ensamblaje de peces en ocho localidades de BLP, registrado un total de 92 especies dentro de 67 géneros. Los valores de diversidad Alfa  $\alpha$  (19.5 spp), Beta  $\beta$  (40.5 spp) y Gamma  $\gamma$  (60 spp) fueron más altos en el mes de agosto, mientras que los valores más bajos en diciembre  $\alpha$  (20.625 spp),  $\beta$  (27.375 spp) y  $\gamma$  (48 spp). Por otro lado, los índices de  $\Delta^*$  y  $\Delta+$  no mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), pero sí de forma temporal ( $P < 0.05$ ).

Sánchez-Caballero (2014) caracterizó la ictiofauna y su relación con la estructura (tipo y cantidad) de hábitats arrecifales en la playa La Sorpresa BCS. Registrando un total de 76 especies, de las cuales, nueve se consideraron dominantes. La mayor abundancia y riqueza se dio en la complejidad estructural alta (CEA), sobre la complejidad estructural media (CEM), asociado a una mayor cobertura de sustrato duro, coral vivo y coral muerto con macroalgas. Por lo que estadísticamente se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre CEA y CEM, dado que proporcionan un mayor espectro de recursos, comparado con sitios menos complejos. Así mismo, no encontró diferencias significativas entre temporadas ( $P > 0.05$ ).

Torres-Esparza (2016) evaluó el efecto de alta complejidad estructural del hábitat (CEH), en relación con la ictiofauna del Pardito, el Melón de Isla San José y San Juan de la Costa (SJC), donde los dos primeros sitios presentaron CEH alta no perturbada, mientras que el último sitio presentó una CEH media y perturbada. El número de especies registradas fue de 80, las cuales la mayoría son de origen tropical (Panámica), por otro lado, *A. troschellii*, *S. rectifraenum*, *T. lucasanum*, *B. diplotaenia*, *M. dorsalis*, *H. passer*, *S. ghobban*, *C. punctatissima* y *L. argentiventris* fueron las especies dominantes en los tres sitios de muestreo, además de identificar tres especies endémicas (Provincia de Cortez). El Pardito presentó una mayor  $\Delta^*$  con respecto al Melón y SJC, sin embargo, no se encontró diferencia ( $P < 0.05$ ) en los índices ecológicos, en relación con la época cálida-fría.

Por último, González-Acosta *et al.* (2018) llevaron a cabo una actualización de la lista de ictiofauna de BLP a partir de una recopilación bibliográfica, registrando un total de 533 especies pertenecientes a 34 órdenes, siendo el orden Perciformes más representativo con el 56 %. La afinidad íctica, sugirió la existencia de una zona de transición para especies templadas y tropicales. También reportaron que el hábitat preferencial de las especies fueron los fango-arenoso (38%), rocoso (30%) y biotopos de manglar (29%). Por último, del total de especies que registraron, 188 especies (141 teleósteos y 47 condriictios) son de interés comercial según la UICN, mientras que con base a la NOM-059-Semarnat-2010 se registraron seis teleósteos (*Chromis limbaughi*, *Holocanthus clarionensis*, *H. passer*, *Opistognathus roseablatti*, *Poecilia butleri* y *Pomacanthus zonipectes*) bajo protección especial y dos especies de condriictios (*Rhcodon typus* y *Carcharodon carcharis*) como amenazadas.

### 3. JUSTIFICACIÓN

En los últimos 20 años la ciudad de La Paz ha tenido un crecimiento poblacional significativo, lo que ha provocado un aumento de la presión antropogénica sobre los ecosistemas, tanto terrestres como marinos, siendo este último afectado principalmente en la diversidad íctica que en él se alberga. En el caso de los arrecifes rocosos de BLP se han visto alterados debido a la descarga de aguas de desecho por parte de la granja camaronera y la mina de fosforita que a través del tiempo se ha notado un incremento en su actividad, así como restos de redes, anzuelos y otras trampas de uso común para la pesca artesanal, además de los daños ocasionados por los efectos naturales como los provocados por huracanes y/o tormentas tropicales, entre otros que se han intensificado en los últimos años.

Los estudios realizados en BLP y en los alrededores de las islas, se han centrado en dar a conocer la estructura comunitaria de los peces basados en los índices ecológicos, sin embargo, aún no hay un estudio que se haya enfocado en hacer la comparación entre las zonas industriales (granja camaronera y minería), con respecto a las zonas con menor y mayor actividad pesquera. Por ello, esta investigación es de suma importancia, por lo que el presente trabajo se da a conocer cómo se encuentra la estructura comunitaria y el estado de perturbación de la ictiofauna asociada a los arrecifes rocosos cercanos a estas zonas de BLP, aportando información que permita establecer a las dependencias correspondientes, mejores estrategias de protección puesto existen especies de peces que son residentes y algunas otras migratorias. Así como un mejor aprovechamiento de los recursos ícticos pesqueros aparte de aquellas que ya son sujetas a conservación en la región (veda de tiburones y rayas).

#### **4. HIPÓTESIS**

Bajo la premisa acerca de la nula información (comparación) sobre la estructura comunitaria de peces asociados a los arrecifes entre las zonas de menor y mayor actividad pesquera e industrial dentro de Bahía de La Paz, se espera encontrar una diferencia en la estructura, dado que las actividades antropogénicas causadas por el desarrollo industrial, ocasionan un impacto negativo mayor en términos de la abundancia, riqueza, diversidad y equidad de la ictiofauna en los arrecifes rocosos, que las ocasionadas por las actividades pesqueras y las de tipo natural (variaciones ambientales).

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

- Comparar la estructura comunitaria de peces asociados a los arrecifes rocosos cercanos a las zonas pesqueras e industrial en Bahía de La Paz, B.C.S.

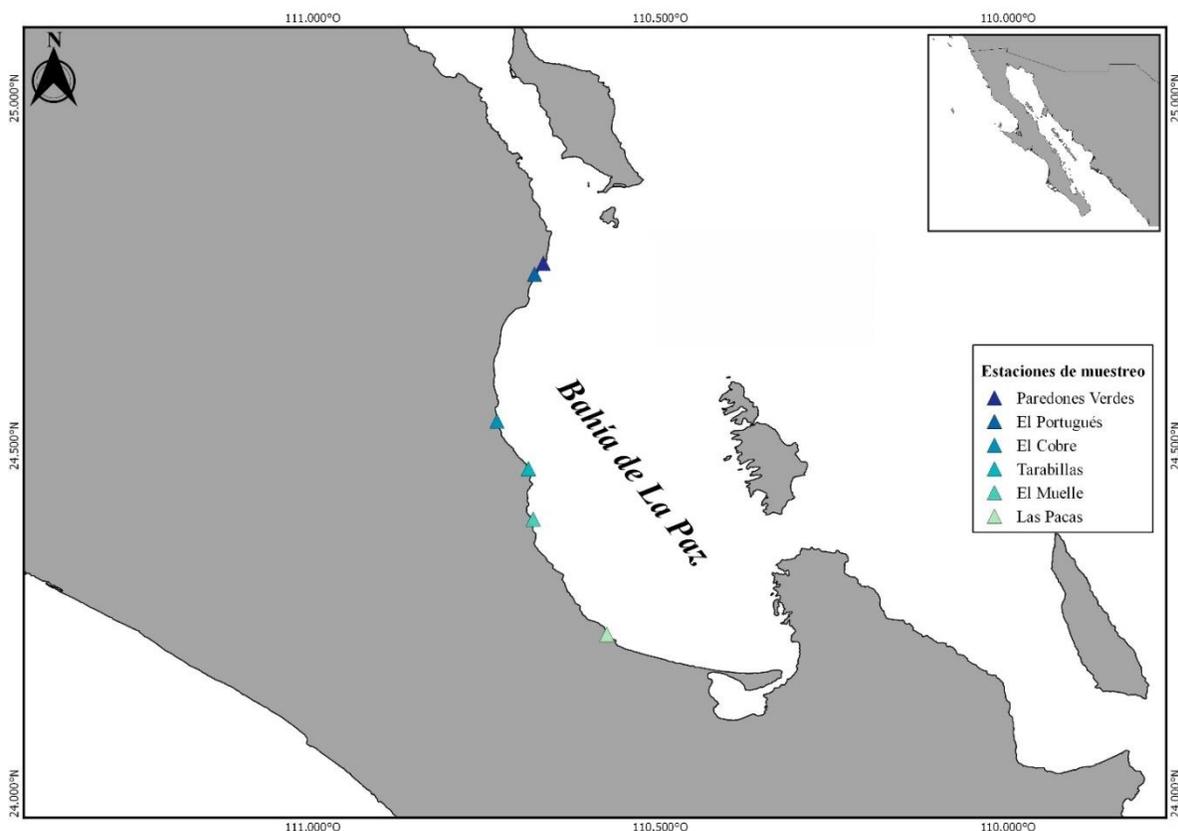
### **5.2 Objetivos particulares**

- Registrar el elenco sistemático de los peces asociados a los arrecifes rocosos de estas zonas en BLP.
- Estimar la abundancia relativa, riqueza, diversidad y equidad de peces entre las zonas en forma general, temporada climática y profundidad.
- Determinar la dominancia de las especies de peces a lo largo del año de estudio.
- Caracterizar si existen diferencias entre las zonas pesqueras e industrial.

## 6. MATERIAL Y MÉTODOS

### 6.1 Área de estudio

La BLP se encuentra en la costa oeste del GC entre las latitudes 24.1-24.8°N y longitudes 110.2-110.8°W (Fig.1). Tiene una dimensión aproximada de 4500 km<sup>2</sup> (80 km de largo y 35 km en su parte más ancha). Presenta una barrera natural dada por 3 islas (Isla Espíritu Santo, Isla La Partida e Isla San José), teniendo una comunicación con el GC a través de la Boca Norte, el Canal San José estrecho y el Canal San Lorenzo. El clima es de tipo semidesértico (García, 1973), con una temperatura promedio anual de 23.8°C, que va desde los 8°C en invierno y hasta los 37°C en verano. El régimen de marea en la bahía es predominantemente semidiurno (Obeso-Nieblas, 2003; Obeso y Gaviño, 2014). Las lluvias son escasas principalmente en invierno y primavera, sin embargo, la precipitación anual (~ 180 mm) se presenta entre julio y octubre, influenciadas por vientos del sureste, tormentas tropicales y huracanes y una evaporación promedio anual de 215 mm con una humedad entre 62 y 70 % (Obeso-Nieblas *et al.*, 2014).



**Figura 1.** Ubicación geográfica de las estaciones de estudio, donde se realizaron los censos de peces dentro de Bahía de La Paz, Baja California Sur, durante los años 2022.

## 6.2 Toma de datos

Las estaciones de estudio se ubicaron a línea de costa y se tomaron como parte del muestreo de prospección realizado en el mes de noviembre de 2021 (Fig. 1, Tabla 1). Se encontró que en estos sitios en su mayoría son arrecifes rocosos, con parches arrecifales y corredores de arena, por lo que la base de datos de la ictiofauna se obtuvo a partir de censos que se llevaron a cabo en los meses de mayo, julio, septiembre y noviembre de 2022, considerando dos temporadas (fría-cálida), con transectos lineales paralelos a la costa de 100 m x 5 m (500 m<sup>2</sup>) con ayuda de una cinta métrica para la longitud del transecto, mientras que el ancho se estimó visualmente, a dos profundidades, una en la zona costera (1-2 m) y la otra en la zona profunda más alejada de la costa (4-6 m), empleando el método de censo visual, un método no extractivo pero ampliamente utilizado en zonas arrecifales, permitiendo estudiar la composición, abundancia, diversidad y distribución, lo cual brinda un resultado confiable que permite detectar diversos comportamientos de las especies de peces censadas (Rodríguez-Romero *et al.*, 2005). Por cada estación se realizó un transecto con replica y profundidad. Se realizó una división de las estaciones por bloques para la comparación de zonas, tomando como referencia el grado de actividad tanto pesquera como industrial. De tal manera, que el bloque I fue conformado por Paredones Verdes considerado con menor actividad pesquera, El Portugués con mayor actividad pesquera y El Cobre con actividad industrial. Mientras que en el bloque II (replica), el sitio de menor actividad pesquera fue Tarabillas, Las Pacas con mayor actividad pesquera y por último El Muelle con actividad industrial (Tabla 1).

**Tabla 1.** Clasificación por bloques de las estaciones de estudio por zona

Bloque	Estación	Zona
I	Paredones Verdes (PV)	Menor actividad pesquera (MeAP)
	El Portugués (EP)	Mayor actividad pesquera (MaAP)
	El Cobre (EC)	Industrial (I)
II	Tarabillas (T)	Menor actividad pesquera (MeAP)
	El Muelle (EM)	Industrial (I)
	Las Pacas (LP)	Mayor actividad pesquera (MaAP)

Los censos se realizaron entre las 10 am y 5 pm, al momento de efectuar los censos, cada observador anotó el género y especie de los peces, así como la abundancia y frecuencia de aparición a lo largo del transecto en tablas de PVC, sin embargo, aquellos organismos que no fue posible identificarlos en el momento, se hizo una descripción gráfica de algunas características en particular (forma y coloración), y posteriormente se identificaron con la guía de Goodson y Weisgerber (1988), Allen y Robertson (1994), Thomson *et al.* (2000), para determinar la especie a que correspondían. Además, se emplearon cámaras acuáticas para grabar, fotografiar y posteriormente hacer una revisión de estos y anotar algunas especies que no hayan sido registradas. Para la organización del elenco sistemático obtenido, se basó en el arreglo de Nelson (2006).

Los datos de los parámetros ambientales (temperatura, oxígeno y salinidad) se tomaron en cada estación, con la ayuda de un medidor multiparamétrico marca YSI, modelo Pro-2030.

### **6.3 Índices ecológicos**

Para el análisis de los datos se efectuó la descripción íctica de las seis zonas de estudio considerando los siguientes índices ecológicos:

#### **6.3.1 Abundancia relativa (AR)**

Este índice se emplea para evidenciar que especies son las más importantes dentro de una estructura comunitaria con base a su contribución en número de organismos, para este estudio fue aplicado en peces de forma espacial y temporal, siendo empleado por varios autores (Horn y Allen, 1985; Pérez-España *et al.*, 1996; Rodríguez-Romero *et al.*, 1994 y 1998, 2011; Barjau-González *et al.*, 2012), debido a su eficacia en el entendimiento.

$$AR = \frac{n}{N_t} * 100 \quad (1)$$

Dónde: n= número de organismos de cada especie, N<sub>t</sub>= número total de organismos en la zona.

### 6.3.2 Diversidad específica (D')

La riqueza de especies se determinó por medio del índice de diversidad específica de Margalef, con la siguiente formula

$$D' = (S - 1)/\ln(N) \quad (2)$$

Dónde: S=número de especies; N=número de individuos; Ln=logaritmo natural.

### 6.3.3 Diversidad (H')

El índice de diversidad es una característica en las comunidades y por lo general está relacionada con ciertas propiedades como el tipo de hábitat, su estabilidad y las condiciones ambientales a las que están expuestas. Para medir la diversidad íctica en el área de estudio, se empleó el índice de Shannon-Weaver (H') (Shannon y Weaver, 1949; Magurran, 2004) con logaritmo natural que se entiende como la relación entre el número de especies y su abundancia relativa. Si bien no es común que lo usen, tiene mayor robustez al describir la diversidad, sin importar el tamaño de muestra y la riqueza de especies.

$$H' = -\sum(p_i * \ln(P_i)) \quad (3)$$

Donde  $p_i$ = la proporción de la especie i; Ln=logaritmo natural.

### 6.3.4 Equidad (J')

Este índice considera que tan abundantes son las especies por igual, tomando en cuenta el índice de Pielou (1976) y se considera como un componente de máxima equidad. Considera valores que van de 0 a 1, donde la mínima equidad es 0 (abundancias diferentes por especie), por el contrario, la máxima equidad será 1 (misma abundancia por especie)

$$J' = H'/\ln(S) \quad (4)$$

Donde H'= índice de Shannon-Weaver; S= máximo valor de H'.

Para comprobar si hubo diferencias significativas entre las zonas, se empleó un análisis de varianza (ANOVA) y posteriormente una prueba post hoc, empleando la prueba de desigualdad de Tukey (Gibbons y Chakraborti, 2003). Para el caso de la comparación por profundidad y estación temporal se empleó una prueba de T-student.

#### 6.4 Nivel de dominancia

Para conocer de manera general el estado de conservación de la ictiofauna en los arrecifes, se determinó la frecuencia relativa (fr):

$$fr = \frac{n_i}{N} * (100\%) \quad (5)$$

Donde  $n_i$  = es la frecuencia absoluta; N= tamaño de la muestra

Después se realizó el diagrama de Olmstead-Tukey (Olmstead y Tukey, 1947). El cual permitió identificar la dominancia de las especies en las zonas, separándolas como: especies dominantes (frecuencia relativa y abundancia mayor al promedio), frecuentes (frecuencia relativa mayor al promedio y abundancia por debajo del promedio), ocasionales (frecuencia relativa menor al promedio y abundancia arriba del promedio) y raras (frecuencia relativa y abundancia por debajo del promedio). Esto se realizó considerando simultáneamente todas las zonas, con el fin de hacer comparación de la dominancia que exista entre especies.

#### 6.5 Análisis de componentes principales (ACP)

Permite una ordenación y simplificación de las variables originales en otras nuevas no correlacionadas, llamadas precisamente componentes principales. Por consiguiente, se estandarizaron los datos de temperatura, oxígeno, salinidad y abundancia de las especies dominantes e índices ecológicos a lo largo del ciclo anual

Los datos se estandarizaron usando la siguiente formula:

$$X = \frac{X_i - X_{med}}{sd} \quad (6)$$

Donde  $X_i$  es el valor absoluto de cada variable,  $X_{med}$  es el promedio de cada medición y  $sd$  la desviación estándar.

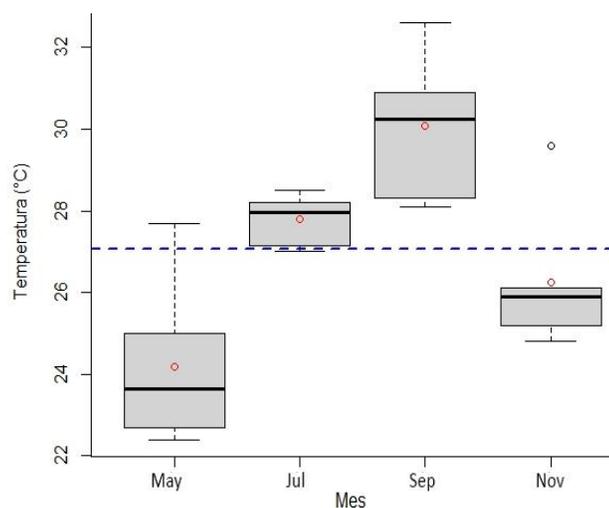
El mapa se realizó con el software QGIS (QGIS, 2015), los análisis de exploración se realizaron en Excel y en Tableau Desktop 10.2 y los análisis estadísticos con el software R (R Core Team 2014), con un nivel de confianza del 95 %.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Variables fisicoquímicas

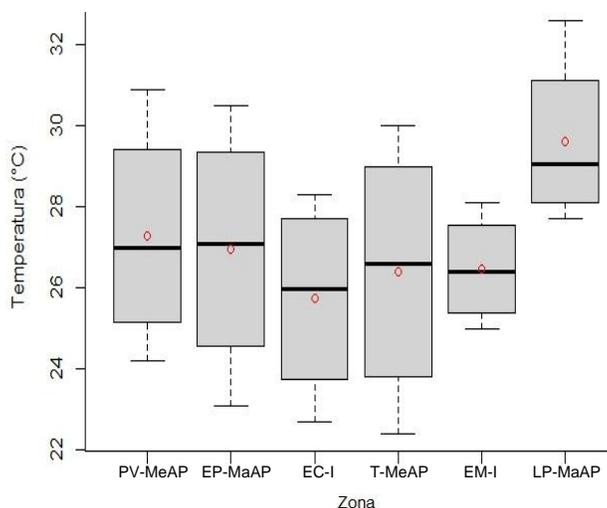
#### 7.1.1 Temperatura

De manera general, la oscilación de la temperatura del agua fue entre 32.6 °C (máxima) registrada en el mes de septiembre y 22.4 °C (mínima) en el mes de mayo, la temperatura promedio anual fue de 27.07 °C (Fig. 2). Considerando el promedio anual, se diferenciaron dos temporadas: cálida en los meses de julio y septiembre y fría en los meses de mayo y noviembre. Por medio de un ANOVA se encontró diferencias significativas ( $F_{3,20}=14.7$ ,  $P<0.05$ ), con la prueba post hoc se encontró que mayo difirió de julio y septiembre, así como septiembre de noviembre.



**Figura 2.** Comparación de la temperatura del agua en los meses de muestreo de 2022. Línea punteada (-) contempla el promedio anual del agua y el punto rojo (•) es el promedio de cada mes.

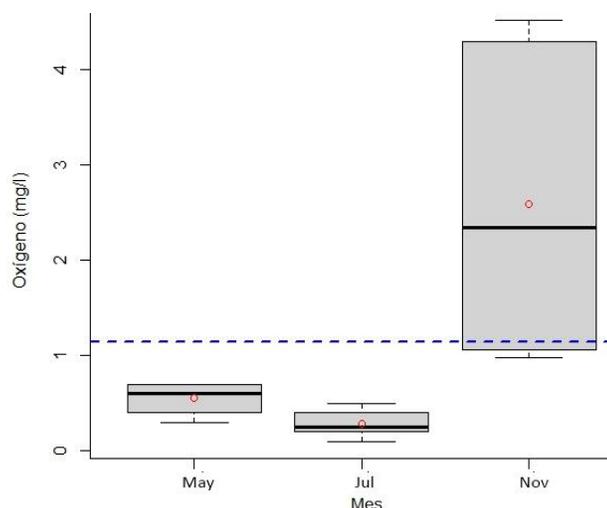
En cuanto a la temperatura anual del agua por zona, en Las Pacas fue donde se registró la temperatura promedio más alta (29.6 °C), mientras que el promedio más bajo fue en El Cobre (25.7 °C). Cabe mencionar que en las zonas de El Portugués, El Cobre y Tarabillas presentaron una gran variedad de temperatura en el transcurso de los meses de muestreo (Fig. 3), sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ( $F_{5,18}=1.03$ ,  $P>0.05$ ) entre zonas de muestreo.



**Figura 3.** Comparación de la temperatura del agua por zona de muestreo en 2022: Paredones Verdes (PV-MeAP), EL Portugués (EP-MaAP), El Cobre (EC-I), Tarabillas (T-MeAP), El Muelle (EM-I) y Las Pacas (LP-MaAP) en BLP. Los círculos rojos (•) representan el promedio.

