



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**ESTRUCTURA COMUNITARIA Y DIVERSIDAD
TAXONÓMICA DE LOS PECES EN LA BAHÍA DE LA
PAZ Y LA ISLA SAN JOSÉ, GOLFO DE CALIFORNIA**

TESIS

Que para obtener el grado de

Doctor en Ciencias

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

P r e s e n t a

EMELIO BARJAU GONZÁLEZ

La Paz, Baja California Sur, Febrero de 2012

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 13:00 horas del día 27 del mes de ENERO del 2012, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"ESTRUCTURA COMUNITARIA Y DIVERSIDAD TAXONÓMICA DE LOS PECES EN LA BAHÍA DE LA PAZ Y LA ISLA SAN JOSÉ, GOLFO DE CALIFORNIA."

Presentada por el alumno:

Emelio Barjau González

Aspirante al Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN Biología Marina

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

LA COMISION REVISORA


Dr. Jesús Rodríguez-Romero

CO-DIRECTOR DE TESIS


Dr. Felipe Galván-Magaña

CO-DIRECTOR DE TESIS


Dr. Salvador E. Lluch-Cota

CO-TUTOR


Dra. Juana López-Martínez

CO-TUTOR


Dr. Andrés Abitia-Cárdenas

CO-TUTOR


DRA. ELISA SERVIERE ZARAGOZA,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Comité Tutorial:

Dr. Jesús Rodríguez Romero Co-director

Dr. Felipe Galván Magaña Co- director

Dra. Juana López Martínez Co-tutor

Dr. Salvador Lluch Cota Co- tutor

Dr. Andrés Abítia Cárdena Co- tutor

Comité Revisor de tesis:

Dr. Jesús Rodríguez Romero

Dr. Felipe Galván Magaña

Dra. Juana López Martínez

Dr. Salvador Lluch Cota

Dr. Andrés Abítia Cárdena

Jurado de examen de grado:

Dr. Jesús Rodríguez Romero

Dr. Felipe Galván Magaña

Dra. Juana López Martínez

Dr. Salvador Lluch Cota

Dr. Andrés Abítia Cárdena

Suplentes:

Dra. Minerva C. Maldonado García

Dr. Arturo F. Muhlia Melo

RESUMEN

El Golfo de California es una de las regiones más diversas del Océano Pacífico Oriental Tropical (OPOT) con alrededor de 822 especies de peces, 92 de ellas endémicas (Thomson *et al.*, 2000). La amplia biodiversidad en esta área ha permitido que se considere al Golfo de California como un centro de origen equivalente al de Centroamérica, además de que se encuentra entre los cinco ecosistemas marinos con mayor productividad biológica en el mundo (Enríquez-Andrade *et al.*, 2005; Lara-Lara *et al.*, 2008). El presente trabajo tiene como objetivo determinar la composición estructural y la diversidad taxonómica de los peces arrecifales y su relación con factores ambientales en una zona costera de la bahía de La Paz (ZCBP) y de la Isla San José (ISJ), en el suroeste del Golfo de California. Para ello, se concretaron 12 campañas bimestrales de censos visuales: de marzo de 2001 a febrero de 2002 en la ISJ, y de abril de 2002 a marzo de 2003 en la ZCBP, para lo cual se realizaron transectos de 100 m de largo por 5 m de ancho en 8 localidades de la Isla San José y 8 en la costa oeste de la bahía de La Paz. Los censos se realizaron a una profundidad promedio de 5 metros. La temperatura del agua fue el parámetro que mostró una mayor variación y, con base en su registro, se observaron en cada área de estudio dos temporadas climáticas: una templada y la otra cálida. Se registraron un total de 51,241 organismos pertenecientes a 133 especies, de las cuales 112 especies se observaron en la isla y 92 en la bahía. Considerando la composición y la diversidad taxonómica, se puede concluir que la ISJ tiene sitios con una mayor estabilidad, diversidad y abundancia que la ZCBP.

Palabras claves: diversidad taxonómica, ensamblaje y Golfo de California.

ABSTRACT

The Gulf of California is one of the most diverse regions of the Tropical Eastern Pacific Ocean (TEPO) with around 822 species of fish, 92 of them endemic (Thomson *et al.*, 2000). The high biodiversity in this area has seen the Gulf of California as a center of origin equivalent to that of Central America and is among the five most productive marine ecosystems in the world biological (Enriquez-Andrade, *et al.*, 2005, Lara-Lara *et al.*, 2008). This study aims to determine the general structural composition and taxonomic diversity of reef fish and its relationship with environmental factors in a coastal area of the Bay of La Paz and San Jose Island in the southwestern Gulf of California. This bimonthly 12 campaigns were implemented visual census in March 2001 to February 2002 at ISJ and April 2002 to March 2003 in the ZCBP, this will transects 100 m long by 5 m wide by 8 towns of San Jose Island and 8 in the west coast of the Bay of La Paz, censuses were conducted at an average depth of 5 meters. The water temperature was the parameters that showed a greater variation and based on their record were observed in each study area two climatic seasons, one warm and one warm. There were a total of 51,241 organisms belonging to 133 species, of which 112 species were observed on the island and 92 in the bay. Considering the taxonomic composition and diversity can be concluded that the ISJ has sites with greater stability, diversity and abundance that ZCBP.