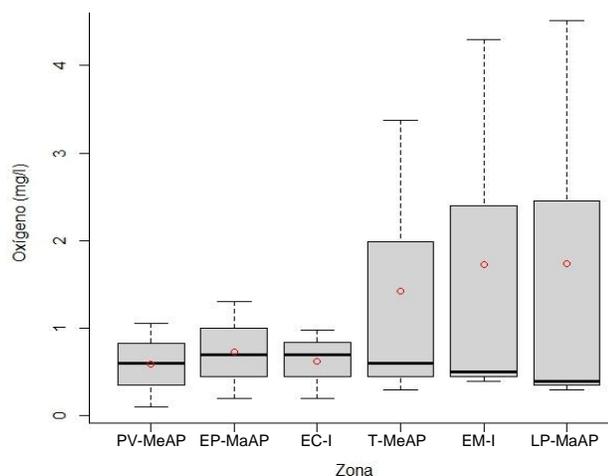
### 7.1.2 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en el agua presentó dentro de BLP, un máximo de 4.52 mg/l fue registrado en el mes de noviembre y un mínimo de 0.1 mg/l en el mes de julio, el promedio anual fue de 1.14 mg/l. (Fig. 4). Por medio de un Kruskal-Wallis se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) siendo noviembre diferente a mayo y julio. Cabe mencionar que en el mes de septiembre si se colectaron datos, pero presentaron anomalías a causa de no estar calibrado el equipo, por lo que se optó por desecharlos para no afectar los registros de los otros meses.



**Figura 4.** Comparación de oxígeno disuelto registrado por mes en BLP. Línea azul (-) contempla el promedio anual y el círculo rojo (•) el promedio de cada mes.

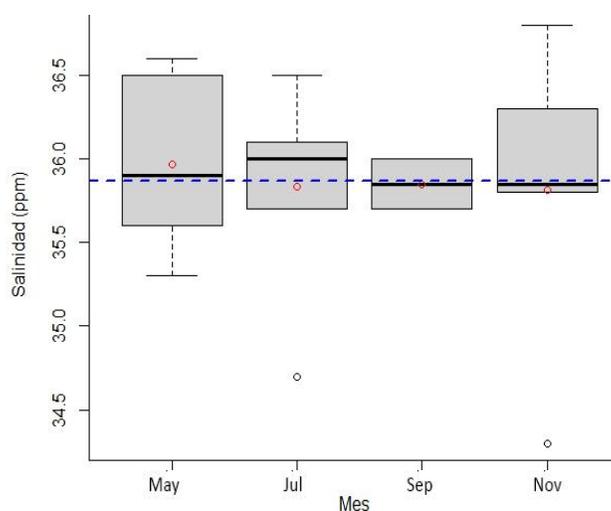
En Las Pacas se registró el valor de mayor concentración de oxígeno disuelto en el agua, con un promedio de 1.74 mg/l, por el contrario, en Paredones Verdes es donde se registró el promedio más bajo (0.58 mg/l) durante el ciclo anual (Fig. 5). No se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) con respecto al oxígeno por zona de muestreo.



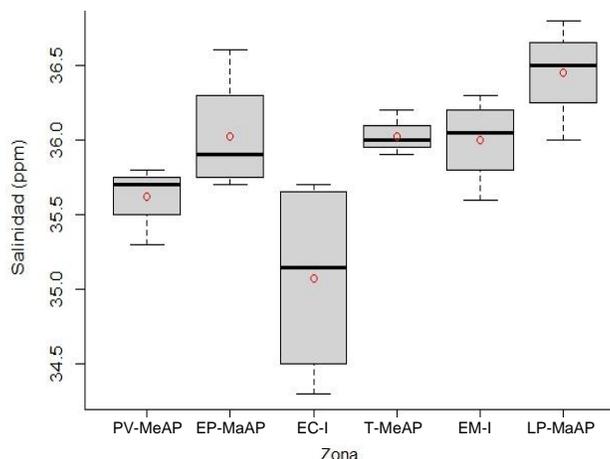
**Figura 5.** Comparación de los datos de oxígeno disuelto por zona de muestreo en BLP. Los círculos rojos (•) representan el promedio.

### 7.1.3 Salinidad

El registro de salinidad más alto que se registró fue de 36.8 ppm, mientras que el registro más bajo fue de 34.3 ppm ambos en el mes de noviembre, el promedio anual fue de 35.86 ppm. (Fig. 6). Por medio de un Kruskal-Wallis, no se encontró diferencia significativa de la salinidad por mes ( $P>0.05$ ). Por otro lado, la salinidad promedio más alta que se registró por zona fue en Las Pacas (36.45 ppm), mientras que en El Cobre con un promedio de 35.07 ppm fue el más bajo (Fig. 7). Con el análisis de Kruskal-Wallis, se encontró diferencia significativa ( $P<0.05$ ) de la concentración de salinidad entre zonas, con la prueba post hoc se determinó que El Cobre difiere con respecto a El Portugués Tarabillas y Las Pacas, mientras que Paredones Verdes difiere con respecto a Tarabillas y Las Pacas.



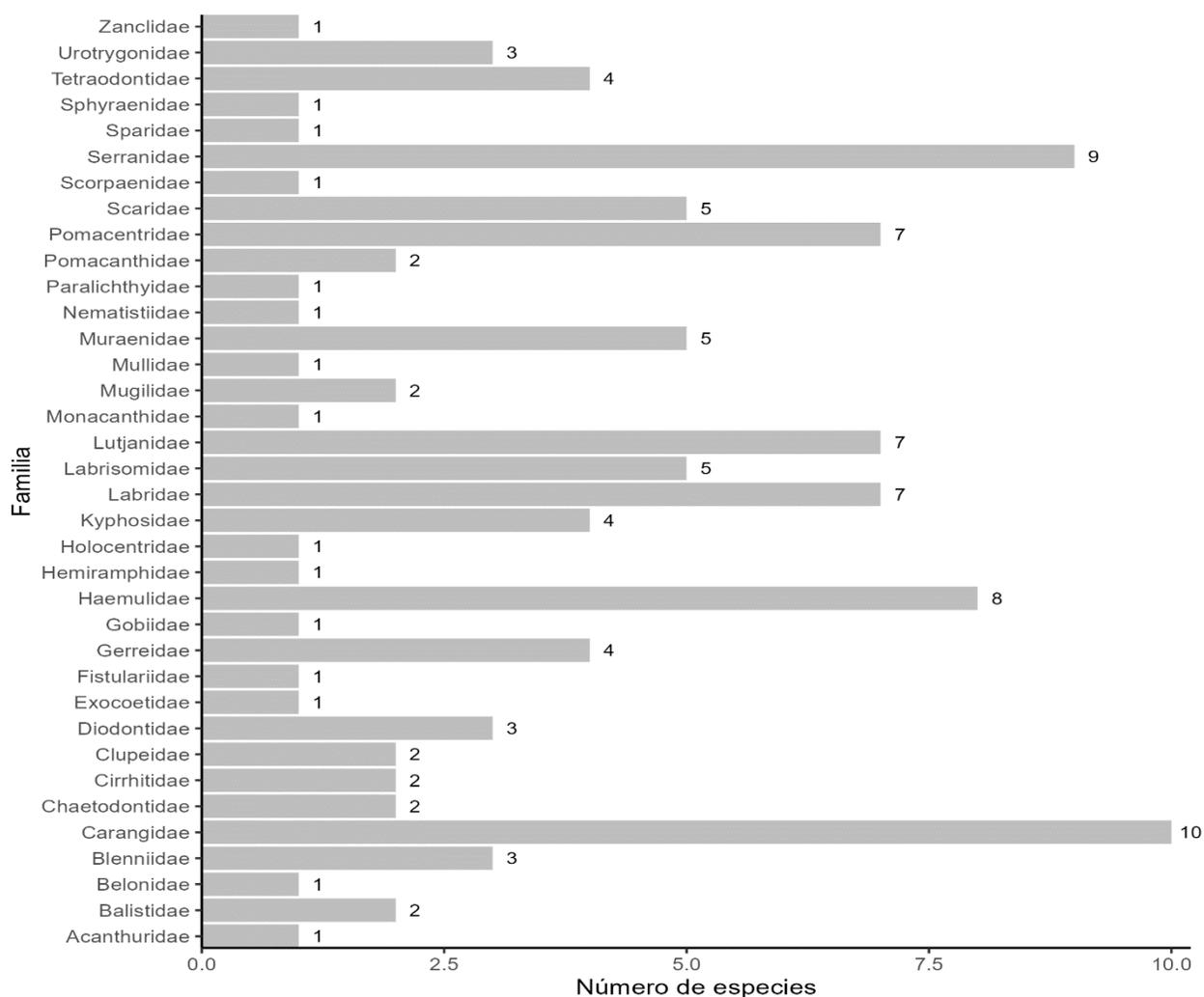
**Figura 6.** Comparación de los datos de salinidad del agua por mes en 2022. Línea azul (-) contempla el promedio anual del agua y el círculo rojo (•) el promedio de cada mes.



**Figura 7.** Comparación de los datos de salinidad, tomados del agua por zona de muestreo en BLP. Los círculos rojos (•) representan el promedio.

## 7.2 Elenco sistemático de peces

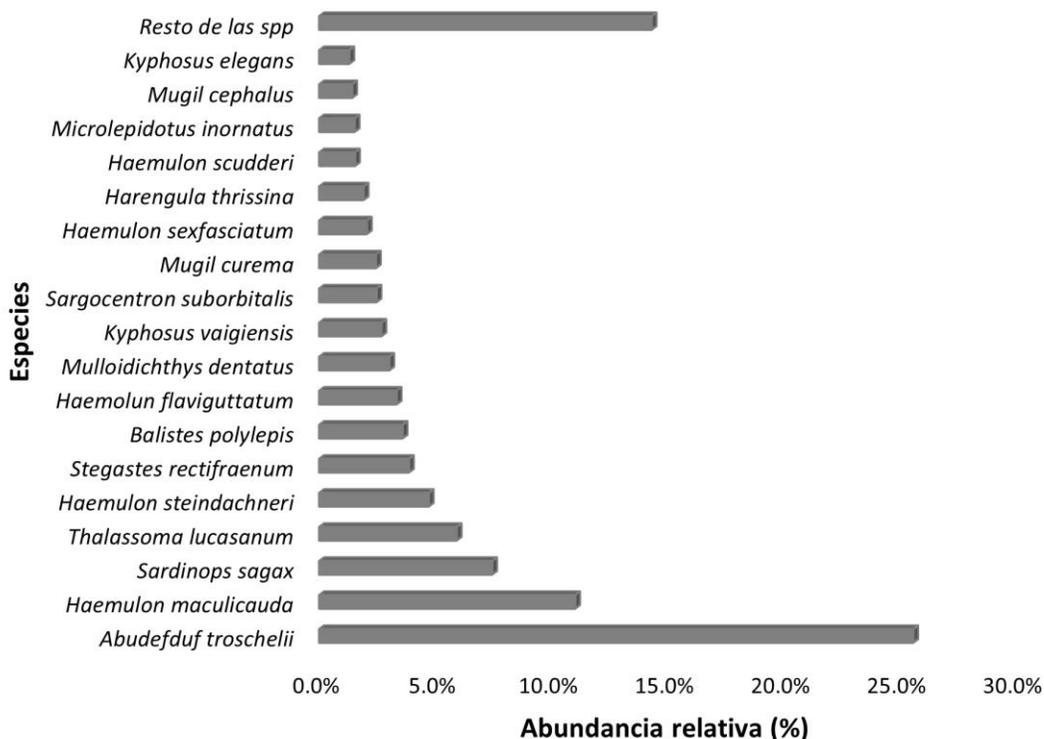
Durante los censos realizados en el presente estudio, se contabilizó un total de 27, 561 organismos (13, 138 adultos y 14, 423 juveniles) en BLP, los cuales pertenecen a dos clases, 11 órdenes, 36 familias, 74 géneros y 111 especies (Anexo A). En cuanto a las familias que tuvieron mayor representación en especies fueron: Carangidae con 10 especies, Serranidae con 9 especies y 8 especies de la familia Haemulidae (Fig. 8).



**Figura 8.** Número de especies de peces registrados por cada familia durante los muestreos de 2022.

### 7.3 Abundancia relativa (AR)

De manera general en términos de abundancia relativa, las familias mejor representadas fueron: Pomacentridae (30.5 %), Haemulidae (24.7 %) y Clupeidae (9.3 %) sumando el 64.5 % del total, mientras que las 33 familias restantes conformaron el 35.5 % de la abundancia relativa. Entre las especies de estas familias se encuentra *Abudefduf troschelii* quien fue la especie más representativa (25.5 %), seguida de *Haemulon maculicauda* (11 %), *Sardinops sagax* (7.4 %) y *Thalassoma lucasanum* (5.9 %). Estas 4 especies junto con otras 14 que oscilaron de 1 a 4.9 % de abundancia relativa, representan el 85.7 % del total, mientras que las 93 especies restantes representan el 14.3 % (Fig. 9).

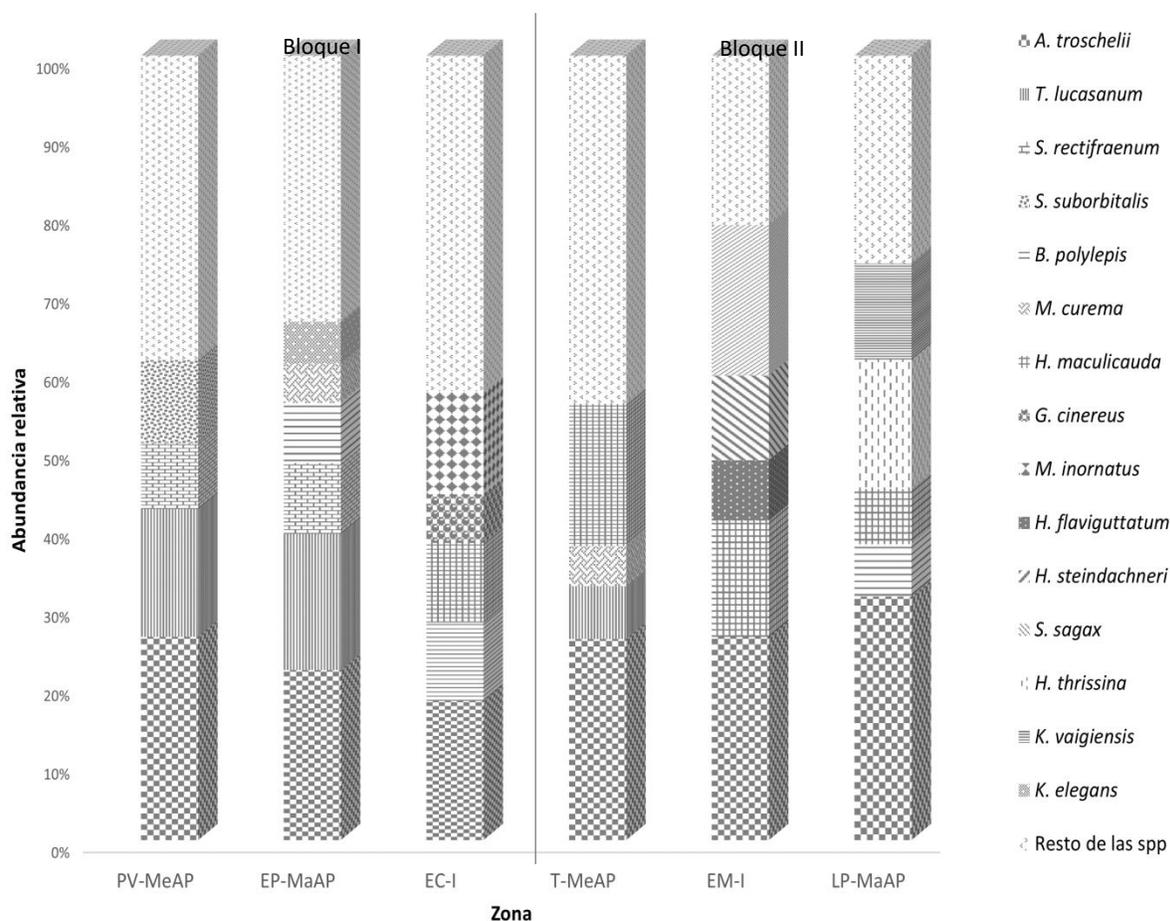


**Figura 9.** Abundancia relativa de especies de peces registradas en BLP, se consideró de forma independiente a las especies con abundancia mayor a 1 %, mientras que las demás especies por debajo de este porcentaje se integró como resto de las spp (93 spp).

Dentro del bloque I, se tomaron como referencia las especies con el 5 % o más de abundancia relativa. Paredones Verdes fue catalogado como la zona con menor actividad pesquera (PV-MeAP), las especies más abundantes fueron: *A. troschelii* (25.9 %), *T. lucasanum* (16.3 %), *Sargocentron suborbitalis* (10.5 %) y *Stegastes rectifraenum* (8.4 %). El Portugués como la zona de mayor actividad pesquera (EP-MaAP), las especies fueron: *A. troschelii* (21.6 %), *T. lucasanum* (17.3 %), *S. rectifraenum* (9 %), *Balistes polylepis* (7.6 %), *Kyphosus elegans* (5.3 %) y *Mugil curema* (5 %). Por último, El Cobre como la zona industrial (EC-I), con las especies: *A. troschelii* (17.7 %), *Microlepidotus inornatus* (13.2 %), *H. maculicauda* (10.1 %), *B. polylepis* (9.9 %) y *Gerres cinereus* (6.1 %) (Fig. 10).

Por su parte en el bloque II (replica) Tarabillas como la zona de menor actividad pesquera (T-MeAP), las especies más abundantes fueron: *A. troschelii* (25.63 %), *H. maculicauda* (18.1 %), *T. lucasanum* (6.7 %) y *M. curema* (5 %). En el Muelle como la zona industrial (EM-I), fueron las

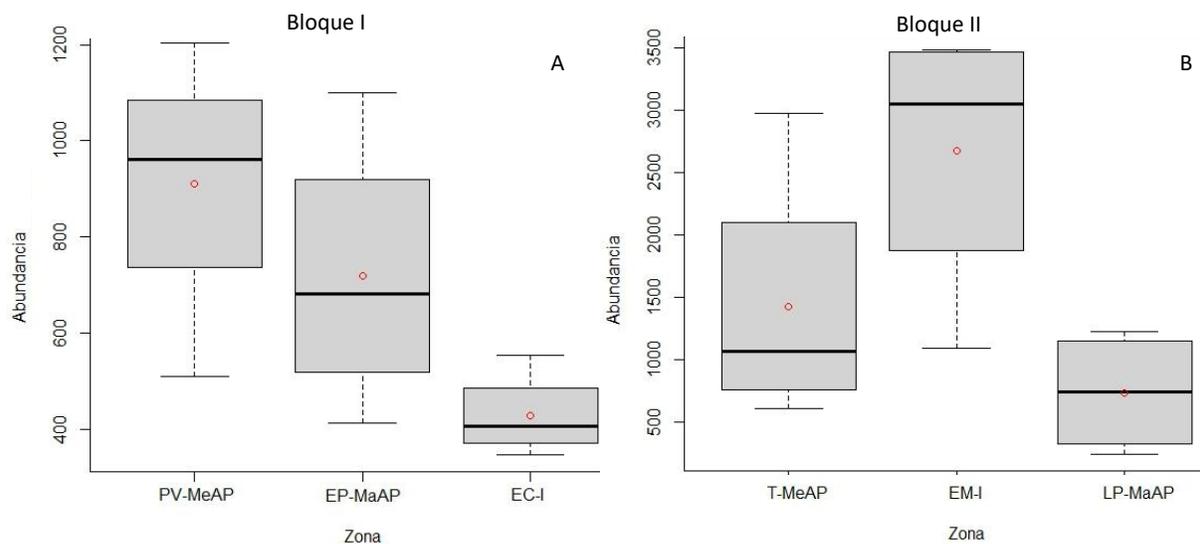
especies: *A. troschelii* (25.9 %), *S. sagax* (19.1 %), *H. maculicauda* (14.8 %), *Haemulon steindachneri* (10.8 %) y *H. flaviguttatum* (7.6 %) las más abundantes. Por último, Las Pacas como la zona de mayor actividad pesquera (LP-MaAP) las especies fueron: *A. troschelii* (32 %), *Harengula thrissina* (17 %), *Kyphosus vaigiensis* (12.6 %) *H. maculicauda* (7.2 %) y *B. polylepis* (6.8 %) (Fig. 10).



**Figura 10.** Abundancia relativa (%) de peces asociados a arrecifes rocosos por cada zona censada en 2022 dentro de BLP.

La abundancia de peces en PV-MeAP fue de 3, 638 organismos ( $\bar{X}= 910$ ), en EP-MaAP se contaron 2, 875 organismos ( $\bar{X}= 719$ ) y por último en EC-I fueron 1, 713 organismos ( $\bar{X}= 418$ ). Por medio de un ANOVA se determinó que hubo diferencias significativas ( $F_{2,9}=4.03$ ,  $P< 0.05$ ), y con la prueba post hoc de Tukey (comparación de par en par), se encontró que entre las zonas PV-MeAP y EC-I hay diferencias, sin embargo, en la combinación de EP-MaAP y EC-I, así como PV-MeAP y EP-MaAP no hay diferencias ( $F_{2,9}=4.03$ ,  $P> 0.05$ ) (Fig. 11a).

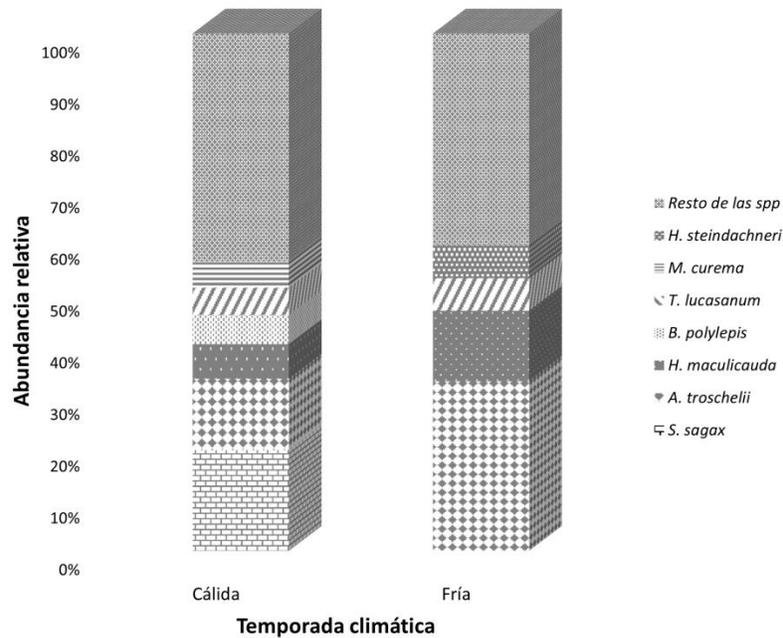
De igual forma la abundancia de peces registrada en T-MeAP fue de 5, 710 organismos ( $\bar{X} = 1, 428$ ), en EM-I se registraron 10, 691 organismos ( $\bar{X} = 2, 673$ ) y en LP-MaAP fueron 2, 934 organismos ( $\bar{X} = 734$ ). Por medio del ANOVA se encontraron diferencias significativas ( $F_{2,9}=4.3, P < 0.05$ ) siendo EM-I superior a LP-MaAP (Fig. 11b).