Keywords: Taxonomic diversity, assembly and Gulf of California.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Biológicas (**CIBNOR**) de La Paz, por permitir realizar mis estudios doctorales.

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (**CONACyT**).

A la Universidad Autónoma de Baja California Sur (**UABCS**) por darme el apoyo y el tiempo suficiente para poder culminar con mis estudios.

Al Programa de Mejoramiento de los Profesores (**PROMEP**).

Al Dr. Jesús Rodríguez-Romero por facilitarme las bases de datos para poder realizar la presente investigación.

A los Dres. Jesús Rodríguez-Romero y Felipe Galván-Magaña por su invaluable apoyo y asesoría, así como por haber como codirectores de la presente tesis.

A los miembros del Comité Tutorial, los Dres. Jesús Rodríguez-Romero (CIBNOR), Felipe Galván-Magaña (CICIMAR), Juana López-Martínez (CIBNOR), Salvador E. Lluch Cota (CIBNOR) y Andrés Abítia-Cárdenas (CICIMAR).

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre, **Ignacio Barjau Escalante**, por inculcarme y enseñarme que en esta vida lo importante es querer hacerlo y hacerlo bien; con todo mi respeto, admiración y cariño, donde quieras que te encuentres mi viejo.

A mi madre, **Loyda González Méndez**, por darme la vida y la luz de la esperanza, y enseñarme que la dedicación, el esmero y la voluntad hacen que uno se supere cada día, sin importar la edad. Gracias madre.

A mi querida esposa, **Myrna Cecilia Pérez-Milicua Siqueiros**, quien también es parte muy importante de este trabajo, ya que es licenciada, maestra y doctora; asimismo, por compartir los momentos más significativos, felices y, por qué no, también los tristes. Gracias gorda.

A mis hijos, **Myrna Barjau Pérez-Milicuay Emelio Barjau Pérez-Milicua (y a su reciente esposa)**, que son mi orgullo y la continuidad de mis genes, por lo que son lo más hermoso y valioso de mi vida.

A todos mis amigos de adentro y afuera de la Universidad; más carnes asadas los viernes palomilla.

Contenido

1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
3. Justificación	5
4. Objetivo general.....	6
4.1. Objetivos específicos	7
5. Hipótesis de trabajo	7
6. Material y métodos	8
6.1 Área de estudio	8
6.2 Isla San José (ISJ).....	8
6.3 Localización y características de las localidades de muestreo (ISJ).....	8
6.4 Zona Costera de la Bahía de La Paz (ZCBP).....	11
6.5 Localización y características de las localidades de muestreo (ZCBP).....	11
6.6 Trabajo de campo.....	14
6.7 Características del hábitat	16
6.8 Análisis de la información	17
6.8.1 Abundancia relativa	17
6.8.2 Riqueza específica	17
6.8.3 Diversidad.....	17
6.8.4 Equidad.....	18
6.8.5 Dominancia.....	18
6.8.6 Frecuencia de aparición	19

6.8.7 Clasificación de las especies de acuerdo a su abundancia relativa y ocurrencia.....	20
6.8.8 Análisis estadísticos.....	20
6.8.8.1 Análisis de Componentes Principales: (ACP).....	21
6.8.8.2 Análisis de similitud	21
6.8.9 Diversidad taxonómica	22
6.8.9.1 Índice Alfa de Fisher.....	22
6.8.9.2 Diversidad Alfa (α).....	22
6.8.9.3 Diversidad Beta (β).....	23
6.8.9.4 Diversidad Gamma (γ).....	23
6.8.9.5 Índice de distintividad taxonómica promedio(Δ +)	24
6.8.9.6 Índice de distintividad taxonómica(Δ)	24
6.8.10 Afinidad zoogeográfica.....	24
7. Resultados.....	25
7.1 Isla San José (ISJ).....	25
7.1.1 Variables físico-químicas	25
7.1.2 Complejidad del hábitat.....	30
7.1.3 Estructura del ensamblaje.....	31
7.1.4 Diversidad taxonómica	45
7.2 Zona Costera de Bahía de La Paz (ZCBP).....	54
7.2.1 Variables físico-químicas	54
7.2.2 Complejidad del hábitat.....	58
7.2.3 Estructura del ensamblaje en la ZCBP	59

7.2.4 Diversidad taxonómica	72
8. Discusión	81
8.1 Características del hábitat	81
8.2 Estructura del ensamblaje	84
8.3 Diversidad Taxonómica.....	90
8.4 Afinidad Zoogeográfica: ISJ y ZCBP.....	97
9.- Conclusiones	98
10.- Literatura citada	99
Anexo 1.- Elenco sistemáticos de las especies registradas en las zonas de estudio	116
Anexo 2.- Dominancia por mes de acuerdo al IVB de las especies de peces en la ISJ	123
Anexo 3.- Dominancia por localidades de acuerdo al IVB de las especies de peces en la ISJ	125
Anexo 4.-Abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia en la ISJ	127
Anexo 5.- Dominancia por mes de acuerdo IVB de las especies de peces en la ZCBP	130
Anexo 6.- Dominancia por localidades de acuerdo al IVB en la ZCBP	132
Anexo 7.-Abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia en la ZCBP	134
Anexo 8.- Primera publicación (aceptada)	
Anexo 9.- Segunda publicación (enviada)	

Lista de figuras

Figura 1. a y b del área de estudio con las localidades de muestreo	14
Figura 2. Temperatura del agua por mes muestreado en la ISJ	26
Figura 3. Temperatura del agua por localidad muestreada en la ISJ	26
Figura 4. Dendrograma de los meses muestreados en la ISJ	27
Figura 5. Salinidad del agua de mar por mes muestreados en la ISJ	27
Figura 6. Salinidad del agua de mar por localidad muestreada de la ISJ	28
Figura 7. Oxígeno disuelto en el agua de mar en los meses muestreados en la ISJ	29
Figura 8. Oxígeno disuelto en el agua de mar por localidad muestreada en la ISJ	29
Figura 9. Rugosidad en cada una de las localidades muestreadas en la ISJ	30
Figura 10. Abundancia relativa global de las especies de peces de la ISJ	32
Figura 11. Abundancia relativa acumulada por localidad de los peces de la ISJ	33
Figura 12. Abundancia relativa acumulada por temporada climática de los peces de la ISJ	34
Figura 13. Riqueza específica (IRE) por meses observados de los peces de la ISJ	35
Figura 14. Riqueza específica (IRE) registrada por localidades en la ISJ	35
Figura 15. Diversidad (H') registrada por mes en la ISJ	36
Figura 16. Diversidad (H') por localidades muestreadas en la ISJ	37
Figura 17. Equidad (J') por mes en la ISJ	38
Figura 18. Equidad (J') por localidades de la ISJ	38
Figura 19. Dominancia general de acuerdo al IVB de los peces en la ISJ	41
Figura 20: Clasificación de las 112 especies registradas en la ISJ	43

Figura 21. ACP en su forma temporal de los peces de la ISJ	44
Figura 22. ACP relacionando las características del hábitat en la ISJ	45
Figura 23. Alfa de Fisher calculada para cada mes de muestreo en la ISJ	46
Figura 24. Alfa de Fisher calculada para cada localidad muestreada en la ISJ	46
Figura 25. Diversidad Alfa registrada por mes y localidades de la ISJ	47
Figura 26. Diversidad Alfa promedio por localidades de la ISJ	48
Figura 27. Diversidad beta por localidades en la ISJ	48
Figura 28. Diversidad beta y gamma acumuladas por temporada climática en la ISJ .	49
Figura 29. Túnel de los valores de la distintividad taxonómica de los peces de la ISJ .	50
Figura 30. Distintividad taxonómica por meses de los peces muestreados en la ISJ ...	50
Figura 31. Distintividad taxonómica por localidad de los peces registrados en la ISJ .	51
Figura 32. Túnel de la distintividad taxonómica promedio de los meses en la ISJ	52
Figura 33. Distintividad taxonómica promedio agrupado por meses en la ISJ	52
Figura 34. Túnel de la distintividad taxonómica promedio de los peces por localidad en ISJ	53
Figura 35. Índice de distintividad taxonómica promedio por localidades en la ISJ	53
Figura 36. Temperatura de cada uno de los meses muestreados en la ZCBP	54
Figura 37. Temperatura del agua de mar por localidades en la ZCBP	54
Figura 38. Agrupamiento jerárquico de los seis meses de muestreo de los peces en la ZCBP.....	55
Figura 39. Salinidad del agua de mar por mes muestreados en la ZCBP	56
Figura 40. Salinidad del agua de mar por localidades en la ZCBP	56
Figura 41. Oxígeno disuelto por meses muestreados en la ZCBP.....	57
Figura 42. Oxígeno disuelto por localidades muestreadas en la ZCBP.....	57

Figura 43. Rugosidad del sustrato en las localidades de la ZCBP.....	58
Figura 44. Abundancia relativa global de los peces registrados en la ZCBP	58
Figura 45. Abundancia relativa por localidad de las especies de peces en la ZCBP.....	60
Figura 46. Abundancia relativa acumulada por temporadas climáticas de los peces en ZCBP	61
Figura 47. Índice de la riqueza específica (IRE) de los peces de la ZCBP	62
Figura 48. Riqueza específica (IRE) por localidades de la ZCBP.....	62
Figura 49. Diversidad (H') por mes muestreados en la ZCBP	63
Figura 50. Diversidad (H') por localidades muestreadas de la ZCBP.....	64
Figura 51. Equidad (J') por meses muestreados en la ZCBP	64
Figura 52. Equidad (J') por localidades muestreadas en la ZCBP	65
Figura 53. Dominancia general de acuerdo al IVBde los peces en la ZCBP	66
Figura 54. Clasificación de las 92 especies de peces en la ZCBP	69
Figura 55. ACP en su forma temporal con los peces de la ZCBP	70
Figura 56: ACP relacionando las características del hábitat en la ZCBP	71
Figura 57: Alfa de Fisher para cada mes de muestreo en la ZCBP	71
Figura 58: Alfa de Fisher para cada localidad de muestreo en la ZCBP	72
Figura 59: Diversidad alfa por localidad y mes de los peces observados en la ZCBP.....	73
Figura 60: Diversidad alfa promedio por localidad de los peces de la ZCBP.....	74
Figura 61: Diversidad alfa promedio por temporadas climática de los peces de la ZCBP.....	75
Figura 62: Diversidad beta por localidad en la ZCBP	75
Figura 63: Diversidad beta y gamma acumuladas por temporada climática en la ZCBP	76