**Figura 11.** Abundancia de peces asociados a los arrecifes rocosos por zona de cada bloque. El círculo rojo (•) es el promedio de cada zona.

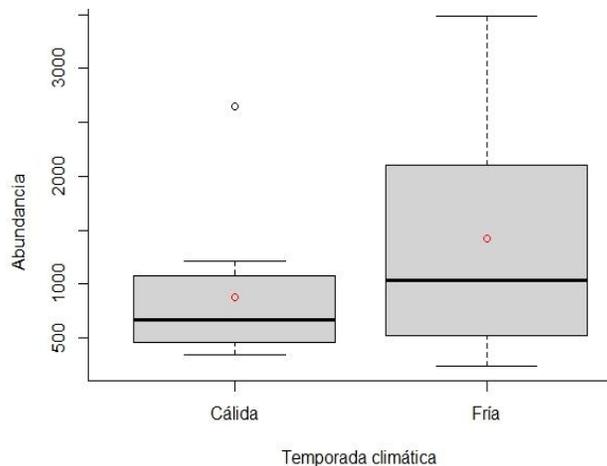
### 7.3.1 Abundancia relativa por temporada climática

Para la temporada cálida *S. sagax* (19.4 %), *A. troschellii* (13.7 %), *H. maculicauda* (6.6 %), *B. polylepis* (5.6 %), *T. lucasanum* (5.2 %) y *M. curema* (5 %) fueron las especies más abundantes (Fig. 12), en conjunto con otras 11 especies que su abundancia relativa osciló entre los rangos de 1 a 4.9 %, representaron el 83.6 % del total, mientras que el 11.4 % restante se conformó por las demás especies (71 spp). En cuanto a la temporada fría las especies *A. troschellii* (32.8 %), *H. maculicauda* (13.6 %), *H. steindanchneri* (6.4 %) y *T. lucasanum* (6.3 %) que fueron las especies más abundantes (Fig.12), en conjunto con otras 12 especies con registros de abundancia igual a las de la temporada cálida (1 – 4.9 %), representando el 88.5 % del total, mientras que el 11.5 % restante se integró por las otras 89 especies.



**Figura 12.** Abundancia relativa (%) de peces asociados a los arrecifes rocosos por temporada climática en 2022, dentro de BLP.

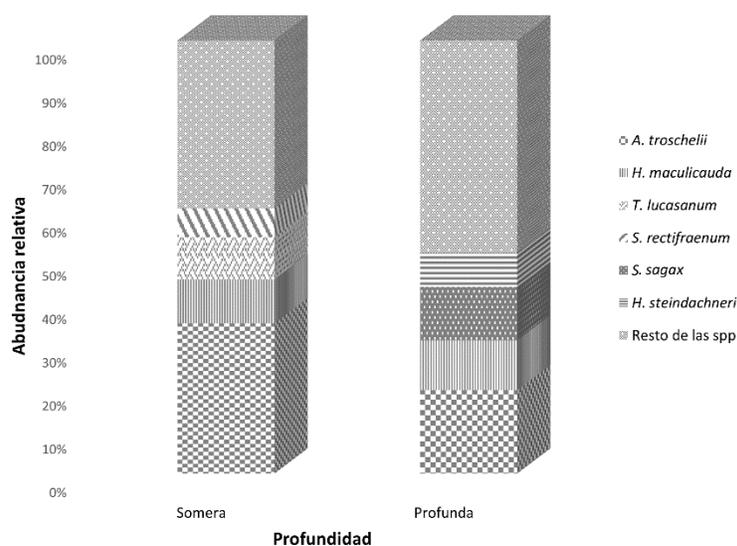
La abundancia de peces registrada en la temporada cálida fue de 10, 551 organismos ( $\bar{X} = 879$ ), mientras que en la temporada fría se registraron 17, 010 organismos ( $\bar{X} = 1,418$ ). Con una prueba de T-student se comprobó que no hubo diferencia significativa ( $t_{16.5} = -1.3$ ,  $P > 0.05$ ) entre abundancia por temporada climática (Fig. 13).



**Figura 13.** Abundancia de peces asociados a arrecifes los rocosos por temporada durante 2022 en BLP. El círculo rojo (•) es el promedio de cada temporada.

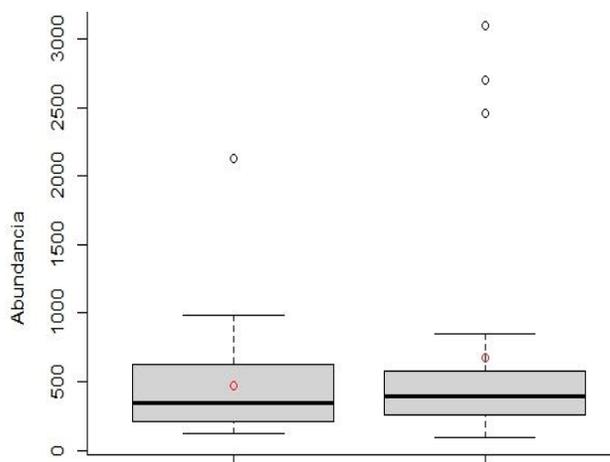
### 7.3.2 Abundancia relativa por profundidad

En cuanto a la abundancia general de la parte somera (1-2 m) *A. troschelii* (34.6 %), *H. maculicauda* (10.2 %), *T. lucasanum* (9.7 %) y *S. rectifraenum* (6.6%) fueron las especies más abundantes (Fig. 14), en conjunto con las otras 12 especies que su abundancia relativa osciló entre los rangos de 1 a 4.9 %, representativo del 87.1 % del total, mientras que 12.9 % restante se conformó por las demás especies (66). En ése mismo sentido en la parte profunda (4 - 6 m) *A. troschelii* (19.2 %), *S. sagax* (12.3 %), *H. maculicauda* (11.5 %) y *H. steindachneri* (7.8 %) fueron las especies más abundantes (Fig. 14), con una aportación en conjunto con otras 13 especies con abundancia relativa igual a las de la temporada cálida (1 – 4.9 %) representó el 86.6 % del total, mientras que el 13.4 % restante se integró por las demás especies (79).



**Figura 14.** Abundancia relativa (%) de las especies de peces por profundidad en BLP en el año 2022.

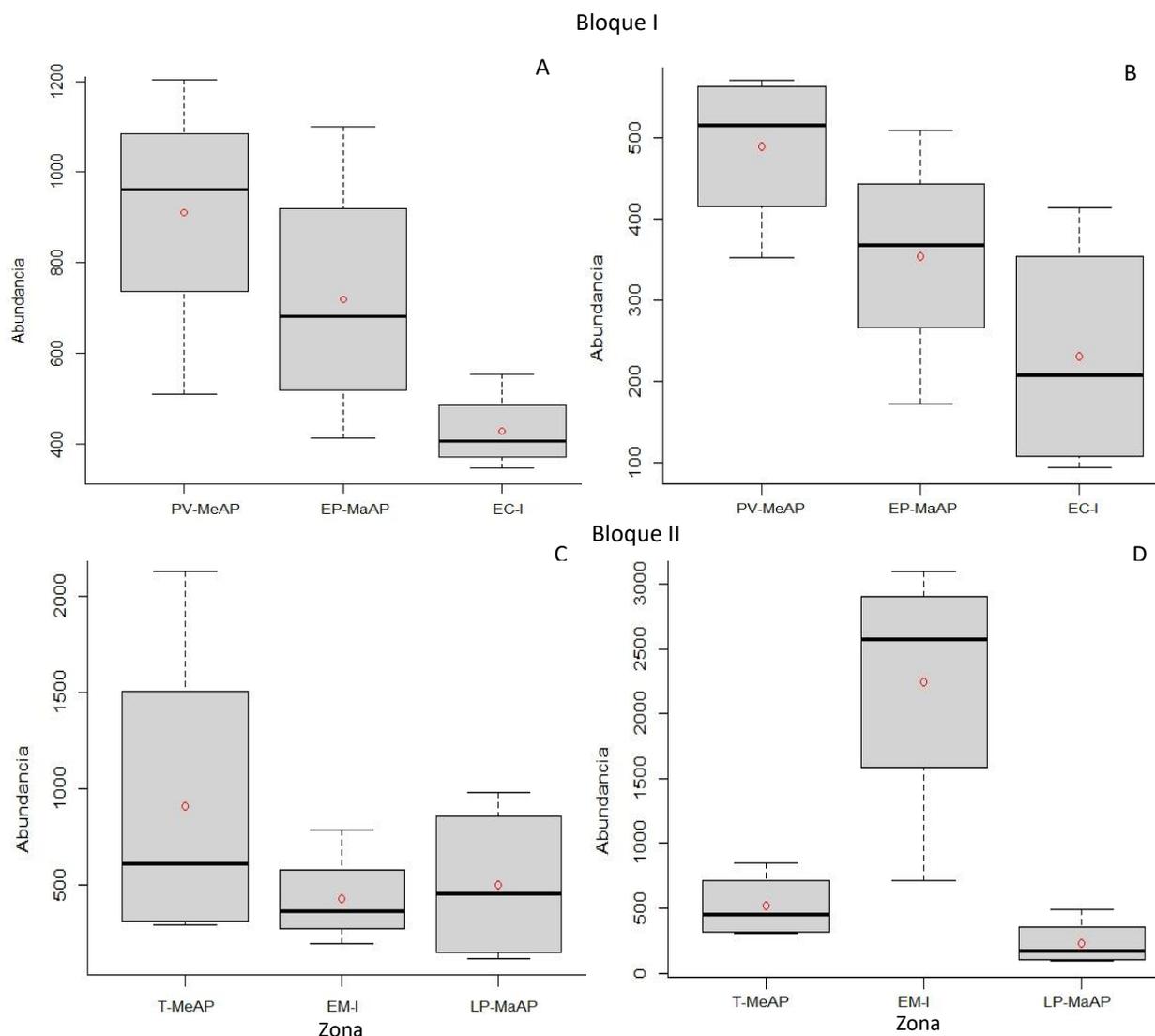
La abundancia de peces registrada en la parte somera fue de 11, 314 organismos ( $\bar{X} = 471$ ), por otro lado, en la parte profunda se contabilizaron 16, 247 organismos ( $\bar{X} = 677$ ). Por medio de la prueba de T-student se comprobó que no hubo diferencia significativa ( $t_{34.6}=1.07$ ,  $P > 0.05$ ) de la abundancia por profundidad (Fig. 15).



**Figura 15.** Abundancia de las especies de peces por profundidad en BLP en el año 2022. El círculo rojo (•) es el promedio de cada profundidad.

La abundancia de peces en la parte somera en PV-MeAP fue de 1, 684 organismos ( $\bar{X} = 421$ ), en EP-MaAP se contabilizaron 1, 457 organismos ( $\bar{X} = 364$ ) y por último en EC-I fueron 789 organismos ( $\bar{X} = 197$ ). Mientras que en la parte profunda en PV-MeAP fue de 1, 954 organismos ( $\bar{X} = 488$ ), en EP-MaAP se contaron 1, 418 organismos ( $\bar{X} = 354$ ) y por último en EC-I fueron 924 organismos ( $\bar{X} = 231$ ). En ambas profundidades no manifestó diferencia significativa ( $F_{2,9}=2.1, P > 0.05$ ) entre zonas de acuerdo con el análisis (Fig. 16a y b).

De igual forma, la abundancia de peces registrada en la parte somera en T-MeAP fue de 3, 650 organismos ( $\bar{X} = 912$ ), en EM-I se registraron 1, 718 organismos ( $\bar{X} = 430$ ) y en LP-MaAP fueron 2, 015 organismos ( $\bar{X} = 504$ ). Mientras que en la parte profunda en T-MeAP fue de 2, 059 organismos ( $\bar{X} = 515$ ), en EM-I se registraron 8, 973 organismos ( $\bar{X} = 2, 244$ ) y en LP-MaAP fueron 919 organismos ( $\bar{X} = 230$ ). En la parte somera no se encontró diferencia significativa ( $F_{2,9}=0.8, P > 0.05$ ), sin embargo, en la parte profunda si hubo diferencias ( $F_{2,9}=11.8, P < 0.05$ ), en este caso, EM-I fue diferente con respecto a las otras dos zonas (Fig. 16c y d).

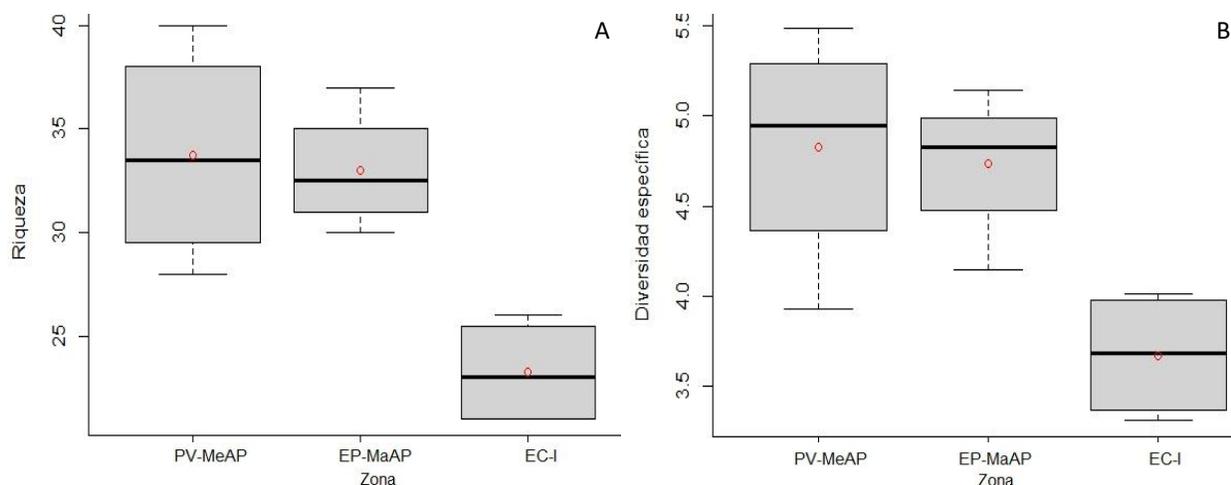


**Figura 16.** Abundancia de peces en la parte somera (A) - profunda (B) de las zonas del bloque I y zonas del bloque II somera (C) - profunda (D). El círculo rojo (•) es el promedio de cada zona.

#### 7.4 Riqueza específica (D')

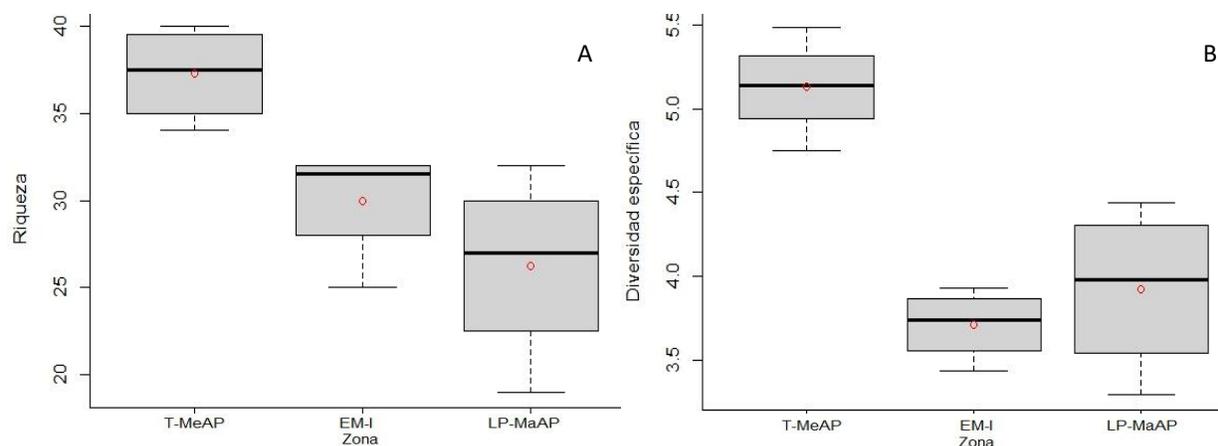
La riqueza específica total fue de 111 especies (Anexo I), de las cuales 60 spp ( $X = 34$ ) se identificaron en PV-MeAP1, 63 spp ( $X = 33$ ), en EP-MaAP y 51 spp ( $X = 23$ ) en EC-I. Se encontró una diferencia significativa ( $F_{2,9}=9.3$ ,  $P < 0.05$ ), siendo EC-I diferente a PV-MeAP y EP-MaAP (Fig. 17a). Con respecto al índice diversidad específica de Margalef (D') y siguiendo el mismo orden para PV-MeAP con un promedio de  $D' = 4.82$ , para EP-MaAP un promedio  $D' = 4.75$  y para EC-I un promedio de  $D' = 3.6$ . Tomando en cuenta los valores del mismo índice para conocer la diversidad por zona (<2 zona baja; >5 zona alta), las tres zonas se consideran como normales en diversidad,

pero al mismo tiempo se registró una diferencia significativa, donde EC-I es diferente a PV-MeAP y EP-MaAP ( $F_{2,9}=6.6$ ,  $P < 0.05$ ) (Fig. 17b).



**Figura 17.** Riqueza específica (A) e índice de diversidad específica de Margalef (B) de las zonas del bloque I.

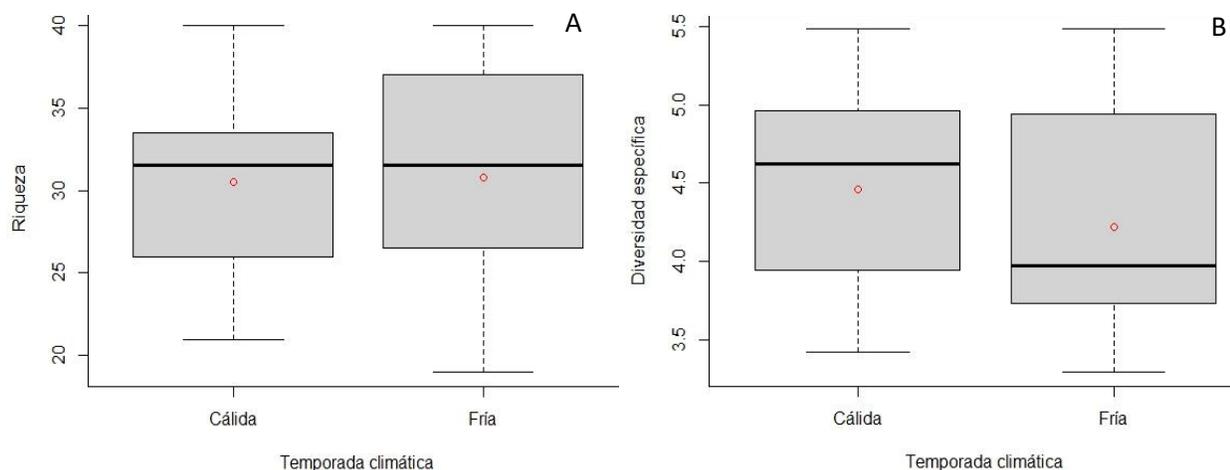
En cuanto a las zonas del bloque II se registraron 65 spp ( $\bar{X} = 38$ ) en T-MeAP, 58 spp ( $\bar{X} = 30$ ) en EM-I y 50 spp ( $\bar{X} = 26$ ) LP-MaAP. De igual forma se encontraron diferencias significativas ( $F_{2,9}=8.2$ ,  $P < 0.05$ ), siendo únicamente distinta LP-MaAP de T-MeAP (Fig. 18a). Con respecto al índice de diversidad específica de Margalef, para T-MeAP se obtuvo un promedio de  $D' = 5.16$ , para EM-I un promedio de  $D' = 3.7$  y para LP-MaAP un promedio de  $D' = 3.9$ , siendo T-MeAP la única zona con alta diversidad con diferencias significativas ( $F_{2,9}=19$ ,  $P < 0.05$ ), donde T-MeAP fue diferente a EM-I y LP-MaAP (Fig. 18b).



**Figura 18.** Riqueza específica (A) e índice de diversidad específica de Margalef (B) de las zonas del bloque II

#### 7.4.1 Riqueza específica por temporada climática

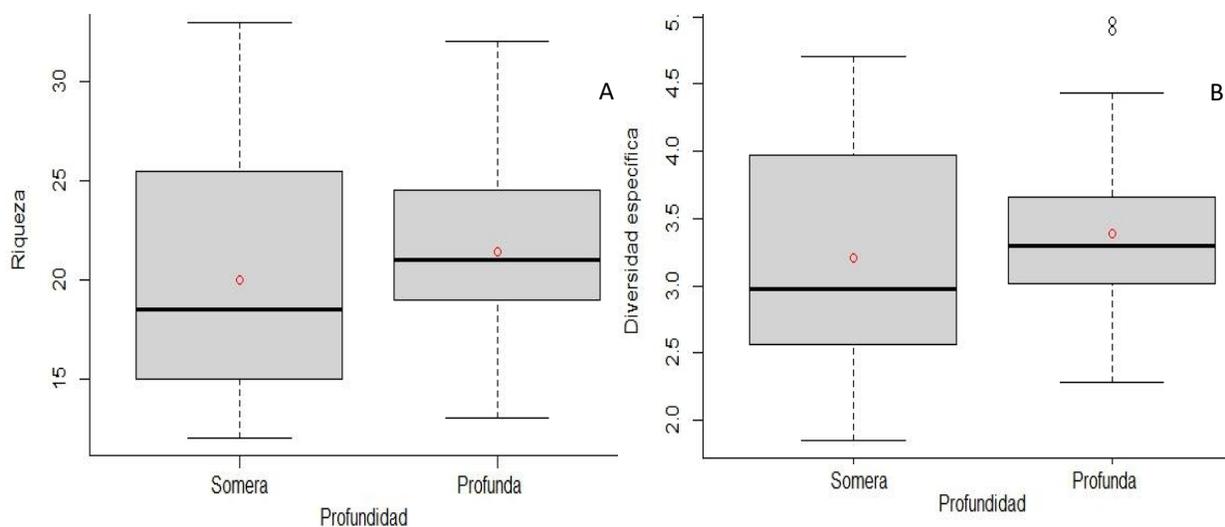
En la temporada cálida se registró una riqueza de especies con un total de 88 spp ( $\bar{X} = 31$ ), mientras que en la fría un total de 89 spp ( $\bar{X} = 31$ ). En cuanto a la diversidad específica en la temporada cálida se obtuvo un promedio de  $D' = 4.46$  y en la temporada fría un promedio de  $D' = 4.2$ , ambas presentaron una diversidad normal. Tanto para la riqueza y como para diversidad específica, no se encontraron diferencias significativas ( $t_{20} = -0.1$ ,  $P > 0.05$ ) por temporada (Fig. 19a y b).



**Figura 19.** Riqueza específica de especies (A) e índice de diversidad específica de Margalef (B) registrados por temporada en BLP, durante el año 2022.

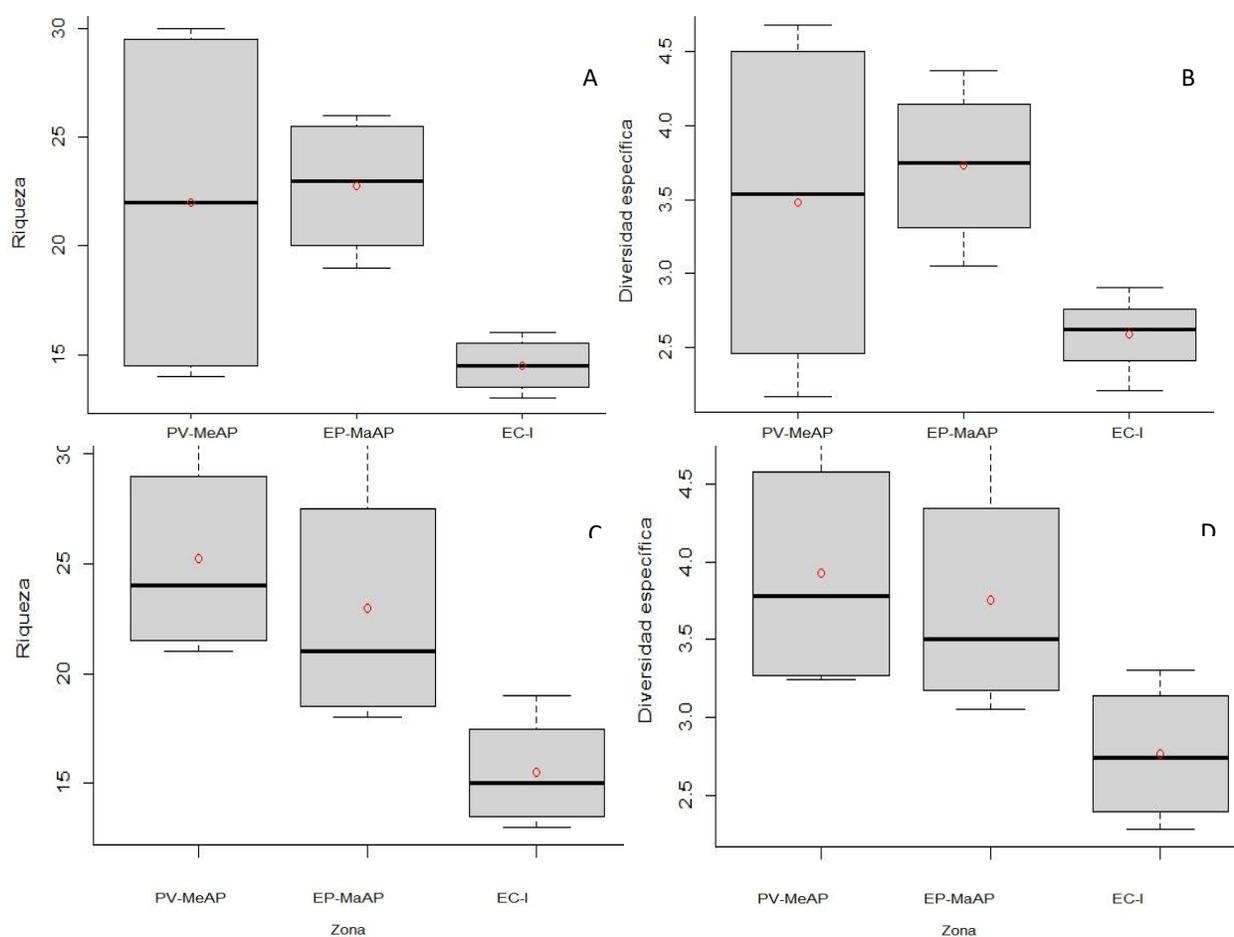
#### 7.4.2 Riqueza de especies por profundidad

En cuanto a la riqueza por profundidad, en la parte somera se identificaron 82 spp ( $\bar{X} = 20$ ), con un promedio de  $D' = 3.2$ , mientras que en la parte profunda se identificaron 96 spp ( $\bar{X} = 21.4$ ), con un promedio de  $D' = 3.39$ , ambas fueron consideradas como zonas de diversidad normal. Sin embargo, no hubo diferencias significativas ( $t_{44.1} = 0.88$ ,  $P > 0.05$ ) entre profundidades (Fig. 20a y b).



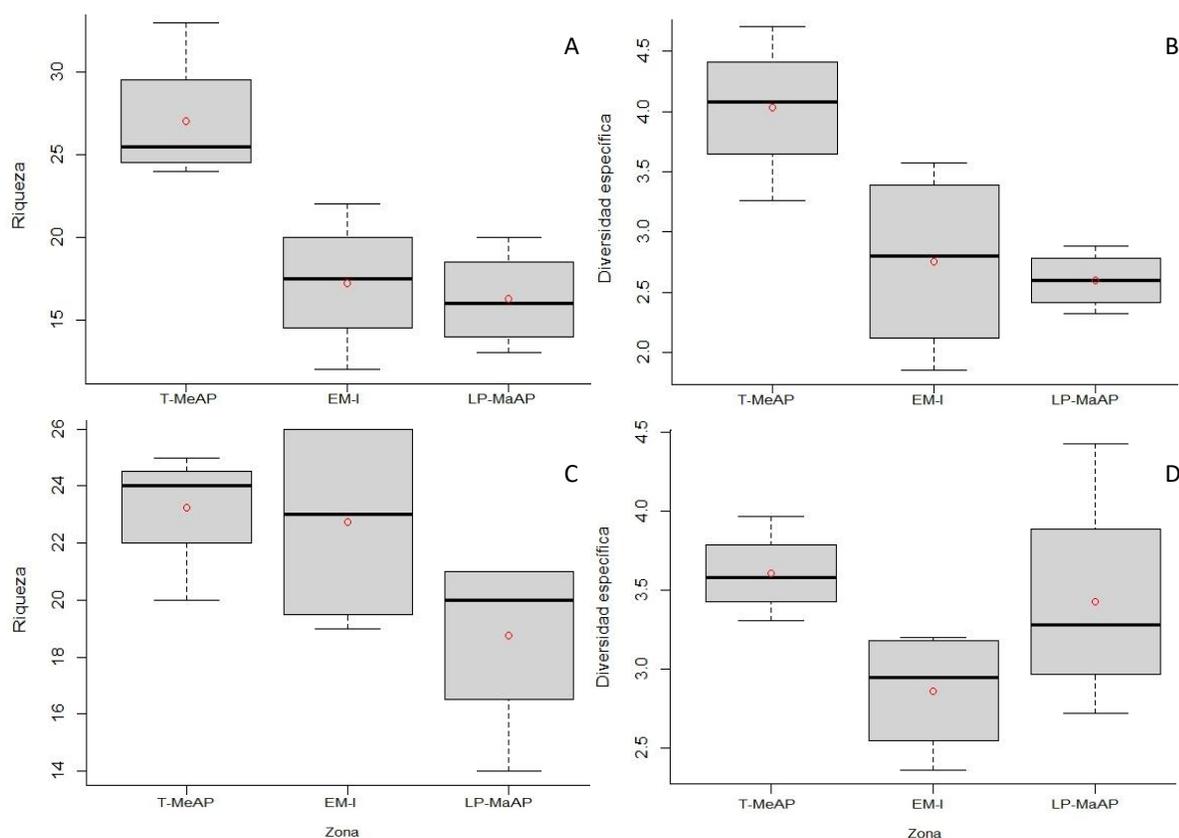
**Figura 20.** Riqueza específica de especies (A) e índice de diversidad específica de Margalef (B) registrados por profundidad en BLP, durante el año 2022.

Las especies registradas en la parte somera por zona del bloque I fue de 39 spp ( $\bar{X} = 22$ ) en PV-MeAP, 46 spp ( $\bar{X} = 23$ ) en EP-MaAP y 34 spp ( $\bar{X} = 15$ ) en EC-I, sin encontrar una diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) de riqueza entre las zonas. En cuanto al índice de diversidad específica se obtuvo en PV-MeAP un promedio  $D' = 3.72$ , en EP-MaAP un promedio de  $D' = 3.72$  y en EC-I un promedio de  $D' = 2.59$ , tampoco hubo diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) (Fig. 21a y b). Mientras que, en la parte profunda las especies registradas en PV-MeAP fueron de 51 spp ( $\bar{X} = 25$ ) en EP-MaAP fueron 51 spp ( $\bar{X} = 23$ ) y en EC-I fueron 35 spp ( $\bar{X} = 16$ ), se encontró diferencia significativa ( $F_{2,9} = 4.3$ ,  $P < 0.05$ ), donde PV-MeAP tiene mayor riqueza de especies en comparación con EC-I. En cuanto al índice de diversidad específica en PV-MeAP se registró un promedio de  $D' = 3.92$ , en EP-MaAP un promedio de  $D' = 3.75$  y en EC-I un promedio de  $D' = 2.76$ , no se encontraron diferencias significativas ( $F_{2,9} = 2.9$ ,  $P > 0.05$ ) (Fig. 21c y d).



**Figura 21.** Riqueza específica de especies (A) e índice de diversidad específica de Margalef (B) registrados en la parte somera y riqueza específica de especies (C) e índice de diversidad específica de Margalef (D) de las zonas en la parte profunda del bloque I.

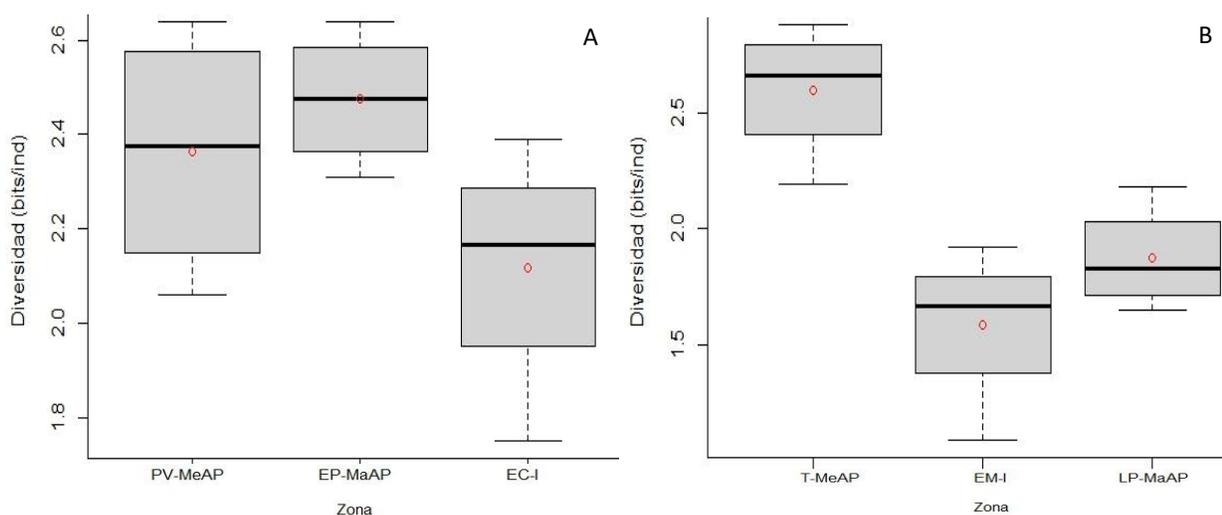
Las especies registradas en la parte somera por zona del bloque II fue de 50 spp ( $\bar{X} = 27$ ) en T-MeAP, 40 spp ( $\bar{X} = 17$ ) en EM-I y 32 spp ( $\bar{X} = 16$ ) en LP-MaAP, se encontró diferencia significativa ( $F_{2,9} = 10.7$ ,  $P < 0.05$ ) siendo T-MeAP la zona con mayor riqueza con respecto a las otras dos zonas. En cuanto al índice de diversidad específica en T-MeAP se obtuvo un promedio de  $D' = 4.07$ , en EM-I un promedio de  $D' = 2.75$  y en LP-MaAP el promedio fue de  $D' = 2.59$ . Además, se encontró una diferencia significativa ( $F_{2,9} = 7.6$ ,  $P < 0.05$ ), donde T-MeAP tuvo mayor diversidad con respecto a las otras dos zonas (Fig. 22a y b). Mientras que, en la parte profunda las especies registradas en T-MeAP fueron 47 spp ( $\bar{X} = 23$ ), en EM-I fueron 48 spp ( $\bar{X} = 18$ ) y en LP-MaAP fueron 42 spp ( $\bar{X} = 23$ ), no se encontró diferencia significativa ( $F_{2,9} = 2.4$ ,  $P > 0.05$ ) de riqueza entre las zonas. En cuanto al índice de diversidad específica en T-MeAP se obtuvo un promedio de  $D' = 3.6$ , en EM-I se obtuvo un promedio de  $D' = 2.86$  y en LP-MaAP se obtuvo un promedio de un  $D' = 3.42$ . No se encontró una diferencia significativa ( $F_{2,9} = 2.4$ ,  $P > 0.05$ ) con respecto a la parte profunda entre zonas (Fig. 22c y d).



**Figura 22.** Riqueza específica de especies (A) e índice de diversidad de Margalef (B) registrados en las zonas en la parte somera y riqueza específica de especies (C) e índice de diversidad de Margalef (D) de las zonas en la parte profunda del bloque II.

## 7.5 Índice de diversidad de Shannon-Weaver ( $H'$ )

Este índice permite determinar la diversidad de especies que se encuentran en una comunidad y un momento determinado. En este sentido, la diversidad de peces en BLP registrada en este estudio fue de  $H' = 3.05$  bits/ind., tomando en consideración su regla donde la escala va de 0.5 a 5 ( $2 <$  diversidad baja,  $>3$  diversidad alta), por lo que en la diversidad de BLP es alta. Se encontró para la diversidad en general por zona, que en PV-MeAP obtuvo un promedio de  $H' = 2.36$  bits/ind, en EP-MaAP un promedio de  $H' = 2.47$  bits/ind y en EC-I un promedio de  $H' = 2.11$  bits/ind. En cuanto a la diversidad por zona del bloque I, no se encontró diferencia significativa ( $F_{2,9} = 2.5$ ,  $P > 0.05$ ) en cuanto a la diversidad por zona del bloque I (Fig. 23a). Mientras que en T-MeAP se obtuvo un promedio de  $H' = 2.59$  bits/ind, en EM-I un promedio de  $H' = 1.58$  bits/ind y en LP-MaAP un promedio de  $H' = 1.87$  bits/ind. Se encontró una diferencia significativa ( $F_{2,9} = 12.4$ ,  $P < 0.05$ ), siendo T-MeAP la zona con mayor diversidad, con respecto a las otras dos (Fig. 23b).

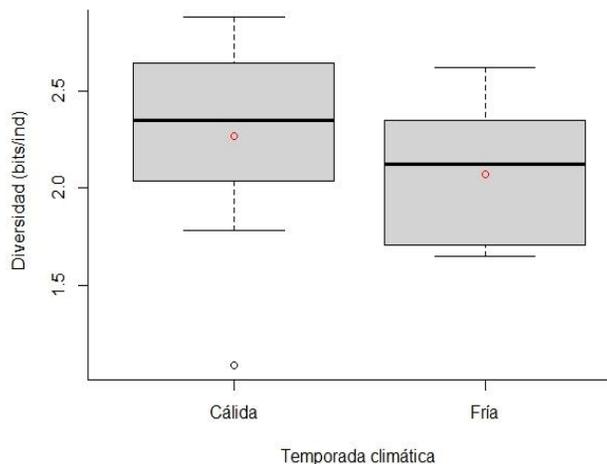


**Figura 23.** Diversidad general de especies en las zonas del bloque I (A) y bloque II (B).

### 7.5.1 Diversidad de especies por temporada climática

Tomando como variable a la temporada climática se encontró que, en la época cálida se obtuvo un promedio de  $H' = 2.26$  bits/ind, mientras que en la época fría un promedio de  $H' = 2.07$  bits/ind.,

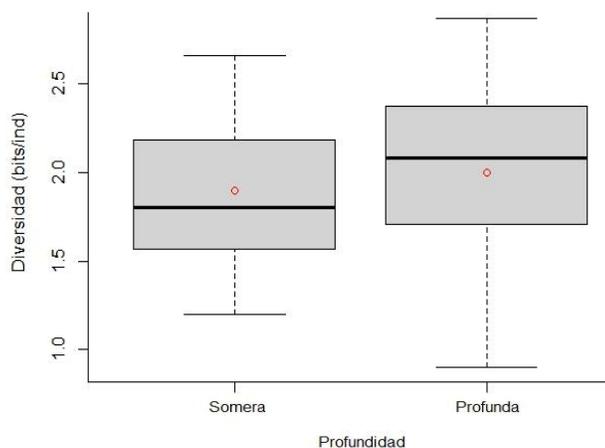
sin embargo, no se encontró una diferencia significativa entre ambas temporadas ( $t_{19,3} = 1.1$ ,  $P > 0.05$ ) (Fig. 24).



**Figura 24.** Diversidad general de especies por temporada climática en BLP, durante el año 2022.

### 7.5.2 Diversidad de especies por profundidad

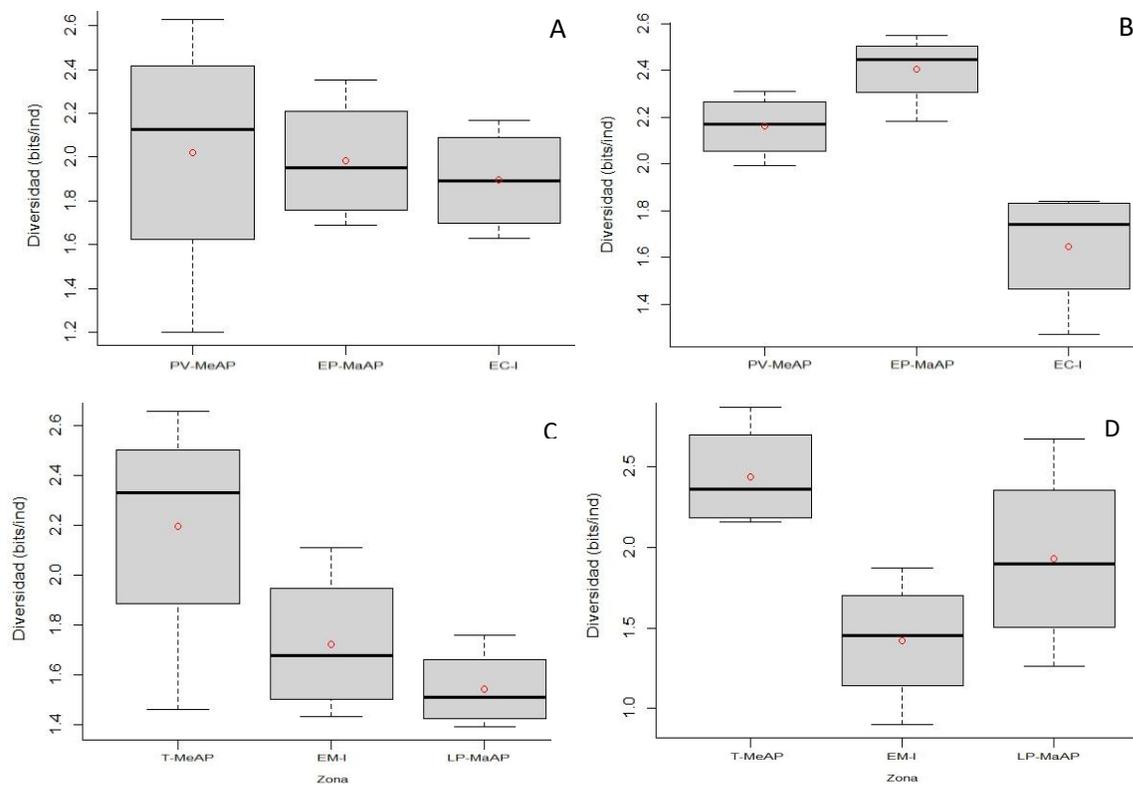
El análisis de la diversidad de peces de manera general por profundidad, tenemos en la parte somera un promedio de  $H' = 1.89$  bits/ind, mientras que en la parte profunda un promedio de  $H' = 2$  bits/ind. Sin embargo, no se encontró una diferencia significativa de la diversidad de especies ( $t_{44,2} = .8$ ,  $P > 0.05$ ), entre las dos profundidades (Fig. 25).



**Figura 25.** Diversidad general de especies de peces por profundidad en BLP, durante el año 2022.

En ese mismo sentido, en la parte somera por zona, se obtuvo para PV-MeAP un promedio de  $H' = 2.02$  bits/ind, en EP-MaAP un promedio de  $H' = 1.98$  bits/ind y en EC-I un promedio de  $H' = 1.89$  bits/ind. No se encontró diferencia significativa ( $F_{2,9} = 0.1$ ,  $P > 0.05$ ) en cuanto a la diversidad por zona (Fig. 26a). Mientras que en la parte profunda se obtuvo para PV-MeAP promedio de  $H' = 2.16$  bits/ind, en EP-MaAP un promedio de  $H' = 2.45$  bits/ind y en EC-I un promedio de  $H' = 1.64$  bits/ind., se encontró una diferencia significativa ( $F_{2,9} = 2$ ,  $P < 0.05$ ) entre zonas, siendo PV-MeAP y EP-MaAP con mayor diversidad de peces respecto a EC-I (Fig. 26b).

Por otro lado, en la parte somera se obtuvo en T-MeAP un promedio de  $H' = 2.2$  bits/ind, en EM-I un promedio de  $H' = 1.72$  bits/ind y en LP-MaAP un promedio de  $H' = 1.54$  bits/ind. No se encontró diferencia significativa ( $F_{2,9} = 3.6$ ,  $P > 0.05$ ) en la diversidad a esta profundidad (26c). Mientras que en la parte profunda se obtuvo en T-MeAP un promedio  $H' = 2.43$  bits/ind, en EM-I un promedio de  $H' = 1.42$  bits/ind y en LP-MaAP un promedio de  $H' = 1.93$  bits/ind. En este caso si se encontró una diferencia significativa ( $F_{2,9} = 5$ ,  $P < 0.05$ ), donde T-MeAP es más diverso con que EM-I (Fig. 26d).