Figura 64: Índice de distintividad taxonómica por mes de los peces de la ZCBP.....	76
Figura 65: Distintividad taxonómica por localidades de los peces de la ZCBP	77
Figura 66. Distintividad taxonómica por localidades de los peces de la ZCBP	78
Figura 67. Distintividad taxonómica promedio por mes de los peces de la ZCBP	78
Figura 68. Túnel de la distintividad taxonómica promedio por localidades en de la ZCBP	79
Figura 69. Índice promedio de distintividad taxonómica por localidades en la ZCBP .	79
Figura 70. Afinidad zoogeográfica de los peces registrados en ISJ y ZCBP (2001- 2003)	80
Figura 71. Afinidad zoogeográfica de los peces registrados en las zonas de estudio durante el periodo 2001 a 2003	81

Tablas

Tabla I. Principales características del hábitat en las localidades de la ISJ.....	31
Tabla II. Principales características del hábitat en las localidades de la ZCBP.....	59

1. INTRODUCCIÓN

El Golfo de California, también conocido como Mar de Cortés o Mar Bermejo, se encuentra rodeado por los estados de Sinaloa y Sonora, así como por la península de Baja California; está considerado dentro de los ecosistemas marinos más productivos y biodiversos en el mundo (Enríquez-Andrade *et al.*, 2005; Lara-Lara *et al.*, 2008). Por su alta productividad primaria, ha sido comparado con regiones como la zona costera en frente de la Baja California, Pacífico Tropical Mexicano, Golfo de Tehuantepec, Golfo de México Norte, Golfo de México Sur y Mar Caribe (Martínez-Gaxiola *et al.*, 2007). Tiene una extensión de norte a sur de aproximadamente 1100 km, variando su anchura desde los 100 a los 200 km, con una superficie estimada en los 260,000 km².

Con base en las subdivisiones zoogeográficas de los peces costeros del Golfo de California, establecidas por Walker (1960), y las modificaciones realizadas por Thomson *et al.* (2000), se dividió al golfo en tres regiones: a) Alto golfo, que incluye desde el Delta del Río Colorado hasta las Islas del Cinturón (Isla Tiburón y Ángel de la Guarda), Bahía San Francisquito en Baja California y Bahía Kino en Sonora; b) Región central del golfo, que comprende desde el límite sur de Guaymas, Sonora, hasta La Paz, Baja California Sur; c) Sur del golfo, que se extiende desde el límite sureño del golfo central a Mazatlán, Sinaloa, hasta Cabo San Lucas, en Baja California Sur.

La riqueza de especies en el Golfo de California se ve favorecida por la diversidad batimétrica, que proporciona una mayor diversidad de hábitats para peces y otros animales marinos (Thomson *et al.*, 2000; Rodríguez-Romero *et al.*, 2005), y permite el sustento de innumerables especies de flora y fauna marinas, dentro de las cuales 872 especies pertenecen a peces (Thomson *et al.*, 2000; Lluch-Cota *et al.*, 2007). La mayor diversidad íctica del Golfo de California está en sus fondos rocosos, a menos de 50 metros de profundidad, principalmente alrededor de las islas y en las costas de la península de Baja California (Thomson *et al.*, 2000). Esta zona es considerada de alta importancia desde el punto de vista ecológico, turístico y pesquero (Rodríguez-Romero *et al.*, 2011). Por lo anterior, y considerando que el Golfo de California alberga a más de 100 islas e islotes (Carreño y Helenes, 2002), la presente investigación se realizó en la Isla San José, considerada la

tercera isla más grande del Golfo de California, la cual se ubica al norte de la bahía de La Paz (Carreño y Helenes, 2002), así como en la zona costera oeste de la bahía de La Paz. Con base en las características de ambas zonas y por el escaso estudio realizado sobre estas áreas, el presente trabajo tuvo como objetivo principal determinar la estructura y la diversidad taxonómica del ensamblaje de los peces arrecifales y su relación con factores ambientales.

2. ANTECEDENTES

Diferentes estudios se han efectuado en diversas áreas del mundo, tendientes a conocer la dinámica estructural de las comunidades de peces de ambientes tropicales y subtropicales, incluyendo importantes aspectos, tales como la taxonomía, la composición, la caracterización de los hábitats, así como nuevos registros, el papel ecológico de especies de peces arrecifales a diferentes escalas de tiempo y espacio, entre otros.

Letourneur y Chabanet (1994) y Letourneur (1996) realizaron estudios de la dinámica de las comunidades de peces, enfocándose a los factores de fluctuación espacial y temporal en la franja del arrecife de la Isla Unión, en el suroeste del Océano Índico.