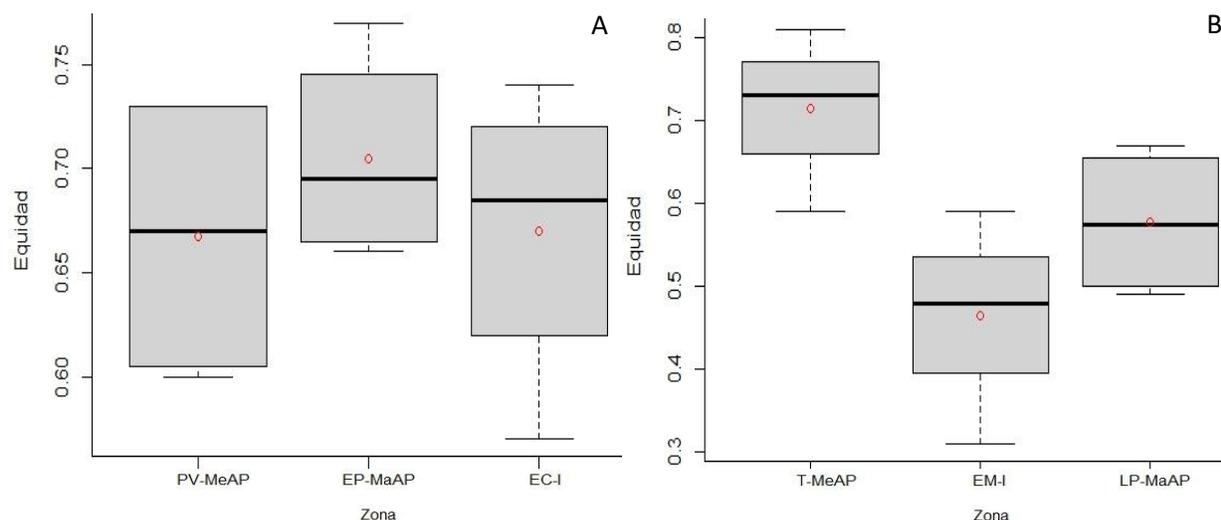


**Figura 26.** Índice de diversidad de especies ( $H'$ ) por zona en la parte somera (a) y profunda (B) del bloque I así como en la parte somera (C) y profunda (D) del bloque II.

## 7.6 Índice de Equidad ( $J'$ )

Para determinar la proporción de la diversidad de peces observada en BLP en relación a la diversidad esperada, se empleó el índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) de manera general y en el que se obtuvo un  $J' = 0.64$ , por su parte en cuanto a las zonas del bloque I, se obtuvo en PV-MeAP un promedio de  $J' = 0.66$ , en EP-MaAP un promedio de  $J' = 0.70$  y en EC-I un promedio de  $J' = 0.67$ . No se encontró una diferencia significativa ( $F_{2,9} = 0.4$ ,  $P > 0.05$ ) de equidad entre las zonas (27a).

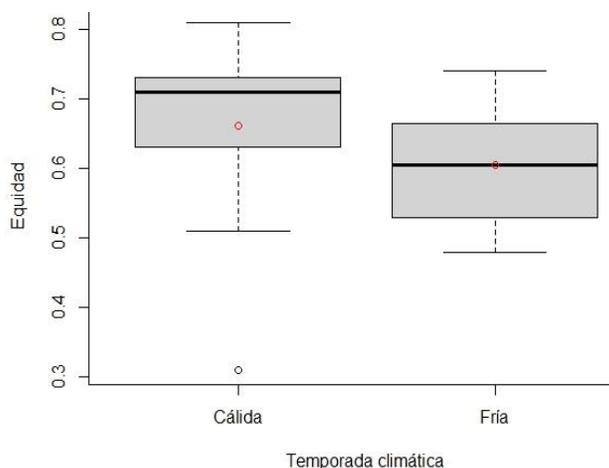
Mientras que en la zonas del bloque II se obtuvo en T-MeAP un promedio de  $J' = 0.71$ , en EM-I un promedio de  $J' = 0.46$  y en LP-MaAP un promedio de  $J' = 0.57$  y se encontró una diferencia significativa ( $F_{2,9} = 6.1$ ,  $P < 0.05$ ), donde T-MeAP tiene más equidad con respecto a EM-I (27b).



**Figura 27.** Índice de equidad ( $J'$ ) por zona del bloque I (A) del bloque II (B).

### 7.6.1 Equidad por temporada climática

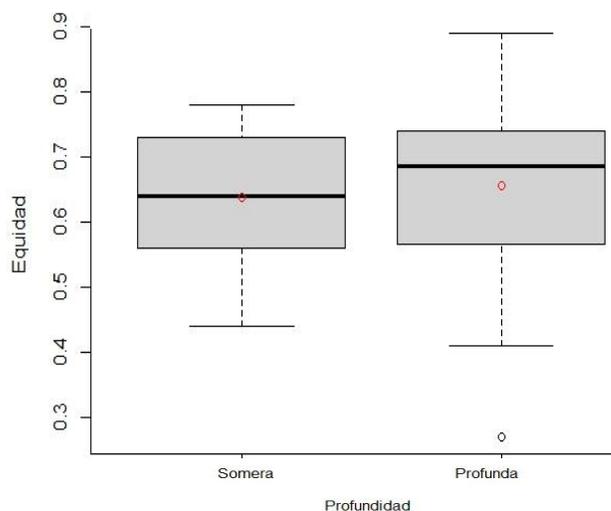
En el análisis de equidad que se realizó para la época cálida se obtuvo un promedio del  $J' = 0.66$ , mientras que en la época fría se obtuvo un promedio del  $J' = 0.60$ . No se encontró una diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) de equidad entre las dos temporadas. (Fig. 28).



**Figura 28.** Índice de equidad ( $J'$ ) por temporada climática en BLP, durante el año 2022.

### 7.6.2 Equidad por profundidad

En la parte somera se obtuvo un promedio del  $J' = 0.63$ , mientras que para la parte profunda se obtuvo un promedio del  $J' = 0.65$ : No se encontró una diferencia significativa de la equidad por profundidad ( $P > 0.05$ ) (Fig. 29).

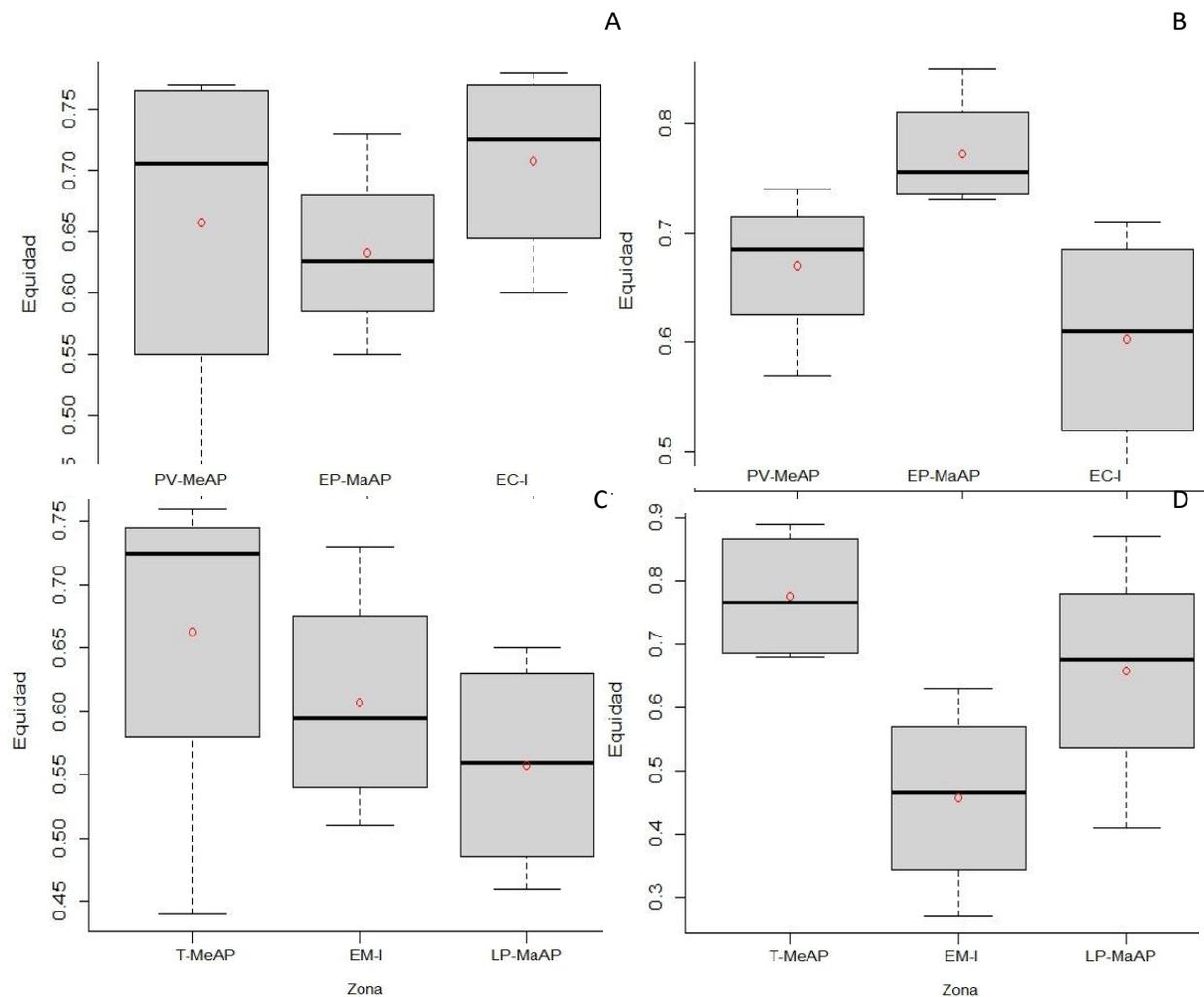


**Figura 29.** Índice de equidad ( $J'$ ) por profundidad en BLP, durante el año 2022.

Por otro lado, por zona en la parte somera se obtuvo en PV-MeAP un promedio de  $J' = .65$ , en EP-MaAP un promedio de  $J' = 0.63$  y en EC-I un promedio de  $J' = 0.70$  del bloque I. No se encontró una diferencia significativa ( $F_{2,9} = 0.5$ ,  $P > 0.05$ ) de equidad entre las zonas (30a). En la parte profunda se obtuvo en PV-MeAP un promedio de  $J' = .67$ , en EP-MaAP un promedio de  $J' = 0.77$  y en EC-I un

promedio de  $J' = 0.60$  del bloque I. Se encontró una diferencia significativa ( $F_{2,9} = 4.7$ ,  $P < 0.05$ ), existiendo una mayor equidad en EP-MaAP con respecto EC-I (Fig. 30b).

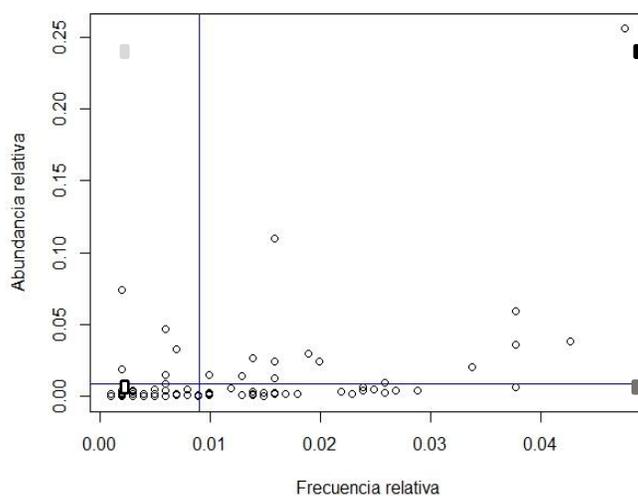
Por último, en la parte somera se obtuvo en T-MeAP un promedio de  $J' = 0.65$ , en EM-I un promedio de  $J' = 0.60$  y en LP-MaAP un promedio de  $J' = 0.55$ . No se encontró una diferencia significativa ( $F_{2,9} = 0.8$ ,  $P > 0.05$ ) de equidad entre las zonas de la parte somera (30c). Mientras que en la parte profunda se obtuvo en T-MeAP un promedio de  $J' = 0.77$ , en EM-I un promedio de  $J' = 0.45$  y en LP-MaAP un promedio de  $J' = 0.65$ . Se encontró una diferencia significativa ( $F_{2,9} = 4.4$ ,  $P < 0.05$ ), donde T-MeAP tiene una mayor equidad con respecto a EM-I (Fig. 30d).



**Figura 30.** Índice de equidad ( $J'$ ) por profundidad para la parte somera (a) y profunda (B) del bloque I así como en la parte somera (C) y profunda (D) del bloque II.

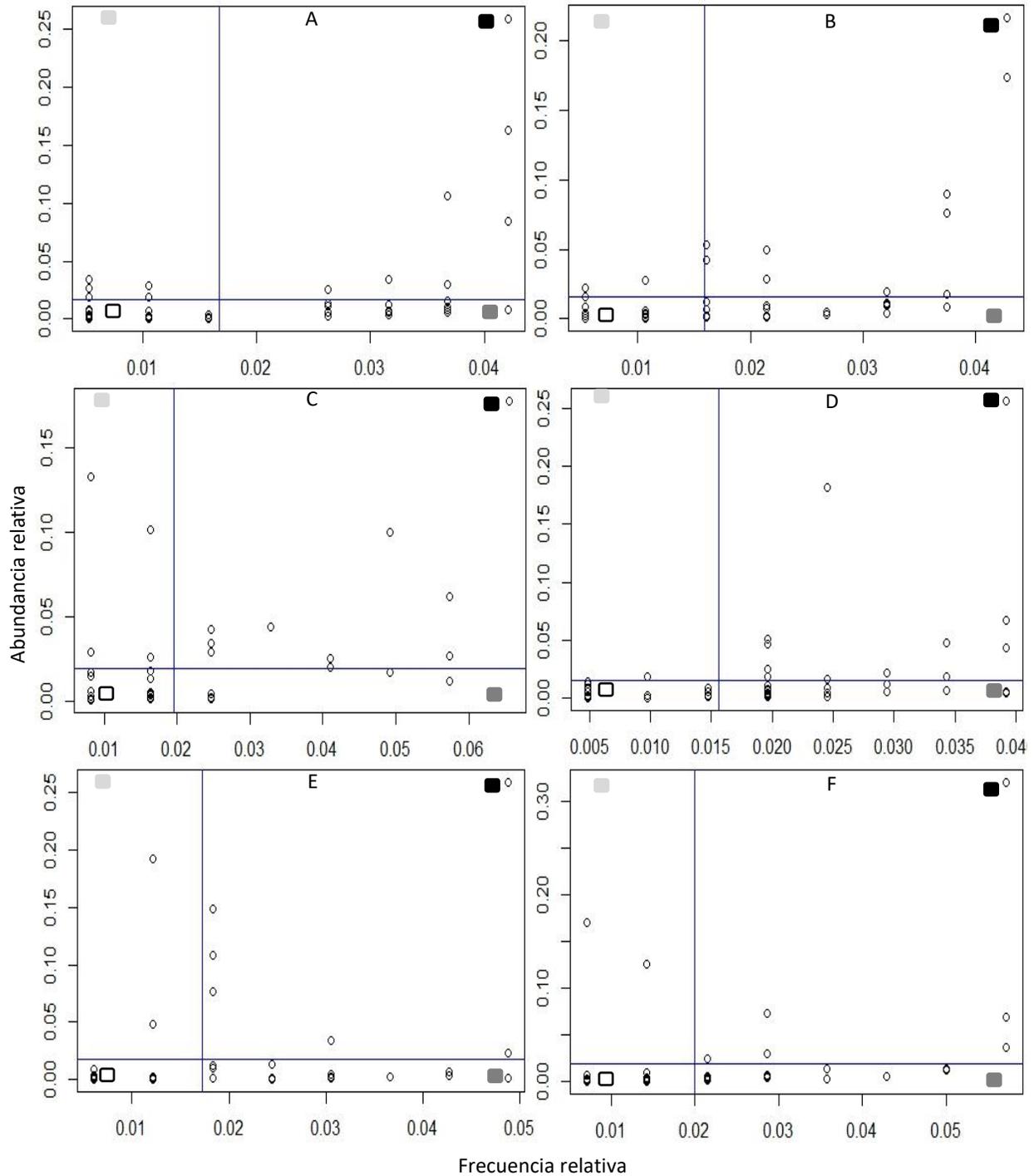
## 7.7 Dominancia

De las 111 especies de peces registradas en las seis estaciones de muestreo dentro de BLP, 14 especies (12.7 %) resultaron dominantes, con una frecuencia relativa (FR) entre 0.0099 - 0.04 y abundancia relativa (AR) 0.0098 - 0.25; las especies frecuentes fueron 24 (21.6 %) con una FR de 0.0099-0.037 y una AR de 0.0006 – 0.0068; 6 especies se consideraron ocasionales (5.4 %) con una FR de de 0.0020 – 0.0070 y una AR de 0.0090 – 0.074; Las especies raras fueron 67 (60.3 %) con una FR de 0.0010 – 0.0089 y una AR de 0.00003 - 0.0053 (Fig. 31, Anexo B).



**Figura 31.** Análisis de Olmstead-Tukey de las especies registradas en BLP en 2022, se clasifican como: Dominante ■, frecuente ▨, ocasional ▩ y rara □.

Las zonas del bloque I se registraron de la siguiente manera: en PV-MeAP las 60 especies censadas, 7 (11.6 %) fueron dominantes, 14 (23.3 %) fueron frecuentes, 5 (8.3 %) fueron ocasionales y 34 (56.6 %) fueron raras (Fig. 32a); en EP-MaAP de las 63 especies reportadas, 10 (15.8 %) fueron dominantes, 20 fueron frecuentes (31.7 %), 3 (4.7 %) fueron ocasionales y 30 (47.6 %) fueron raras (Fig. 32b); en EC-I las 51 especies censadas, 10 (19.6 %) fueron dominantes, 4 (9.8 %) fueron frecuentes, 5 (7.8 %) fueron ocasionales y 32 (62.7 %) fueron raras (Fig. 32c). Mientras que en las zonas del bloque II en T-MeAP de las 64 especies de peces observadas 12 (18.7 %) fueron dominantes, 17 (26.5 %) fueron frecuentes, solo 1 (1.5 %) fue ocasional y 34 (53.1 %) fueron raras (Fig. 32d); en EM-I se censaron 58 especies de las cuales 6 (10.3 %) fueron dominantes, 21 (36.2 %) fueron frecuentes, 2 (3.4 %) fueron ocasionales y 29 (50 %) fueron raras (Fig. 31e); en LP-MaAP se reportaron 50 especies de las cuales, 6 (12 %) fueron dominantes, 15 (30 %) fueron frecuentes, 2 (4 %) fueron ocasionales y 27 (58 %) fueron raras (Fig. 32f).



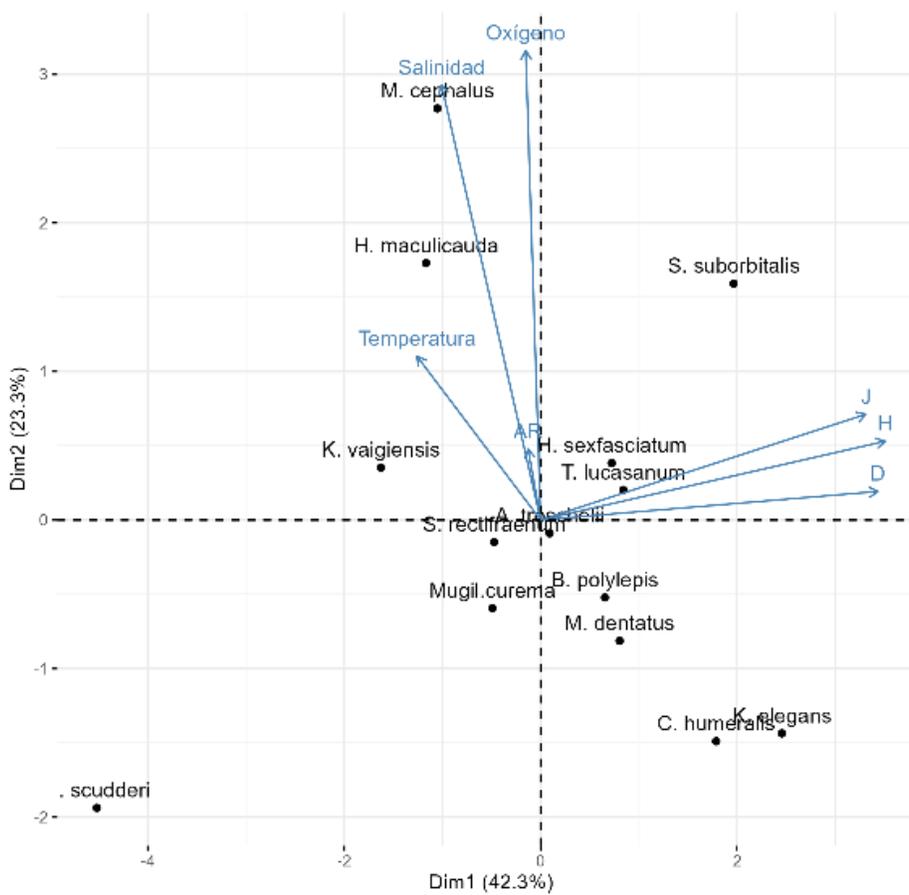
**Figura 32.** Análisis de Olmstead-Tukey de las especies registradas en las zonas de PV-MeAP (A), EP-MaAP (B), EC-I (C) del bloque I y T-MeAP (D), EM-I (E), MaAP (F) del bloque II. Se clasifican como: Dominante ■, frecuente ▨, ocasional ▩ y rara □:

Tomando como referencia a las cuatro especies más dominantes por zona, donde *A. troschelii* fue la especie se presentó y fue más dominante en todas las zona del bloque I y II, seguido de *B.*

*polylepis* y *S. rectifraenum* que se observaron como dominantes en cuatro zonas. *T. lucasanum* fue dominante en tres zonas, *H. maculicauda* en dos zonas mientras que *S. suborbitalis*, *G. cinereus*, *C. humeralis*, *H. sexfasciatum* y *H. scudderi* fueron dominantes en al menos en una zona censada.

## 7.8 Análisis de Componentes Principales (ACP)

Para elaborar el ACP se consideraron los datos estandarizados de las variables estandarizadas de los parámetros fisicoquímicos, así como los índices ecológicos de las 14 especies dominantes que resultaron del diagrama de Olmstead-Tukey a lo largo de los cuatro meses de muestreo (ANEXO B), con una varianza del 65.6 % explicada (Anexo C), se encontró una correlación entre las variables salinidad y oxígeno dado por el componente principal 2 (23.3 %), además de que al parecer *M. cephalus* tiende a verse relacionada al aumento de dichas variables, sin embargo, los índices ecológicos que también presentan una correlación dado por el componente principal 1 (42.3 %) (Fig. 33), al parecer ninguna especie se ve influenciada por estas variables (temperatura y oxígeno), por lo cual en este estudio se puede inferir que estas 14 especies no están realmente influenciados por las siete variables, y posiblemente se vean más influenciados por la disponibilidad del alimento que se encuentra en las zonas de estudio, así como aspectos característicos propios de los arrecifes rocosos que se encuentran en BLP, a pesar de que en el análisis no se empleó la asociación de estados dos últimas variables mencionadas, debido a que no fue un objeto del presente trabajo, sin embargo, si se pudo observar este comportamiento en por parte de las especies registradas.



**Figura 33.** Diagrama del Análisis de Componentes Principales de forma general con las variables (temperatura, salinidad y oxígeno), Índices ecológicos y especies dominantes en BLP durante el año 2022.

### 7.9 Diferencia entre las zonas pesqueras e industrial

Con base a los resultados obtenidos en este estudio para las zonas pesqueras del bloque I, PV-MeAP y EP-MaAP que registraron una mayor abundancia, así como su riqueza de especies de forma general pero al mismo tiempo esta última variable fue significativamente diferente con respecto a la zona industrial EC-I, sin embargo, al comparar los índices de  $H'$  y  $J'$  entre las estas mismas zonas, no se encontró diferencia puesto que su abundancia parece estar equitativamente distribuida por cada especie.

Por otra parte, en la réplica (bloque II), presentó una mayor variación dado que en términos de la abundancia en la zona industrial EM-I se registró el mayor número de organismos con respecto a

las zonas pesqueras T-MeAP y LP-MaAP. Ahora bien, al momento de considerar la profundidad, solo en la parte profunda nuevamente EM-I obtuvo el mayor registro, sin embargo, para la riqueza de especies en T-MeAP fue donde se registraron más organismos, después estuvo EM-I, pero solo 6 especies de esta zona fueron las más abundantes y como consecuencia en H' y J' resultaron tener un valor significativamente menor con respecto a las dos zonas pesqueras.

## 8. DISCUSIÓN

En tiempos pasados las zonas costeras alrededor del mundo han sido de gran importancia e interés socioeconómico para el ser humano, debido a que son una fuente importante y con una alta productividad de recursos marinos (Barraza-Guardado *et al.*, 2014) que ha sido aprovechados por las pesquerías y en décadas recientes la práctica de la acuicultura y de las actividades recreativas (turismo, buceo, pesca deportiva), no han llevado un manejo adecuado de los recursos por lo cual, bajo estas circunstancias las convierten en zonas potencialmente vulnerables a los cambios antropogénicos y naturales (García-Rembao, 1998; Mazzola *et al.*, 2000; Aburto-Oropeza *et al.*, 2015; Ahmad *et al.*, 2022). Debido a ello este estudio se enfocó a la problemática actual y conocer la situación de las comunidades de peces asociados a los arrecifes rocosos cercanos a las zonas industriales y pesqueras de BLP.

### 8.1 Elenco sistemático de los peces arrecifales

Se registró un total de 27, 561 organismos pertenecientes a 111 especies censadas en las zonas del bloque I y bloque II en BLP representando el 12.1 % del total de las especies reportadas (911 spp) en el Golfo de California por Hasting *et al.*, 2010 y el 8.6 % del total de especies (1, 290 spp) del Pacífico Oriental Tropical (Robertson y Allen, 2008). De estas 111 especies registradas, tres son endémicas del GC (*Girella simplicidens*, *Gobiosoma chiquita* y *Malacoctenus hubbsi*), dos están enlistadas (*Stegastes leucorus* y *Epinephelus itajara*) en The International Union for Conservation of Nature (IUCN red list) y se encuentran bajo la categoría de Vulnerable (V), mientras que *Holacanthus passer* y *Pomacanthus zonipectus* se encuentran en la NOM-059 (2019) como sujetas a protección especial (Pr). Por último, 49 especies de peces registrados son de importancia comercial, siendo superior con respecto al trabajo de Vázquez-Hurtado *et al.* (2010) quienes reportaron 18 especies comerciales.

De los trabajos que se han realizado en BLP e islas aledañas donde se empleó la misma metodología (conteo a partir de censos visuales), solo los trabajos de Rodríguez-Romero *et al.* (2005), con 120 spp registradas en la Isla Espitú Santo y Barjau-González *et al.* (2012) con 112 spp, obtuvieron una riqueza superior a lo encontrado en el presente estudio (111 spp). Por otro

lado, Pérez-España *et al.* (1996); Arreola-Robles (1998); Galván-Piña *et al.* (2003); Villegas-Sánchez *et al.* (2009); Barjau-González *et al.* (2013) y Torres-Esparza (2016), registraron menos de 95 spp. Ahora bien, trabajos como el de Abitia-Cárdenas *et al.* (1994) y González-Acosta *et al.* (2018) quienes en sus listados reportaron 390 y 533 especies respectivamente, claramente muestran un registro superior al del presente estudio, sin embargo, su registro no solo incluye las especies que observaron, sino que también tomaron en cuenta los de revisiones bibliográficas, donde emplearon diferentes tipos de pesca de captura como azuelo, redes de enmalle, arpón entre otros.

En comparación con trabajos realizados en el resto del GC y el Pacífico Mexicano, se tiene a Rodríguez-Romero *et al.* (1994 y 1998) con 59 y 55 spp respectivamente para Bahía Magdalena; Acevedo-Cervantes (1997) con 59 spp en la Laguna Ojo de Liebre; Jiménez-Gutiérrez (1999) con 89 spp para Isla Cerralvo; Cálapiz-Segura (2004) con 86 spp en Isla Cerralvo y Punta Perico; Álvarez-Filip *et al.* (2006) con 66 spp en Cabo Pulmo; Viesca-Lobatón *et al.* (2008) con 93 spp en Bahía Los Ángeles; Moreno-Sánchez (2009) con 89 spp en Los Frailes; Sánchez-Caballero (2014) con 76 spp en playa La Sorpresa. Además, Rodríguez-Uceda (2009) reportó 167 spp en el Pacífico Mexicano (Cabo Pulmo, Pacífico Central y Bahías de Huatulco). La diferencia del número de especies registradas en comparación a los trabajos mencionados se debe a diferentes factores, como tipo de hábitat y complejidad del mismo, a la movilidad de los peces, sus ciclos reproductivos, la disponibilidad de alimento y actividad diurna o nocturna de los peces, ya que por ejemplo el Cochito (*B. polylepis*) y el Bacoco (familia Haemulidae), entre otras especies, que presentan actividad diurna (Rodríguez-Romero *et al.*, 2005; Barjau-González *et al.*, 2012-2013), también depende del esfuerzo de muestreo, dado que en algunos casos sus transectos fueron de 250 m<sup>2</sup>, tuvieron un mayor número de localidades de estudio, diferentes condiciones oceanográficas y la estacionalidad (Zeitzschel, 1969; Aburto-Oropeza y Balart, 2001; Palacios y Zapata, 2011). Por otro lado, se ha documentado que existe un gradiente latitudinal, es decir, una pérdida de riqueza de sur a norte (Viesca-Lobatón *et al.*, 2008; Barjau-González, 2012). Lo que puede explicar que los estudios en regiones con latitudes por encima en las que se encuentra BLP, hayan reportado menos riqueza.

Por otro lado, estudios realizados con embarcaciones a mayor profundidad (80 a 350 m), han documentado que los peces son el grupo de mayor diversidad no solo en México, sino en varias partes del mundo, pero principalmente en la parte Occidental del Pacífico donde han logrado documentar 222 especies de peces y en la parte Oriental del Golfo de California se han registrado 223 especies (Rodríguez-Romero *et al.*, 2008; López-Martínez *et al.*, 2010).

Lo encontrado respecto a la abundancia por zonas que están dentro del bloque I, EC-I fue donde se registró menor abundancia con respecto a PV-MeAP y EP-MaAP, esto puede interpretarse en parte al tipo de hábitat por zona, dado que éstas dos últimas presentan un ~60 % de rocas de diferentes tamaños, ~27 % de coral (*Pocillopora* spp), y ~13 % de corredores de arena, además de sargazo (*Sargassum* spp), mientras que en EC-I, presenta un ~45 % de rocas de diferentes tamaños, ~20 % de coral (*Pocillopora* spp), y ~35 % de corredores de arena, además de sargazo (*Sargassum* spp) (Barjau-González *et al.*, 2013), por lo que la heterogeneidad del sustrato tiene un efecto importante en la ictiofauna, pues con base a las características, ejercen una gran influencia en la distribución y abundancia de los peces, así como la presencia de coral (Rodríguez-Romero *et al.*, 2005; Moreno-Sánchez, 2009; Torres-Esparza, 2016). Otro factor al que se le puede atribuir la poca abundancia es debido a que cerca de la zona (~2.5 km línea costera) se encuentra la granja camaronera “El Camarón Sureño S De Pr, De R.L.”, la cual vierte las aguas de sus estanques al mar sin algún tipo de proceso previo (laguna de oxidación) para disminuir los contaminantes (restos de materia orgánica, antibióticos y otros fármacos) que llevan consigo (Barraza-Guardado *et al.*, 2014).

Por el contrario, el bloque II, EM-I fue la zona donde se registró mayor abundancia que además de presentar arrecifes rocosos (~45 %), hay artificiales (~20 %) y el corredor de arena (~35 %), también están presentes las descargas del agua que usa la minera que lleva principalmente ácido fluorhídrico, ácido hexafluorosilícico y fosforo, este último es favorable en ciertas cantidades para los niveles tróficos (Rueda-Jasso *et al.*, 2014), la zona de T-MeAP está cubierto principalmente por tepetate en la línea costera, coral (~25 %), corredores de arena (~65 %) y rocas (~10 %) y LP-MaAP con cobertura de rocas menores a 30 cm (~70 %), coral (~10 %), sargazo y otras algas (~20 %) (Barjau-González *et al.*, 2013), siendo esta zona la de menor abundancia, principalmente a que es

una zona de aguas muy someras con pendiente muy suave y la línea de costa está muy alejada de la orilla (~50 m), así como el tamaño de roca, que al ser pequeña no pareciera ser un sitio de resguardo seguro para los peces de mayor tamaño (Viesca-Lobatón *et al.*, 2008; Barjau-González, 2012; Aburto-Oropeza *et al.*, 2015).

Cabe mencionar que tanto en las zonas de EC-I donde se registró la menor abundancia y en EM-I donde presentó la mayor abundancia, esto no quiere decir que los organismos sean saludables o no, además, hubo un contraste en estas zonas que puede relacionarse a la interacción de la mezcla de agua de desecho que provienen de la camaronera como de la minería, lo que involucra otro tipo de residuos que pueden ser negativos tanto para los peces como para el resto de la vida marina (Barraza-Guardado *et al.*, 2014).

## 8.2 Índices ecológicos

El valor del índice de diversidad específica de Margalef ( $D'$ ) obtenido en BLP fue de 4.3, lo que puede interpretarse como normal, en cuanto al trabajo de Barjau-González (2012), registró en Isla San José una  $D'= 5.23$  y en BLP una  $D'= 4.1$ , por lo que el valor de BLP fue casi igual al del presente estudio, manteniendo una diversidad normal en BLP.

Para las zonas del bloque I, EC-I fue el que tuvo menor diversidad específica, con un valor promedio de  $D'= 3.6$  y al mismo tiempo una diferencia significativa en comparación con PV-MeAP ( $D'= 4.82$ ) y EP-MaAP ( $D'= 4.75$ ), como ya se ha mencionado que la composición de hábitats entre estas zonas son diferentes principalmente EC-I que es la más cercana a la granja camaronera (~2.5 km), mientras que en PV-MeAP y EP-MaAP su composición de arrecifes rocosos es similar. En cuanto a las zonas del bloque II, EM-I registró el valor promedio más bajo ( $D'= 3.7$ ), LP-MaAP fue un valor similar ( $D'= 3.9$ ) al de la EM-I, mientras que en T-MeAP fue el más alto ( $D'= 5.1$ ), incluso considerando la escala del mismo índice es una zona de alta diversidad específica (>5) posiblemente influenciado por el tipo de hábitat ya que en la parte somera el arrecife rocoso tiene forma de pared en la cual hay varias oquedades que le permite a los peces usarlo de refugio, además de la presencia de algas incrustadas sobre las mismas, aportando alimento para aquellos peces que son herbívoros, siendo estas características particulares lo que lo hacen diferente con

respecto a las otras dos zonas. Con base a lo registrado por Barjau-González (2012), quién realizó censos en cinco zonas que también se trabajaron en el presente estudio (EP, EC, T, EM y LP), obtuvo valores más altos en El Cobre con respecto al registro del presente trabajo, esto se le puede atribuir a los años de muestreo que fueron del 2001 al 2003, cuando la granja camaronera aún no estaba establecida, esta comenzó a realizar sus actividades en el año 2010 a la fecha, lo que mostraría que si hay un efecto negativo en la composición de las comunidades de peces.

La diversidad íctica proporciona información importante a nivel de comunidad y se caracteriza por su estabilidad o variabilidad dependiendo del número de especies y organismos, condiciones ambientales y otros factores relacionados al tipo de hábitat y la dinámica alimenticia que se manifiesta sobre el sustrato, alrededor de los arrecifes y en la superficie (Rodríguez-Romero *et al.*, 2005). Por medio del índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) en BLP, se registró un valor de 3.05 bits/ind considerándola como una zona de diversidad alta para este estudio, sin embargo, es un poco más baja en comparación con lo reportado por Rodríguez-Romero *et al.* (2005), de igual forma Barjau-González (2012) y Torres-Esparza (2016) reportaron un  $H'$  entre 3.6 y 4.9 bits/ind, mientras que Palacios-Salgado (2005) y Villegas-Sánchez (2009) reportaron un valor que fue similar (3.1 bits/ind) al presente trabajo. Por el contrario, trabajos como los de Pérez-España *et al.* (1996), Jiménez-Gutiérrez (1999), Cálapiz-Segura (2004), Álvarez-Filip (2006), Moreno-Sánchez (2009) y Sánchez-Caballero (2014), reportaron valores entre 1 y 2.8 bits/ind., la cual es una diversidad baja a normal, esto puede ser explicado a que los autores mencionados realizaron sus estudios en diferentes sitios dentro de BLP y el resto del GC (línea costera, islas e islotes), , en diferentes periodos de tiempo lo cual lo hace un factor importante, así como la metodología en los transectos que designaron dentro de su área de estudio (Palacios y Zapata, 2011).

Con respecto a los valores de  $H'$  por zona del bloque I resultaron ser diferentes, a pesar de que PV-MeAP (2.3 bits/ind) y EP-MaAP (2.47 bits/ind), ambos tuvieron una  $H'$  mayor con respecto a EC-I (2.1 bits/ind), así como también una mayor riqueza y abundancia, no se encontró una diferencia significativa, mientras que en el bloque II, T-MeAP (2.5 bits/ind) y LP-MaAP (1.8 bits/ind) tuvieron una mayor disimilitud con respecto a EM-I dado que su  $H'$  fue menor (1.5 bits/ind) respecto a las otras dos. Sin embargo, lo registrado por Barjau-González (2012) en la misma zona,

obtuvo un valor de 3.8 bits/ind. Por su parte Torres-Esparza (2016), registró un  $H' = 2.27$ , lo anterior puede estar relacionado con la reactivación de la minera, ya que cada cierto periodo de tiempo, anclan los barcos cargueros que llegan al puerto de San Juan de la Costa para transportar la fosforita, lo que genera un impacto por el movimiento de la propele del barco que puede levantar sedimento e inclusive el propio ruido y la actividad que se genera en la carga del mineral, con todo esto provoca un impacto antropogénico al arrecife.

Como bien se sabe, este índice de diversidad ( $H'$ ) mide la probabilidad de que al seleccionar una muestra al azar en este caso de peces, se logre obtener el mismo número de individuos por especie (Magurran, 1989; Somarriba, 1999), en ese sentido, en el bloque I a pesar de que EC-I registró una riqueza y abundancia menor (aparentemente afectado por las descargas de agua de la granja camaronera), mantuvo una proporción similar de organismos por especie e hizo que su  $H'$  fuera similar a PV-MeAP y EP-MaAP por lo que se pueden considerar como zonas estables, en contraste con el bloque II, comenzando con EM-I que donde a pesar de ser la zona con mayor abundancia con respecto a T-MeAP y a LP-MaAP y presenta una riqueza intermedia entre estas dos zonas, es lo que lo hizo que tuviera una  $H'$  baja, dado que de las 58 spp que se registraron en la zona, solo seis (*A. troschellii*, *S. sagax*, *H. maculicauda*, *H. steindachneri*, *H. flaviguttatum* y *M. dentatus*) representaron el 83.2 % de la abundancia, por lo que al seleccionar una muestra, la probabilidad de elegir organismos de todas las especies, sería difícil y al mismo tiempo EM-I se considera como una zona de diversidad baja.

Ahora bien, en algunos casos se considera que el  $H'$  generalmente carece de normalidad, debido al tamaño de muestra, provocando sesgos en las resultantes, sin embargo, es uno de los índices más empleados para estudios ecológicos, además de que trabajos previos al presente lo han empleado junto con otros índices, para poder comprender mejor a las especies a nivel de comunidad y que se hacen presentes ya sea de forma estacional, ocasional y/o permanente en las áreas de estudio (Rodríguez-Romero *et al.*, 2005; Barjau-González, 2012; Torres-Esparza, 2016).

En cuanto al valor obtenido con el índice de Equidad ( $J'$ ) que fue de 0.64, este representó un valor menor en comparación a los reportados por Cálapiz-Segura (2004), Rodríguez-Romero *et al.* (2005), Barjau-González (2012) y Torres-Esparza (2016), donde el valor de equidad en sus estudios osciló entre 0.78 y 0.89 lo cual indicó que encontraron una mayor proporción de distribución de los organismos con respecto a las especies censadas, es decir, no hay una dominancia alta puesto que las abundancias de las especies son en su mayoría similares y que a su vez se puede interpretar como una comunidad íctica estable (Barjau-González, 2012). En cuanto a lo reportado por Pérez-España *et al.* (1996), Arreola-Robles (1998), Jiménez-Gutiérrez (1999), Palacios-Salgado (2005) y Moreno-Sánchez (2009) obtuvieron una  $J'$  similar al presente estudio.

Al observar que se no presentó una disimilitud significativa en la Equidad entre las zonas del bloque I y añadiendo además que la riqueza y la abundancia si presentaron diferencias significativas, podemos inferir que estos valores no recaen en unas pocas especies, sino que hay cierta homogeneidad de la abundancia con respecto a las especies de peces en cada zona, lo que puede interpretarse a que si bien existe dominancia por algunas especies (como se abordará a continuación), esta es baja. Por el contrario, en el bloque II, donde las zonas si presentaron una notable y significativa variación en la Equidad, principalmente en EM-I donde el valor fue más bajo, como ya se mencionó, solo seis especies representaron el 83.2 % de la abundancia, como ejemplo tenemos a *H. maculicauda* que es una especie gregaria y carnívora de actividad alimentaria nocturna en los fondos arenosos, mientras que en el día se le puede encontrar en las zonas rocosas (Pérez-España *et al.*, 1996), en este caso, las pequeñas casetas que se encuentran al lado del muelle (~3-4 m) imitan un tipo refugio para la especie en EM-I dado por la sombra que generan, así como las otras cinco especies que se encuentran principalmente en agrupaciones y es lo que hace que realmente no exista una equidad con respecto al resto de las especies (52) registradas en la zona.

En las zonas de estudio de BLP donde se realizaron los censos, tenemos que los arrecifes rocosos, muestran un número importante de especies dominantes (14 spp) donde resaltan *A. troschellii*, *H. maculicauda*, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum*, *B. polylepis*, *M. dentatus*, *K. vaigiensis*, *S. suborbitalis*, *M. curema*, *H. sexfasciatum*, *H. scudderii*, *M. cephalus*, *K. elegans* y *C. humeralis*, la cuales se

reflejaron en el diagrama de Olmstead-Tukey. Trabajos como el de Rodríguez-Romero *et al.* (2005), Barjau-González (2012) y Torres-Esparza (2016) reportaron especies similares a las del presente trabajo dentro de BLP. Esto se debe a que dichas especies son residentes, que habitan tanto en arrecifes rocosos, coralinos y zonas arenosas, además se pueden encontrar desde los 0.5 m hasta los 60 m (Torres-esparza, 2016), aunque algunas especies pueden estar a mayor profundidad. En lo que respecta a su preferencia alimenticia, se encontraron principalmente tres grupos de los cuales, la mayoría son carnívoros, algunos son omnívoros y otros detritívoros, además de ser especies con un comportamiento gregario, formando pequeños o grandes cardúmenes para obtener un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles (zooplancton, algas, crustáceos, larvas de peces, etc.), y al mismo tiempo buscan la protección que les pueden brindar los arrecifes rocosos (abordados en este estudio), teniendo como beneficio zonas de refugio y de reproducción, al ser estos ecosistemas áreas de alta productividad biológica que usualmente genera una concurrencia de especies (Rodríguez-Romero *et al.*, 2005; Aburto-Oropeza *et al.*, 2015; Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2015; Torres-Esparza, 2016).

### **8.3 Correlación de las especies con respecto a los factores ambientales**

La temperatura superficial del mar en BLP presentó gran oscilación en los valores, con una marcada temporada cálida en los meses de julio y septiembre (27.5 y 33.1 °C) y una temporada fría en los meses de mayo y noviembre (22.9 y 26.6° C). Cabe mencionar que el año 2022 fue catalogado como Niña con intensidad débil (eventos fríos en el Pacífico Oriental Ecuatorial), el cual es inverso al fenómeno de El Niño (ENSO) (Geng *et al.*, 2022). Lo que puede explicar que el número de meses para la temporada cálida sean menos a lo largo de ese año, algo que se encontró en el presente estudio a diferencia de los trabajos de Barjau-González (2012) y Torres-Esparza (2016). La salinidad presentó un patrón parecido al de la temperatura, incrementando en los meses de verano (35-36.5 ppm), con un gradiente muy definido y con un mayor crecimiento de norte a sur, contrario a lo reportado por Cruz-Orozco *et al.* (1996) y Barjau-González (2012), notando un incremento de la salinidad de sur a norte. Esto puede deberse a que hay mayor evaporación por el aumento de la temperatura y escasa precipitación. El oxígeno disuelto en el agua del mar tuvo un comportamiento similar a la temperatura, siendo más alto en los meses fríos (1.5 mg/l) y más bajo en los meses de cálidos (.28 mg/l). Como bien lo menciona Lluch-Cota

*et al.* (2007), los océanos Índico y Pacífico son de los que presentan las concentraciones de oxígeno disuelto más bajo, por lo que los valores obtenidos en el presente estudio se ven influenciados por el recambio de flujo de agua que existe entre el GC y el Pacífico Oriental Tropical (Lluch-Cota *et al.*, 2007; Obeso-Nieblas *et al.*, 2014).