Por su parte, Samoilys y Gary (2000) probaron dos métodos de censos visuales (transecto y punto de conteo) para estimar la abundancia de peces de arrecifes coralinos explotados por las pesquerías en el Pacífico tropical, en dos áreas: la Gran Barrera de arrecife en Australia y el arrecife Makogai y arrecife Duff en las islas Figi. Los autores concluyeron que ambos métodos son efectivos, pero que el método punto de conteo fue el más eficiente.

Fariña *et al.* (2005) determinaron la estructura de la comunidad de peces en el arrecife del archipiélago en Los Monjes, Venezuela, mediante el método de censos visuales, utilizando transectos (50 .2 m), registrando de esta forma 57 especies. La diversidad (H') y equidad (J') fueron altas comparadas con otras áreas cercanas y retiradas a la zona de estudio.

Fariña-Pestano y Méndez-de Elgueazabal (2009), empleando el método de censos visuales con la técnica de transecto (40 . 2m.), determinaron la variación estacional de la estructura comunitaria de peces en dos arrecifes del Bajo Las Caracas, Venezuela: uno rocoso-coralino y el otro de octocorales. Registraron 84 especies en ambos arrecifes. Estos autores determinaron patrones de correlación entre la variación anual de la comunidad de peces y los parámetros físicos estacionales, principalmente en el arrecife de corales blandos.

Dominici-Arosemena y Wolff (2006) analizaron y compararon la estructura de la comunidad de peces arrecifales en el Pacífico tropical este, en un ambiente de arrecife rocoso, relativamente estable, en 12 zonas de la Bahía Honda en el Golfo de Chiriquí, Panamá, realizando censos visuales y con la técnica de transectos (30*2.5 m.) registraron 126 especies de peces, concluyendo que esa zona, debido a su aislamiento, aún se puede considerar relativamente prístina desde el punto de vista de su cadena trófica.

Los trabajos realizados en México durante los últimos años, principalmente en la región cercana a Baja California Sur, se han enfocado al estudio de la estructura comunitaria de los peces arrecifales (*e.g.* diversidad, abundancia, riqueza, equidad, etc.). Pérez-España *et al.* (1996) realizaron un estudio de peces en la Isla Espíritu Santo, donde determinaron las variaciones temporales y espaciales de la comunidad de peces arrecifales, concluyendo que los cambios en la riqueza específica se relacionaron con los cambios de la temperatura del agua, siendo mayores a temperaturas altas. Villareal-Cavazos *et al.* (2000) realizaron un estudio en el arrecife de Cabo Pulmo, utilizando censos visuales mediante la técnica del cilindro estacionario y revisión de literatura. En dicho estudio comentan que en ese arrecife se han registrado 236 especies; los propios autores registran 35 especies dominantes que tienen relevancia por su abundancia y frecuencia de registros, considerando que este arrecife debe ser considerado como una de las localidades más importantes de la región, bajo la óptica de su fauna íctica.

Rodríguez-Romero *et al.* (2005) realizaron un estudio con énfasis en el ensamblaje de los peces arrecifales de la Isla Espíritu Santo y la montaña submarina El Bajo Espíritu Santo (MSBES), para lo cual elaboraron una comparación entre estos dos sitios,

encontrando que la temperatura, profundidad y abundancia relativa de peces se relacionan con los cambios estacionales y temporales, en donde la mayor variación de la diversidad se presenta en la isla; además, argumentan que la menor variación de mínimos y máximos se registra en la MSBES, considerándola como un ecosistema más estable en este atributo.

Álvarez-Filip *et al.* (2006), en un estudio realizado sobre la estructura de la comunidad de peces en el arrecife de Cabo Pulmo, BCS, a nivel temporal, encuentran que no hay diferencias estadísticas entre la riqueza de especies y las dos temporadas climáticas, pero sí encuentran diferencias en la abundancia de las localidades más profundas. Este mismo patrón, entre la abundancia y temporadas climáticas, lo reportan Villegas-Sánchez *et al.* (2009), quienes han conducido hasta ahora el único estudio sobre las asociaciones de peces de arrecifes rocosos en la Isla San José, considerando dos niveles de profundidad (5 y 7 metros) y registrando una mayor diversidad en los niveles de mayor profundidad.

Con respecto a estudios realizados sobre diversidad taxonómica, Warwick y Clarke (1995, 1998) y Clarke y Warwick (1998, 1999, 2001) propusieron cuatro índices que consideran el peso de las diferencias taxonómicas entre especies. Los dos primeros son los llamados índices de diversidad taxonómica (Δ) y distintividad taxonómica (Δ^*), los cuales son una extensión natural de la diversidad de Simpson y usan la abundancia de especies; los otros dos índices miden el promedio y la variación de la distintividad taxonómica ($\Delta+$ y $\Delta+$, respectivamente) utilizando datos de presencia/ausencia. Estos cuatro índices se consideran que son independientes del tamaño de la muestra, sin prejuicios, y son relacionados con la diversidad funcional y el impacto ambiental de la comunidad (Clarke y Warwick, 1998; Rogers *et al.*, 1999; Clarke y Warwick, 2001; Warwick y Clarke, 2001; Warwick *et al.*, 2002; Warwick y Light, 2002).

Los trabajos realizados en la región de Baja California Sur sobre la diversidad taxonómica son relativamente escasos, comparados con otros temas (*e. g.* estructura, dinámica, riqueza de especies, diversidad (H'), equidad, etcétera). Álvarez-Filip *et al.* (2006), en un estudio en el arrecife de Cabo Pulmo, utilizaron el índice de distintividad taxonómica promedio. Estos autores realizaron una comparación entre años (1987 y 2003) y encontraron que hay diferencias en riqueza de especies, densidad de individuos y

diversidad (H'), pero no encontraron diferencias en la equidad y $\Delta+$ entre los mismos años. Reyes-Bonilla y Álvarez-Filip (2008) llevaron a cabo un estudio en el arrecife de Cabo Pulmo, utilizando, entre otros, los índices de distintividad taxonómica y el de distintividad taxonómica promedio. Los autores no encontraron diferencias en la distintividad taxonómica promedio, pero sí en la distintividad taxonómica de los años siguientes.

Moreno-Sánchez (2009) realizó un trabajo en el arrecife Los Frailes, Baja California Sur, utilizando el índice de distintividad taxonómica promedio. Registró valores por arriba de los 50 puntos, lo que infiere que esa comunidad íctica es saludable y que sus miembros filogenéticamente no están muy relacionados. Por su parte, Palacios-Salgado (2011) hizo un estudio en cinco áreas diferentes (Alto Golfo, Sinaloa-Nayarit, Jalisco-Colima, Michoacán-Guerrero y Golfo de Tehuantepec), determinando los patrones latitudinales en la composición y diversidad funcional de los peces asociados a la pesca del camarón. Al utilizar el índice de distintividad taxonómica promedio, encontró que hay un incremento en los valores de este índice de norte a sur. Una de las aportaciones del presente estudio fue que contribuyó al uso de los índices alfa, beta y gamma en comunidades de peces marinos, en virtud de que no se tiene conocimiento de trabajos previos. El uso de estos índices sería una primera contribución en la zona de nuestra investigación.

3. JUSTIFICACIÓN

La Zona Costera de la Bahía de La Paz e Isla San José representan una fuente de sustento y recreación para los diversos sectores sociales, tanto a nivel local como regional. Sin embargo, recientemente se han incrementado en el Golfo de California, particularmente en la región de la bahía de La Paz, tanto la instalación de sistemas para el cultivo de especies marinas (peces, camarón, etcétera) como la introducción de especies exóticas. La presente investigación ampliará el escaso conocimiento de la estructura comunitaria y diversidad taxonómica de los peces que habitan de manera permanente o esporádica estas costas, lo que representa información básica para el adecuado manejo de los recursos naturales. El

énfasis del estudio se encuentra en ambientes poco conocidos y de central importancia, particularmentelas costas rocosas y arrecifales.

El Golfo de California es considerado único por su ubicación geográfica y conformación; alberga diferentes ecosistemas y soporta diversas pesquerías. Contrastan ambos litorales la costa del macizo continental, con grandes extensiones de playas de arena y una gran cantidad de lagunas costeras, lo que propicia la acuicultura, principalmente de camarón. Por el lado de la península de Baja California presenta grandes extensiones de playas con zonas rocosas y pocas playas arenosas; una de las zonas de mayor interés, desde el punto de vista ecológico, es su región suroeste, debido a su amplia diversidad de hábitats, fauna y flora marina. Además, en los últimos años se han instalado sistemas para el cultivo de especies marinas (peces, camarón, entre otras), así como la introducción de especies exóticas. Por lo anterior, la presente investigación contribuirá en gran medida para dar a conocer la estructura comunitaria y diversidad taxonómica de los peces que habitan y/o frecuentan la ZCBP eISJ, ambientes que, por tradición, han dado sustento y beneficio a nivel local, regional y nacional, lo que conlleva a plantear estudios que permitan mostrar la situación en que se encuentran nuestros recursos.

Es necesario resaltar que las investigaciones en donde se plantea caracterizar y comparar la dinámica estructural y diversidad taxonómica de peces que habitan o frecuentan isla San José y la zona costera de fondos rocosos de la bahía de La Paz son sumamente escasos; por lo tanto, la presente investigación representa un aporte de gran relevancia desde el punto de vista biológico, ecológico, turístico (recreativo y pesca deportiva) y pesquero, aportando datos y medidas que ayuden a la conservación y/o manejo de los recursos de importancia ecológica y comercial de las zonas consideradas.

4. OBJETIVO GENERAL

Determinar la estructura y diversidad taxonómica del ensamblaje de peces arrecifales y su relación con factores ambientales en la Isla San José y en una Zona Costera de la Bahía de La Paz en el suroeste del Golfo de California.