Al momento de realizar el ACP, se observó que los factores fisicoquímicos (temperatura, salinidad, oxígeno) no resultaron tener una influencia importante sobre las especies dominantes, a excepción de la lisa *M. cephalus*, la cual tuvo una fuerte correlación con la salinidad y el oxígeno. Sin embargo, en el resto de las especies no sucedió así, esto puede deberse a que las especies en su mayoría son euritérmicas y eurihalinas, es decir, pueden soportar diferentes intervalos oscilatorios en la temperatura y salinidad debido a su afinidad tropical y a sus características biológicas que les permite adaptarse y realizar cortos, medianos y amplios desplazamientos a diferentes hábitats que sean favorables para ellas, donde, se les observa en agrupaciones buscando zonas que presenten elevadas concentraciones de alimento, así como protección brindado principalmente por los arrecifes rocosos (Castro-Aguirre *et al.*, 1995; Villegas-Sánchez *et al.*, 2009; Palacios-Salgados *et al.*, 2012 y Torres-Esparza, 2016).

Una de las principales afectaciones directas que si se pueden encontrar hacia la vida marina es la actividad antropogénica ya sea de tipo infraestructural o industrial. A nivel mundial se tienen evidenciadas como una afectación directa e indirecta hacia a las zonas costeras, provocando cambios en los factores fisicoquímicos como la salinidad, oxígeno, pH, entre otros (Mazzola *et al.*, 2000; Vita *et al.*, 2002; García-Cuéllar *et al.*, 204; Wang *et al.*, 2021; Mancuso *et al.*, 2023). Además de la acumulación de metales en la flora y fauna ocasionados por la extracción de minerales y metales (Hernández-Almaraz *et al.*, 2016; Páez-Osuna *et al.*, 2017), como lo reportaron Serviere-Zaragoza *et al.* (2021) que encontraron Cadmio, Plomo, Cobre, Zinc y Hierro en las especies de peces *S. rectifraenum*, *K. vaigiensis* y *B. polylepis*, en las zonas costeras de BLP (San Juan de la Costa y Las Ánimas) y en Santa Rosalía BCS. Aunque ellos concluyen que la concentración de dichos metales presentes en los organismos no es de alta toxicidad para el consumo humano, si se le atribuye que la presencia de estos metales en el medio marino sea por la extracción del mineral de la fosforita en la localidad de San Juan de la Costa y la extracción de Cobre en Santa

Rosalía, por lo que podría afectar a las comunidades de peces, como lo encontrado en el presente estudio, donde en EC-I y EM-I en cierta medida se vean más afectados por la actividad industrial que por la pesquera, en cuanto a lo demostrado por los análisis de índices ecológicos. Se puede señalar que las capturas en especies son comerciales dentro de BLP es de tipo de artesanal y no industrial (grandes embarcaciones), que tienen un mayor efecto negativo sobre las poblaciones de peces, invertebrados marinos, mamíferos, entre otros, así como en la destrucción de los arrecifes (López-Martínez y Morales-Bojórquez, 2012).

## 9. CONCLUSIONES

- El listado sistemático de la ictiofauna censada en este estudio fue de 111 especies, representando el 12.1 % del total de especies registradas en el GC.
- Las especies dominantes en BLP fueron *A. troschellii*, *H. maculicauda*, *T. lucasanum* y *S. rectifraenum*.
- La AR y D' de la zona industrial (EC-I) fueron diferentes respecto a las zonas pesqueras (PV-MeAP y EP-MaAP), ya que el hábitat y la disponibilidad de alimento favorece a la reproducción y crianza de las especies.
- La H' y J' en las zonas pesqueras (T-MeAP y LP-MaAP) fueron significativamente diferentes a la zona industrial (EM-I), dado a que no hay una homogeneidad de abundancia entre las especies reportadas en dicha zona.
- Se rechaza la hipótesis nula, debido a que los peces asociados a los arrecifes rocosos son afectados por la actividad industrial.

### 9.1 Recomendaciones

- Se propone el estudio de la calidad de agua, sustrato, así como muestras de organismos de peces para determinar su estado de salud con respecto a las descargas de agua de la zona industrial.

## 10. LITERATURA CITADA

- Abitia-Cárdenas, L.A., Rodríguez-Romero, J., Galván-Magaña, F., De la Cruz-Agüero, J. y Chávez-Ramos, H. (1994). Lista sistemática de la ictiofauna de Bahía de La Paz, Baja California Sur. México. *Ciencias Marinas*, 20(2): 159-181.
- Aburto-Oropeza, O. y Balart, E.F. (2001). Community Structure of Reef fish in several habitats of rocky reef in the Gulf of California. *Marine Ecology*, 22(4): 283-305.
- Aburto-Oropeza, O., Ezcurra, E., Moxley, J., Sánchez-Rodríguez, A., Mascareñas-Osorio, I., Sánchez-Ortiz, C. y Ricketts, T. (2015). A framework to assess the health of rocky reefs linking geomorphology, community assemblage, and fish biomass. *Ecological Indicators*, 52: 353-361.
- Acevedo-Cervantes, A. (1997). Caracterización ecológica de la comunidad íctica de la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S. México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. La Paz. Baja California Sur. México. 108 pp.
- Ahmad, A.L., Chin, J.Y., Mohd-Harum, M.H.Z. y Low, S.C. (2022). Environmental impacts and imperative technologies towards sustainable treatment of aquaculture wastewater: A review. *Journal of Water process Engineering*, 46: 1-14.
- Allen, G.R. y Robertson, D.R. (1994). *Fishes of the Tropical Eastern Pacific*. 2nd ed. University of Hawaii Press, Honolulu.
- Álvarez-Filip, L., Reyes-Bonilla, H., y Calderón-Aguilera, L. E. (2006). Community structure of fishes in Cabo Pulmo reef, Gulf of California. *Marine Ecology*, 27(3): 253-262.
- Arreola-Robles, J.L. (1998). Diversidad de peces de arrecifes en la región de La Paz. B.C.S. México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN, La Paz. 89 pp.
- Barjau-González, E. (2012). Estructura comunitaria y diversidad taxonómica de los peces en la Bahía de La Paz y la Isla San José, Golfo de California. Tesis Doctoral. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz. 149 pp.
- Barjau-González, E., Rodríguez-Romero, J., Galván-Magaña, F., Gutiérrez-Sánchez, F. y López-Martínez, J. (2012). Estructura temporal y espacial de la comunidad de peces arrecifales de la Isla San José, Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*, 60(2): 649-667.
- Barjau-González, E., Rodríguez-Romero, J. y Galván-Magaña, F. (2013). Diversidad taxonómica de peces arrecifales en la costa oeste de la Bahía de La Paz, BCS, México. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 1(2): 34-42.
- Barraza-Guardado, R.H., Martínez-Córdova, L.R., Enríquez-Ocaña, L.F., Martínez-Porchas, M., Miranda-Baeza, A. y Porchas-Cornejo, M.A. (2014). Effect of shrimp farm effluent on water and sediment quality parameters off the coast of Sonora, Mexico. *Ciencias Marinas*, 40(4):221-235.
- Brusca, R.C., Findley L.T., Hastings, P.A., Hendrickx, M.E., Torre C.J. y Van der Heiden A.M. (2005). Macrofaunal diversity in the Gulf of California. En: *Biodiversity, ecosystems, and conservation in northern Mexico*. Oxford University Press, New York, pp. 179-203
- Brusca, R.C. (2010). *The Gulf of California: biodiversity and conservation*. University of Arizona, Press, Tucson.
- Cálapiz-Segura, M.A. (2004). Composición y estructura comunitaria de peces de arrecife rocoso en Punta Perico e Isla Cerralvo, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN, La Paz. 76 pp.

- Campos-Dávila, L., Cruz-Escalonada, V.H., Galván-Magaña, F., Abitia-Cárdenas, L.A., Gutiérrez-Sánchez, F.J. y Balart, E.F. (2005), Fish assemblages in a Gulf of California marines reserve. *Bulletin of Marine Science*, 77(3): 347-362.
- Castro-Longoria, R., Grijalva-Chon, J.M. y Sánchez-Osuna, J.F. (2002). La comunidad ictiológica de la laguna costera El Sargento, Sonora, México. *Ciencia y Mar*, 6(17): 3-16.
- Clark, B.M., Steffani, N.C., Young, S., Richardson, A.J. y Lombard, A.T., Eds. (2000). *The effects of climate change on marine biodiversity in South Africa*. Anchor Environmental Consultants, Rondebosch, South Africa.
- Cruz-Orozco, R., Martínez-Noriega, C. y Mendoza-Maravillas. (1996). Batimetría y sedimentos de la Bahía de La Paz, México. *Océánides*, 11(1):21-27.
- Fernández-Rivera Melo, F.J. (2007). Estructura comunitaria de peces arrecifales en el oeste del Golfo de California. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz. 94 pp.
- Froese, R. y Pauly, D. Editors. (2023). FishBase. *Kyphosus analogus* (Gill, 1862). Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=273519> on 2023-06-02.
- Galván-Piña, V.H., Galván-Magaña, F., Abitia-Cárdenas, L.A., Gutiérrez-Sánchez, F.J. y Rodríguez-Romero J. (2003). Seasonal structure of fish assemblages in rocky and sandy habitats in Bahía de La Paz, Mexico. *Bulletin on Marine Science*, 72(1): 19-35.
- García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Instituto de Geofísica, CIECAS, México.
- García-Rembao, L.C. (1998). Efectos del impacto ambiental provocado por las aguas de desecho de las granjas camaroneras a los cuerpos de agua receptores en zonas costeras. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, CIECAS, México. 121 pp.
- Geng, T., Cai, W., Wu, L., Santoso, A., Wang, G., Jing, Z., Gan, B., Yang, Y., Li, S., Wang, s., Chen, Z. y McPhade, M.J. (2022). Emergence of changing Central-Pacific and Eastern-Pacific El Niño-Southern Oscillation in a warming climate. *Nature Communications*, 13: 1-11.
- Gibbons, J.D. y Chakraborti, S. (2003). Nonparametric statistical inference fourth edition revised and expanded. Statistics textbooks and monographs. Marcel Dekker, New York.
- González-Acosta, A. F., Balart, E. F., Ruiz-Campos, G., Espinosa-Pérez, H., Cruz-Escalona, V. H., y Hernández-López, A. (2018). Diversidad y conservación n de los peces de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89: 705-740.
- Goodson, G. y Weisgerber, P.J. (1988). Fishes of the Pacific coast: Alaska to Peru, including the Gulf of California and the Galapagos Islands. Stanford University Press, California.
- Hernández-Almaraz, P., Méndez-Rodríguez, L., Zenteno-Savín, T., O'Hara, T.M., Harley, J.R. y Serviere-Zaragoza, E. (2016). Concentrations of trace elements in sea urchins and macroalgae commonly present in *Sargassum* beds: implications for trophic transfer. *Ecological Research*, 31(6):785-798
- Jiménez-Gutiérrez, S.V. (1999). Abundancia y estructura comunitaria de peces de arrecife rocoso en la zona de Isla Cerralvo, B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN, La Paz. 100 p.
- Lluch-Cota, S.E., Aragón-Noriega, E.A., Arreguín-Sánchez, F., Aurióles-Gamboa, D., Bautista-Romero, J.J., Brusca, R.C., Cervantes-Duarte, D.R., Cortés-Altamirano, R., Del Monte-Luna, P., Esquivel-Herrera, A., Fernández, G., Hendrick, M.E., Hernández-Vázquez, S., Herrera-Cervantes, H., Kahru, M., Lavín, M., Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D.B., López-Martínez, J.,

- Marinone, S.G., Nevárez-Martínez, M.O., Ortega-García, S., Palacios-Castro, E., Parés-Sierra, A., Ponce-Díaz, G., Ramírez-Rodríguez, M., Salinas-Zavala, C.A., Schwartzlose, R.A. y Sierra-Beltrán, A.P. (2007). The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. *Progress in Oceanography*, 73: 1-26.
- Horn, M.H. y Allen L.G. (1985). Comunidad de peces en bahías y estuarios del sur de California. En: *Ecología de comunidades de peces en estuarios y lagunas costeras*, Universidad Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, México, pp. 169-190.
- López-Martínez, J., Herrera-Valdivia, E., Rodríguez-Romero, J. y Hernández-Vázquez, S. (2010) Peces de la fauna de acompañamiento en la pesca industrial de camarón en el Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*, 58(3):925-942.
- López-Martínez, J. y Morales-Bojórquez, E. (2012). *Efectos de la pesca del arrastre en el Golfo de California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y fundación Produce Sonora, México.
- Mancuso M, H.H. Abbas M, Bottari T. y Abdelhafez, A.A. (2023) Marine Pollution - Recent Developments. *Environmental Sciences*. IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.100945.
- Magurran, A.E. (2004). *Measuring Biological diversity*. Blackwell Publishing Company, Australia.
- Mazzola, A., Mirto, S., La Rosa, T., Fabiano, M. y Danovaro, R. (2000). Fish-farming effects on benthic community structure in coastal sediments: analysis of meiofaunal recovery. *Journal of Marine Science*, 57:1454-1461.
- Moreno-Sánchez, X.G. (2008). Estructura y organización trófica de la ictiofauna del arrecife de los Frailes, B.C.S. México. Tesis Doctoral. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas -IPN, La Paz. 161 pp.
- Msangameno, D.J. (2016). Intertidal and nearshore rocky reefs. En: Paula, J. (ed.) *Regional State of the Coast Report Western Indian Ocean*. UNEP and WIOMSA, Nairobi, Kenya. 85-102.
- Nelson, J.S. (2006). *Fishes of the World*, 4<sup>th</sup> edition. University of Alberta, Canada.
- NOM-059-SEMARNAT. (2019). Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 21 de diciembre de 2015, 85 pp.
- Obeso-Niebla, M. (2003). Variabilidad espacio-temporal de las condiciones oceanográficas de la Bahía de La Paz, BCS, México. Tesis Doctoral. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - IPN, La Paz. 337 pp.
- Obeso-Niebla, M., Shirasago, B., Sánchez-Velasco, L. y Gaviño-Rodríguez, J.H. (2004). Hydrographic variability in Bahía de La Paz, BCS, Mexico, during the 1997-1998 El Niño. *Deep-Sea Research II: Topical Studies in Oceanography*, 51(6-9): 689-710.
- Obeso-Niebla, M. y Gaviño-Rodríguez, J.H. (2014). Variabilidad espacial termohalina, masas de agua y circulación geostrofica en Bahía de La Paz, Golfo de California. *Revista de Biología y Oceanografía Costera*, 49(3): 413-426.
- Okey, T.A., Banks, S., Born, A.F., Bustamante, R.H., CalvoPiña, M., Edgar, G.J., Espinoza, E., Fariña, J.M., Garske, L.E., Reck, G.K., Salazar, S., Shepherd, S., Toral-Granda, V. y Wallen, P. (2004). A trophic model of a Galápagos subtidal rocky reef for evaluating fisheries and conservation strategies. *Ecological Modelling*, 172: 383-401.
- Olmstead, P.S. y Tukey J.W. (1947). A corner test for association. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18 (4): 495 - 513, December. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177730341>.

- Padilla-Serrato, J., López-Martínez, J., Rodríguez-Romero, J., Acevedo-Cervante, A., Galván-Magaña, F. y Lluch-Cota, D. (2017). Changes in fish community structure in coastal lagoon in the Gulf of California, Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 57 (3): 567-579.
- Páez-Osuna, F., Álvarez-Borrego, S., Ruíz-Fernández, A.C., García-Hernández, J., Jara-Marini, M.E., Bergés-Tiznado M.E., Piñon-Gimate, A., Alonso-Rodríguez, R., Soto-Jiménez, M.F., Frías-Espéricueta, M.G., Ruelas-Inzunza, J., Green-Ruiz, C.R., Osuna-Martínez, C.C. y Sánchez-Cabeza, J.A. (2017). Environmental status of the Gulf of California: a pollution review. *Earth-Science Review*, 166:181-205.
- Palacios, M. del M. y Zapata, F.A. (2011). Sesgos asociados a censos visuales de peces arrecifales en el Pacífico Orienta: Implicaciones del uso de transectos sencillos o de tamaño mixto, de la experiencia de los buzos y de la estimación de la talla. *Boletín de Investigaciones Marina y Costeras*, 40:117-138.
- Palacios-Salgado, D.S, Burnes-Romo, L.A., Tavera, J.J. y Ramírez-Valdez, A. (2012). Endemic fishes of the Cortez biogeographic province (Eastern Pacific Ocean). *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 42(3):152-164.
- Pasquali, D. y Marucci, A. (2021). The effects of urban and economic development on coastal zone management. *Sustainability*, 13:1-18.
- Payan-Alcacio, J.A. (2015). Diversidad funcional de la comunidad de peces en hábitats de manglar en la Bahía La Paz, B.C.S. México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN, La Paz. 107 pp.
- Pérez-España, H., Galván-Magaña, F. y Abitia-Cárdenas, L.A. (1996). Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes rocoso del suroeste del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 22(3): 273-294.
- QGIS Development Team. (2015). QGIS Geographic Information System, Open Source Geospatial Foundation Project, [URL:http://qgis.osgeo.org](http://qgis.osgeo.org).
- R Core Team. (2014). R: A language and environment for statistical computing, R a Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Raffaelli, D. y Hawkins, S. (1996). *Intertidal ecology*. Kluwer Academic Publishers, U.K.
- Rodríguez-Romero, J., Abitia-Cárdenas, L.A., Galván-Magaña, F. y Chávez-Ramos, H. (1994). Composición, abundancia y riqueza específica de la ictiofauna de Bahía Concepción, Baja California sur, México. *Ciencias Marinas*, 20(3): 321-350.
- Rodríguez-Romero, J., Abitia-Cárdenas., L.A., Galván-Magaña, F., Gutiérrez-Sánchez, F. J., Aguilar-Palomino, B., y Arvizu-Martínez, J. (1998). Ecology of fish communities from the soft bottoms of Bahía Concepción, México. *Archive of Fishery and Marine Research*, 46(1): 61-76.
- Rodríguez-Romero, J., Muhlia-Melo, A.F., Galván-Magaña, F., Gutiérrez-Sánchez, F.J. y Gracia-López, V. (2005). Fish assemblages around Espíritu Santo Island and Espíritu Santo seamount in the lower Gulf of California, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 77(1): 33-50.
- Rodríguez-Romero, J., López-González, L.C, Galván-Magaña, F., Sánchez-Gutiérrez, F. J., Inohuye-Rivera, R.B. y Pérez-Urbiola, J.C. (2011). Seasonal changes in a fish assemblage associated with mangroves in a coastal lagoon of Baja California Sur, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 39(2): 250-260.
- Rodríguez-Romero, J., Palacios-Salgado, D.S., López-Martínez, J., Hernández-Vázquez, S. y Ponce-Díaz, G. (2008). Composición taxonómica y relaciones zoogeográficas de los peces demersales de la costa occidental de Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical*, 56(4):1765-1783.

- Rodríguez-Uceda, A. (2009). Cambios en la estructura trófica de las comunidades de peces arrecifales en el pacífico mexicano. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C. 72 pp.
- Sánchez-Caballero C.A. (2014). Variación espacio temporal en la estructura comunitaria de la ictiofauna del arrecife rocoso de playa La Sorpresa, B.C.S. México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas -IPN, La Paz. 111 pp.
- Sánchez-Rodríguez, A., Aburto-Oropeza, O., Erisman, B., Jiménez-Esquivel, V.M. y Hinojosa-Arango, G. (2015). Rocky reefs: Preserving biodiversity for the benefit of the communities in the aquarium of the world. En: *Ethnobiology of corals and coral reefs*. Springer International Publishing, 177-208.
- Shannon, C.E. y Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. The University of Illinois Press, Chicago.
- Somarriba, E. (1999). Diversidad Shannon. *Agroforestería en las Américas*, 6(23):722-74.
- Teixeira-Neves, T.P., Mitrano-Neves, L. y Gerson-Araujo, F. (2015). Hierarchizing biological, physical, and anthropogenic factors influencing the structure of fish assemblages along tropical rocky shores in Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 98:1645-1657.
- Thomson, D.A., Findley, L.T. y Kerstitch, A.N. (2000). *Reef fishes of the sea of Cortez: the rocky-shore fishes of the Gulf of California*. Revised Edition. University of Texas Press, Austin. <https://doi.org/10.7560/781542>
- Torres-Esperanza, M. del R. (2016), Estructura de la comunidad íctica en tres arrecifes rocosos al sur del Golfo de California. Tesis de Maestría Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - IPN, La Paz. 83 pp.
- Vázquez-Hurtado, M., Maldonado-García, M., Lechuga-Devéze, C.H., Acosta-Salmón, H., y Ortega-Rubio, A. (2010). Artisanal fisheries in La Paz Bay and adjacent oceanic area (Gulf of California, Mexico). *Ciencias Marinas*, 36(4): 433-444.
- Viesca-Lobatón, C., Balart, E.F., González-Cabello, A., Mascareñas-Osorio, I., Aburto-Oropeza, O., Reyes-Bonilla, H., y Torreblanca, E. (2008). Peces arrecifales. En: *Bahía de Los Ángeles: recursos naturales y comunidad*. Pronatura Noroeste AC, México, pp. 385-427.
- Villarreal-Cavazos, A., Reyes-Bonilla, H., Bermúdez-Almada, B., y Arizpe-Covarrubias, O. (2000). Los peces del arrecife de Cabo Pulmo, Golfo de California, México: Lista sistemática y aspectos de abundancia y biogeografía. *Revista de Biología Tropical*, 48(2-3): 413-424.
- Villegas-Sánchez, C.A., Abitia-cárdenas, L.A., Gutiérrez-Sánchez, F.J. y Galván-Magaña, F. (2009). Rocky-reef fish assemblages at San José Island, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(1): 169-179.
- Vita, R., Marín. A., Madrid, j.A., Jiménez-Brinquis., César, A. y Marín-Guirao. (2002). Impacto ambiental de la acuicultura en los bentos marinos: experimentos de exclusión- inclusión. *Boletín Instituto Español de Oceanografía*, 18(1-4):75-86.
- Walker, B.W. (1960). The distribution and affinities of the marine fish fauna of the Gulf of California. *Systematic Zoology*, 9:123-133.
- Wang, Bo., Han, L. y Zhang, H. (2021). The impact of regional industrial structure upgrading on the economic growth of marine fisheries in China – The Perspective of Industrial Advancement and Retionalization. *Frontiers in Marine Science*, 8:1-8.
- Zayas-Álvarez, J.A. (2005). Análisis temporal de la estructura comunitaria de los peces crípticos asociados a un arrecife artificial en punta diablo, Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas -IPN, La Paz. 101 pp.