4.1 Objetivos específicos

- Integrar la composición específica de peces conspicuos en zonas arrecifales de la ISJ y la ZCBLP.
- Estimar las variaciones espacio-temporales en la distribución, abundancia relativa, diversidad (H' y α -Fisher), riqueza específica y equidad de los peces de importancia ecológica y comercial, así como las relaciones que presentan con los factores ambientales (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto) y el tipo de hábitat.
- Determinar las especies de peces típicas dominantes y el papel ecológico que juegan dentro de la comunidad.
- Determinar la diversidad Alfa (α), Alfa promedio ($\bar{\alpha}$) y Beta (β) en cada localidad, y la diversidad Gamma (γ), por mes y áreas de estudio.
- Caracterizar la diversidad taxonómica utilizando el índice de distintividad taxonómica (Δ^*) y el índice de distintividad taxonómica promedio (Δ^+) de los peces observados en las áreas de estudio.
- Determinar las afinidades zoogeográficas de las especies de peces registradas en las áreas de estudio.

5. HIPÓTESIS DE TRABAJO

- La comunidad de peces que habitan en la Isla San José y zona costera de la bahía de La Paz reflejan un patrón diferencial en su estructura comunitaria a nivel espacial y temporal, debido a la complejidad del hábitat y a las variables ambientales tales como temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.
- La Isla San José y la zona costera de la Bahía de La Paz reflejan un patrón diferencial en su diversidad taxonómica a nivel espacial y temporal debido a la complejidad de sus hábitats.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio

La Isla San José y la Zona Costera de la Bahía de La Paz se localizan en la parte suroeste del Golfo de California. Esta zona, de acuerdo a las divisiones biogeográficas del Golfo establecidas por Walker (1960), las y modificaciones hechas por Thomson *et al.* (2000), se ubica en la región central.

6.2 Isla San José (ISJ)

La Isla San José se localiza a 60 km al norte de la ciudad de La Paz, y está ubicada en las coordenadas 24°58' 27" N y 110°36'52" O; tiene una superficie de aproximadamente 187.16 km². Es considerada la sexta isla más grande de México; tiene una distancia de 4.61 Km con respecto a los costa de la península de Baja California. La profundidad del canal de San José que separa a la isla de la península (Punta Mechudo) oscila entre los 60 metros en la parte sur, hasta los 350 metros en la parte norte; la parte oriental de la isla (lado expuesto) y su porción norteña alcanzan profundidades importantes a los pocos metros de la línea de costa, hecho que se diferencia con la zona costera de la bahía y la zona protegida de la misma isla. Geológicamente la isla está conformada por rocas volcánicas del mioceno y plioceno marino, su origen probablemente sea del Plioceno-Pleistoceno (Carreño y Helenes, 2002).

6.3 Localización y características de las localidades de muestreo (ISJ)

Las localidades de estudio se caracterizan por presentar arrecifes rocosos en su mayor parte, con una cobertura aproximada del 90%. Se ubicaron ocho localidades: tres en la parte expuesta de la isla, cuatro en la parte protegida, y una de ellas en la cercanía de San Francisquito.

- Localidad 1 (San Francisquito). Se encuentra localizada a los 24° 49' 38" N y 110° 35' 14" O, al sur de la Isla San José. El substrato está conformado por 60% de rocas mayores a los tres metros, aunque algunas rocas son mayores a los 15 metros; el 30% por rocas grandes de uno a tres metros, el 10% está conformado por rocas medianas de 30 centímetros a un metro; el porcentaje de cobertura de vida es del 46%, compuesto por algas (calcáreas, *Padina* spp. y *Rhodophytas*), y el porcentaje de dureza del substrato es del 96% y 4% (corredores de arena). Las oquedades varían, presentando un promedio de 80 cm.
- Localidad 2 (Cayuco). Se localiza a los 24° 51' 02.74" N y 110° 35' 03.17" O, en el lado occidental y protegido de la isla. El substrato está conformado por 10% de rocas mayores a los tres metros (algunas rocas llegan a medir hasta seis metros), 60% de rocas de uno a tres metros, 20% por rocas de 30 centímetros a un metro y 10% por rocas menores a los 30 cm. El porcentaje de dureza del substrato es de 85% y 15% (corredores de arena). El porcentaje de cobertura de vida es del 50%, siendo el 5% de cabezas de coral, 25% de algas calcáreas y 20% de invertebrados marinos. El tamaño promedio de las oquedades es de 40 cm.
- Localidad 3 (El Faro). Se ubica en los 24° 54' 58.30" N y a los 110° 38' 35.64" O, en el lado occidental y protegido de la isla. El porcentaje de dureza del substrato es de 95%, presentando 5% de rocas muy grandes mayores a los tres metros, el 60% está compuesto por rocas grandes de uno a tres metros, el 25% de rocas de 30 centímetros a un metro y el 10% de rocas menores a los 30 centímetros. El porcentaje de cobertura de vida es del 77%, siendo 2% de cabezas de coral, 80% de alga *Padina* spp. y 15% de invertebrados marinos. El promedio de las oquedades es de 50 cm.
- Localidad 4 (La Cueva). Se localiza a los 24° 58' 15.44" N y a los 110° 39' 44.92" O, en el lado occidental y protegido de la isla. El porcentaje de dureza del substrato es del 90%, presentando un 10% de corredores de arena; tiene un 30% de rocas grandes de uno a tres metros, un 60% de rocas medianas de 30 centímetros a un

metro y un 10% de rocas pequeñas menores a los 30 centímetros. El porcentaje de cobertura de vida es del 100%, siendo el 80% algas calcáreas y el 20% invertebrados marinos. El promedio de oquedades es de 30 cm.