- Zayas-Álvarez, J.A. (2016). Sucesión de la estructura comunitaria de peces críticos en un arrecife artificial de sistema cerrado. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz. 141 pp.
- Zar, J.H. (2010). Biostatistical Analysis. Fifth edition, Pearson, Department of Biological Sciences Northern Illinois University, 947 pp.
- Zeitzchel, B. (1969), Primary productivity in the Gulf of California. *Marine Biology*, 3:201-207.

## 11. ANEXOS

### 11.1 ANEXO A

Especies que conforman el elenco sistemático de peces asociados a los arrecifes rocosos de las estaciones de muestreo para este estudio. Así como las especies que son capturadas para uso comercial (venta), su estatus de conservación de acuerdo con la IUCN: Preocupación menor (Pm), Vulnerable (V), En peligro (Pe), No aplica (NA); Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES): Si o no; NOM-059 (2019): Sujeta a protección (Pr).

<b>Chondrichthyes</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Comercial</b>	<b>IUCN</b>	<b>CITES</b>	<b>NOM-059</b>
<b>Urotrygonidae</b>					
<i>Urobatis concentricus</i> Osburn & Nichols, 1916	Raya de arrecife	Si	Pm	No	-
<i>Urobatis halleri</i> (Cooper, 1863)	Raya redonda común	Si	Pm	No	-
<i>Urobatis maculatus</i> Garman, 1913	Raya manchada	Si	Pm	No	-
<b>Actinopterygii</b>					
<b>Muraenidae</b>					
<i>Gymnomuraena zebra</i> (Shaw, 1797)	Morena zebra	-	Pm	No	-
<i>Gymnothorax castaneus</i> (Jordan & Gilbert, 1883)	Morena verde	-	Pm	No	-
<i>Gymnothorax.sp</i>	Morena	-	-	-	-
<i>Muraena lentiginosa</i> Jenyns, 1842	Morena joya	-	Pm	No	-
<i>Muraena.sp</i>	Morena	-	-	-	-
<b>Cupleidae</b>					
<i>Harengula thrissina</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	Arenque plumita	-	Pm	No	-
<i>Sardinops sagax</i> (Jenyns, 1842)	Sardina de California	Si	Pm	No	-
<b>Hemiramphidae</b>					
<i>Hemiramphus saltator</i> Gilbert & Starks, 1904	Pajarito saltator	-	Pm	No	-
<b>Exocoetidae</b>					
<i>Fodiator acutus</i> (Valenciennes, 1847)	Volador picudo	-	Pm	No	-

**Belonidae***Tylosurus crocodilus fodiator* Jordan & Gilbert, 1882

Marao lisero - Pm No -

**Holocentridae***Sargocentron suborbitalis* (Gill, 1863)

Candil sol - Pm No -

**Fistulariidae***Fistularia commersonii* Rüppell, 1838

Corneta de arrecife - Pm No -

**Scorpaenidae***Scorpaena mystes* Jordan & Starks in Jordan, 1895

Lapón roquero - Pm No -

**Serranidae***Alphestes immaculatus* Breder, 1936

Guaseta cherna - Pm No -

*Cephalopholis panamensis* (Steindachner, 1877)

Cabrilla panameña Si Pm No -

*Dermatolepis dermatolepis* (Boulenger, 1895)

Mero cuero - Pm No -

*Epinephelus analogus* Gill, 1863

Mero punteado Si Pm No -

*Epinephelus itajara* (Lichtenstein, 1822)

Mero de profundidad Si V y Pe No -

*Epinephelus labriformis* (Jenyns, 1840)

Mero pintado Si Pm No -

*Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877)

Cabrilla sardinera Si Pm No -

*Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868)

Cabrilla pecosa Si Pm No -

*Paranthias colonus* (Valenciennes, 1846)

Pez criolla - Pm No -

**Carangidae***Alectis ciliaris* (Bloch, 1787)

Palometón ojo grande Si Pm No -

*Caranx caballus* Günther, 1868

Jurel cojinua Si Pm No -

*Caranx caninus* Günther, 186

Jurel toro Si Pm No -

*Caranx sexfasciatus* Quoy & Gaimard, 1825

Jurel ojón Si Pm No -

*Caranx vinctus* Jordan & Gilbert, 1882

Jurel rayado Si Pm No -

*Gnathanodon speciosus* (Forsskål, 1775)

Pámpano rayado - Pm No -

*Oligoplites refulgens* Gilbert & Starks, 1904

Cuero flaco - Pm No -

*Oligoplites saurus inornatus* (Bloch & Schneider, 1801)

Cuero coliamarilla - Pm No -

*Selar crumenophthalmus* (Bloch, 1793)

Jurel de ojo grande Si Pm No -

<i>Selene peruviana</i> (Guichenot, 1866)	Palometa peseta	Si	Pm	No	-
<b>Nematistiidae</b>					
<i>Nematistius pectoralis</i> Gill, 1862	Pejegallo	Si	NA	No	-
<b>Lutjanidae</b>					
<i>Hoplopagrus guentherii</i> Gill, 1862	Pargo roquero	Si	Pm	No	-
<i>Lutjanus argentiventris</i> (Peters, 1869)	Pargo amarillo	Si	Pm	No	-
<i>Lutjanus colorado</i> Jordan & Gilbert, 1882	Pargo colorado	Si	Pm	No	-
<i>Lutjanus guttatus</i> (Steindachner, 1869)	Pargo de la mancha	Si	Pm	No	-
<i>Lutjanus inermis</i> (Peters, 1869)	Pargo rabirubia	Si	Pm	No	-
<i>Lutjanus novemfasciatus</i> Gill, 1862	Pargo negro	Si	Pm	No	-
<i>Lutjanus viridis</i> (Valenciennes, 1846)	Pargo azul dorado	-	Pm	No	-
<b>Gerreidae</b>					
<i>Eucinostomus currani</i> Zahuranec in Yáñez-Arancibia, 1980	Palmito bandera	Si	Pm	No	-
<i>Eucinostomus dowii</i> (Gill, 1863)	Palmito plateado	Si	Pm	No	-
<i>Eucinostomus gracilis</i> (Gill, 1862)	Palmito fino	-	Pm	No	-
<i>Gerres cinereus</i> (Walbaum, 1792)	Mojarra blanca	Si	Pm	No	-
<b>Haemulidae</b>					
<i>Anisotremus interruptus</i> (Gill, 1862)	Burro bacoco	Si	Pm	No	-
<i>Haemulon flaviguttatum</i> Gill, 1862	Roncador amarillo	Si	Pm	No	-
<i>Haemulon maculicauda</i> (Gill, 1862)	Ronco saladito	Si	Pm	No	-
<i>Haemulon scudderii</i> Gill, 1862	Roncador pecoso	Si	Pm	No	-
<i>Haemulon sexfasciatum</i> Gill, 1862	Roncador almejero	Si	Pm	No	-
<i>Haemulon steindachneri</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	Roncador frijol	Si	Pm	No	-
<i>Haemulopsis leuciscus</i> (Günther, 1864)	Ronco chinilla	Si	Pm	No	-
<i>Microlepidotus inornatus</i> Gill, 1862	Ronco rayadito	Si	Pm	No	-
<b>Sparidae</b>					
<i>Calamus brachysomus</i> (Lockington, 1880)	Sargo chaveco	Si	Pm	No	-
<b>Mullidae</b>					
<i>Mulloidichthys dentatus</i> (Gill, 1862)	Salmonete amarillo	Si	Pm	No	-

**Kyphosidae**

<i>Girella simplicidens</i> Osburn & Nichols, 1916	Chopa ojo azul	Si	Pm	No	-
<i>Hermosilla azurea</i> Jenkins and Evermann, 1889	Chopa bonita	Si	Pm	No	-
<i>Kyphosus vaigiensis</i> (Quoy & GAIMARD, 1825)	Chopa rayada	Si	Pm	No	-
<i>Kyphosus elegans</i> (Peters, 1869)	Chopa de Cortés	Si	Pm	No	-

**Chaetodontidae**

<i>Chaetodon humeralis</i> Günther, 1860	Mariposa muñeca	-	Pm	No	-
<i>Johnrandallia nigrirostris</i> (Gill, 1862)	Mariposa limón	-	Pm	No	-

**Pomacanthidae**

<i>Holacanthus passer</i> Valenciennes, 1846	Muñeca rey	-	Pm	No	Pr
<i>Pomacanthus zonipectus</i> (Gill, 1862)	Ángel de Cortés	-	Pm	No	Pr

**Pomacentridae**

<i>Abudefduf troschelii</i> (Gill, 1862)	Pintaño amarillo	-	Pm	No	-
<i>Microspathodon bairdii</i> (Gill, 1862)	Jaqueta bocona	-	Pm	No	-
<i>Microspathodon dorsalis</i> (Gill, 1862)	Jaqueta gigante	-	Pm	No	-
<i>Stegastes acapulcoensis</i> (Fowler, 1944)	Jaqueta acapulqueña	-	Pm	No	-
<i>Stegastes flavilatus</i> (Gill, 1862)	Castañeta azul dorado	-	Pm	No	-
<i>Stegastes leucorus</i> (Gilbert, 1892)	Castañeta cola blanca	-	V	No	-
<i>Stegastes rectifraenum</i> (Gill, 1862)	Castañeta azulada	-	Pm	No	-

**Cirrhitidae**

<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i> (Bleeker, 1855)	Halcón de coral	-	Pm	No	-
<i>Cirrhitus rivulatus</i> Valenciennes, 1846	Halcón gigante	-	Pm	No	-

**Mugilidae**

<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	Lisa pardete	-	Pm	No	-
<i>Mugil curema</i> Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1836	Lisa blanca	-	Pm	No	-

**Sphyraenidae**

<i>Sphyraena ensis</i> Jordan & Gilbert, 1882	Barracuda	Si	Pm	No	-
---	-----------	----	----	----	---

**Labridae**

<i>Bodianus diplotaenia</i> (Gill, 1862)	Vieja de piedra	Si	Pm	No	-
<i>Halichoeres chierchiae</i> Di Caporiacco, 1947	Señorita herida	-	Pm	No	-
<i>Halichoeres dispilus</i> (Günther, 1864)	Señorita camaleón	-	Pm	No	-
<i>Halichoeres insularis</i> Allen & Robertson, 1992	Señorita rayada	-	V	No	-
<i>Halichoeres nicholsi</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	Señorita solterona	-	Pm	No	-
<i>Halichoeres notospilus</i> (Günther, 1864)	Señorita listada	-	Pm	No	-
<i>Thalassoma grammaticum</i> Gilbert, 1890	Viejita collareja	-	Pm	No	-
<i>Thalassoma lucasanum</i> (Gill, 1862)	Viejita de arcoíris	-	Pm	No	-
<b>Scaridae</b>					
<i>Nicholsina denticulata</i> (Evermann & Radcliffe, 1917)	Pococho beriquete	-	Pm	No	-
<i>Scarus compressus</i> (Osburn & Nichols, 1916)	Loro chato	Si	Pm	No	-
<i>Scarus ghobban</i> Forsskål, 1775	Loro barbazul	Si	Pm	No	-
<i>Scarus perrico</i> Jordan & Gilbert, 1882	Loro jorobado	Si	Pm	No	-
<i>Scarus rubroviolaceus</i> Bleeker, 1847	Loro bicolor	Si	Pm	No	-
<b>Labrisomidae</b>					
<i>Labrisomus xanti</i> Gill, 1860	Trambollo boca grande	-	Pm	No	-
<i>Malacoctenus hubbsi</i> Springer, 1959	Trambollo panza rojo	-	Pm	No	-
<i>Malacoctenus margaritae</i> (Fowler, 1944)	Trambollo margarita	-	Pm	No	-
<i>Malacoctenus tetranemus</i> (Cope, 1877)	Trambollo pintado	-	Pm	No	-
<i>Malacoctenus zonifer</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	Trambollo de pozo	-	Pm	No	-
<b>Blenniidae</b>					
<i>Blennidae.sp</i>					
<i>Ophioblennius steindachneri</i> Jordan & Evermann, 1898	Cachudito mono	-	Pm	No	-
<i>Plagiotremus azaleus</i> (Jordan & Bollman, 1890)	Borracho veloz	-	Pm	No	-
<b>Gobiidae</b>					
<i>Gobiosoma chiquita</i> (Jenkins & Evermann, 1889)	Gobio chiquito	-	Pm	No	-
<b>Zanclidae</b>					
<i>Zanclus cornutus</i> (Linnaeus, 1758)	Ídolo moro	-	Pm	No	-
<b>Acanthuridae</b>					

<i>Prionurus punctatus</i> Gill, 1862	Navajón punteado	-	Pm	No	-
<b>Paralichthyidae</b>					
<i>Syacium ovale</i> (Günther, 1864)	Lenguado ovalado	Si	Pm	No	-
<b>Balistidae</b>					
<i>Balistes polylepis</i> Steindachner, 1876	Cochito	Si	Pm	No	-
<i>Sufflamen verres</i> (Gilbert & Starks, 1904)	Chancho cochino	Si	Pm	No	-
<b>Monacanthidae</b>					
<i>Monacanthidae.sp</i>	Lijas		PM	No	-
<b>Tetraodontidae</b>					
<i>Arothron meleagris</i> (Lacepède, 1798)	Botete	-	Pm	No	-
<i>Canthigaster punctatissima</i> (Günther, 1870)	Botete enano	-	Pm	No	-
<i>Sphoeroides annulatus</i> (Jenyns, 1842)	Tamboril anillado	-	Pm	No	-
<i>Sphoeroides lobatus</i> (Steindachner, 1870)	Tamboreta narigón	-	Pm	No	-
<b>Diodontidae</b>					
<i>Chilomycterus reticulatus</i> (Linnaeus, 1758)	Pez erizo enano	-	Pm	No	-
<i>Diodon holocanthus</i> Linnaeus, 1758	Pez globo	-	Pm	No	-
<i>Diodon hystrix</i> Linnaeus, 1758	Pez erizo espinoso	-	Pm	No	-

---

## 11.2 ANEXO B

Dominancia de las especies de peces registrados en Bahía de La Paz en 2022, divididos en las cuatro categorías de acuerdo con el diagrama de Olmstead-Tukey (Olmstead y Tukey, 1947).

<b>Dominantes</b>	<b>Abundancia relativa</b>	<b>Frecuencia relativa</b>
<i>Abudefduf troschelii</i>	0.25557853	0.04766634
<i>Haemulon maculicauda</i>	0.11008309	0.01588878
<i>Thalassoma lucasanum</i>	0.05910526	0.03773585
<i>Stegastes rectifraenum</i>	0.03856899	0.04270109
<i>Balistes polylepis</i>	0.03581147	0.03773585
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	0.03011502	0.01886792
<i>Kyphosus vaigiensis</i>	0.02670440	0.01390268
<i>Sargocentron suborbitalis</i>	0.02459998	0.01588878
<i>Mugil curema</i>	0.02434600	0.01986097
<i>Haemulon sexfasciatum</i>	0.02046370	0.03376365
<i>Haemulon scudderi</i>	0.01534777	0.00993049
<i>Mugil cephalus</i>	0.01415043	0.01290963
<i>Kyphosus elegans</i>	0.01291680	0.01588878
<i>Chaetodon humeralis</i>	0.00943362	0.02581927
<b>Frecuentes</b>	<b>Abundancia relativa</b>	<b>Frecuencia relativa</b>
<i>Gerres cinereus</i>	0.0068938	0.02383317
<i>Mycteroperca rosacea</i>	0.00674867	0.03773585
<i>Prionurus punctatus</i>	0.00558761	0.01191658
<i>Scarus ghobban</i>	0.00478938	0.02482622
<i>Scarus perrico</i>	0.00460796	0.02383317
<i>Halichoeres notospilus</i>	0.00439026	0.02879841
<i>Canthigaster punctatissima</i>	0.00399115	0.02681231
<i>Epinephelus labriformis</i>	0.00330177	0.02184707
<i>Halichoeres dispilus</i>	0.00308407	0.01390268
<i>Arothron meleagris</i>	0.0030115	0.01588878
<i>Holacanthus passer</i>	0.00290265	0.02581927
<i>Nicholsina denticulata</i>	0.00290265	0.01489573
<i>Halichoeres nicholsi</i>	0.00243097	0.00993049
<i>Microspathodon dorsalis</i>	0.00221327	0.02284012
<i>Lutjanus argentiventris</i>	0.00217699	0.01588878
<i>Thalassoma grammaticum</i>	0.00199557	0.01390268
<i>Calamus brachysomus</i>	0.00192301	0.00993049
<i>Diodon holocanthus</i>	0.00192301	0.01787488
<i>Fistularia commersonii</i>	0.00166903	0.01688183

<i>Ophioblennius steindachneri</i>	0.00134248	0.00993049
<i>Hoplopagrus guntheri</i>	0.00108849	0.01290963
<i>Pomacanthus zonipectus</i>	0.00101593	0.01290963
<i>Cephalopholis panamensis</i>	0.00076195	0.01390268
<i>Cirrhitis rivulatus</i>	0.00068938	0.01489573
<b>Ocasionales</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Frecuencia</b>
	<b>relativa</b>	<b>relativa</b>
<i>Sardinops sagax</i>	0.07438047	0.00198610
<i>Haemulon steindachneri</i>	0.04709553	0.00595829
<i>Haemulon flaviguttatum</i>	0.03327165	0.00695134
<i>Harengula thrissina</i>	0.01904866	0.00198610
<i>Microlepidotus inornatus</i>	0.01520264	0.00595829
<i>Hemiramphus saltator</i>	0.00903451	0.00595829
<b>Raras</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Frecuencia</b>
	<b>relativa</b>	<b>relativa</b>
<i>Stegastes acapulcoensis</i>	0.00533362	0.00496524
<i>Eucinostomus currani</i>	0.00522477	0.00794439
<i>Caranx caballus</i>	0.00413628	0.00595829
<i>Anisotremus interruptus</i>	0.00406371	0.00297915
<i>Sphyræna ensis</i>	0.00391858	0.00198610
<i>Selar crumenophthalmus fodiator acutus</i>	0.00348318	0.00297915
<i>Caranx sexfasciatum</i>	0.00290265	0.00198610
<i>Nematistius pectoralis</i>	0.00228584	0.00198610
<i>Stegastes flavilatus</i>	0.00181416	0.00099305
<i>Stegastes leucorus</i>	0.00177787	0.00695134
<i>Haemulopsis leuciscus</i>	0.00174159	0.00496524
<i>Oligoplites refulgens</i>	0.00159646	0.00297915
<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	0.00156018	0.00397219
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	0.00152389	0.00893744
<i>Bodianus diplotaenia</i>	0.00148761	0.00695134
<i>Eucinostomus dowii</i>	0.00126991	0.00794439
<i>Sphoeroides annulatus</i>	0.00112478	0.00198610
<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	0.00068938	0.00893744
<i>Diodon hystrix</i>	0.00058053	0.00595829
<i>Halichoeres chierchiae</i>	0.00058053	0.00893744
<i>Gobiosoma chiquita</i>	0.00054425	0.00496524
<i>Epinephelus itajara</i>	0.00047168	0.00198610
<i>Selene peruviana</i>	0.00039911	0.00496524
<i>Eucinostomus gracilis</i>	0.00039911	0.00198610
<i>Zanclus cornutus</i>	0.00036283	0.00099305
<i>Hermosilla azurea</i>	0.00036283	0.00397219
<i>Caranx caninus</i>	0.00032655	0.00198610
	0.00025398	0.00198610

<i>Scarus compressus</i>	0.00025398	0.00297915
<i>Paranthias colonus</i>	0.00021770	0.00099305
<i>Caranx vinctus</i>	0.00018142	0.00099305
<i>Epinephelus analogus</i>	0.00018142	0.00297915
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	0.00018142	0.00198610
<i>Sphoeroides lobatus</i>	0.00018142	0.00297915
<i>Plagiotremus azaleus</i>	0.00014513	0.00099305
<i>Alphestes immaculatus</i>	0.00010885	0.00297915
<i>Malacoctenus margaritae</i>	0.00010885	0.00198610
<i>Malacoctenus tetranemus</i>	0.00010885	0.00198610
<i>Gnathanodon speciosus</i>	0.00007257	0.00198610
<i>Gymnothorax castaneus</i>	0.00007257	0.00198610
<i>Gymnothorax sp</i>	0.00007257	0.00198610
<i>Lutjanus guttatus</i>	0.00007257	0.00099305
<i>Lutjanus viridis</i>	0.00007257	0.00198610
<i>Malacoctenus zonifer</i>	0.00007257	0.00099305
<i>Sufflamen verres</i>	0.00007257	0.00198610
<i>Tylosurus crocodilus</i>		
<i>fodiatur</i>	0.00007257	0.00198610
<i>Urobatis concentricus</i>	0.00007257	0.00198610
<i>Urobatis halleri</i>	0.00007257	0.00198610
<i>Alectis ciliaris</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Blennidae sp</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Chilomycterus reticulatus</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Dermatolepis dermatolepis</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Girella simplicidens</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Gymnomuraena zebra</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Labrisomus xanti</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Lutjanus colorado</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Lutjanus inermis</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Malacoctenus hubbsi</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Microspathodon bairdii</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Monacanthidae sp</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Muraena lentiginosa</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Muraena sp</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Oligoplites saurus</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Scorpaena mystes</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Syacium ovale</i>	0.00003628	0.00099305
<i>Urobatis maculatus</i>	0.00003628	0.00099305

---

### 11.3 ANEXO C

Tabla de los eigenvalores obtenidos en el ACP a partir de los valores de factores fisicoquímicos e índices de las especies de peces asociados a los arrecifes rocosos cercados a las zonas de estudio dentro de BLP.

	Eigenvalor	Varianza explicada (%)	Varianza acumulada (%)
1	2.95890104	42.2700149	42.27001
2	1.63280348	23.325764	65.59578
3	1.11447872	15.9211246	81.5169
4	0.80493701	11.4991002	93.016
5	0.38971533	5.5673619	98.58337
6	0.09824945	1.4035636	99.98693
7	0.00091496	0.0130708	100