- Localidad 5 (Piedra Ahogada). Se localiza a los $25^{\circ} 06' 19.58''$ N y a los $110^{\circ} 42' 37.61''$ O, en el extremo norte de la isla. El porcentaje de dureza del substrato es del 80%, presentando un 20% de corredores de arena; las rocas grandes mayores a los tres metros representan el 60%, las rocas grandes de uno a tres metros el 30% y el 10% son rocas medianas de 30 centímetros a un metro. El porcentaje de vida es de 90%, teniendo un 60% de abanicos de mar, 30% de algas calcáreas y 10% de invertebrados marinos. El promedio de oquedades es de 90 cm.
- Localidad 6 (Punta Colorada). Se localiza a los $25^{\circ} 06' 19.58''$ N y a los $110^{\circ} 42' 37.61''$ O, en el lado este y expuesto de la isla. El porcentaje de dureza del substrato es del 70% y 30% de corredores de arena; 15% de rocas muy grandes mayores a los tres metros, 60% de rocas grandes de uno a tres metros, 20% de rocas medianas de 30 centímetros a un metro y 5% de rocas pequeñas menores a los 30 centímetros. El porcentaje de cobertura de vida es aproximadamente del 80%, siendo un 60% de corales y otros invertebrados marinos, y 20% de algas calcáreas. El tamaño promedio de las oquedades es de 85 cm.
- Localidad 7 (Cordón Negro). Se ubica a los $24^{\circ} 56' 47.45''$ N y a los $110^{\circ} 31' 48.53''$ O, en el lado este y expuesto de la isla. El porcentaje de dureza del substrato es del 95%, presentando 25% de rocas muy grandes mayores a los tres metros, 55% de rocas grandes de uno a tres metros y 20% de rocas medianas de 30 centímetros a un metro. El porcentaje de cobertura de vida es del 100%, presentando 2% de corales, 95% de algas (pardas) y 3% de invertebrados marinos. El tamaño promedio de las oquedades es de 70 cm.
- Localidad 8 (Estacuda). Se localiza a los $24^{\circ} 53' 23.43''$ N y a los $110^{\circ} 31' 48.52''$ O, en el extremo sureste y expuesto de la isla. El porcentaje de dureza del substrato es del 75%, presentado 25% de rocas muy grandes mayores a los tres metros, 20%

de rocas grandes de uno a tres metros y 55% de rocas medianas de 30centímetros a un metro.El porcentaje de cobertura de vida es del 100%, siendo 85% de algas (cafés, calcáreas) y 15% de invertebrados marinos.El tamaño de las oquedades es de 70 cm (Fig. 1a).

6.4 Zona Costera de la Bahía de La Paz (ZCBP)

La Bahía de La Paz está ubicada sobre el margen suroriental de la Península de Baja California; tiene una forma semielíptica, con su eje mayor orientado en dirección nornoroeste-sursureste.Se encuentra limitada hacia el oeste y sur por tierra firme; hacia el norte y oriente por las aguas del Golfo de California y las islas Espíritu Santo y Partida (Álvarez-Arellano *et al.*, 1997).Tiene una longitud aproximada de 90 km y una anchura aproximada de 60 km, con un área de 4,500 km². Tiene dos bocas que la comunican con el Golfo de California: una al noreste, conocida como Boca Grande, y otra al este, llamada Boca Chica o Canal de San Lorenzo. El límite sureste de la Boca Grande se encuentra en los Islotes; el límite al noroeste es Punta de Mechudo, donde hidrodinámicamente se marca la diferencia con el Canal de San José (Jiménez –Illescaset *al.*, 1997).

6.5 Localización y características de las localidades de muestreo (ZCBP)

Las localidades de estudio se caracterizan por presentar arrecifes rocosos en su mayor parte, con una cobertura aproximada del 90%. Se ubicaron ocho localidades en la zona oeste de la bahía.

- Localidad 1 (Las Pacas).Se localiza a los 24° 13'46.29" N y a los 110° 32' 31.45" O. El substrato está compuesto de diferentes tamaños de rocas: 40% de canto rodado menores a los 30 centímetros, 30% de rocas menores a 1 metro y 2% de

rocas medianas menores a los 3 metros; el relieve es plano con corredores de arena, con el 28%. La variedad en el tamaño de las oquedades es de 10 a 25 centímetros.

- Localidad 2 (Piedra Bola). Se localiza a los 24° 19' 49.69" N y a los 110° 37' 34.73" O; el sustrato está compuesto por 15% de rocas mayores a los 3 metros, 60% de rocas medianas menores a los 3 metros, 15% por rocas pequeñas menores a 1 metro y 10% por rocas menores a los 30 centímetros. El porcentaje de cobertura de vida es del 85%; las algas que predominan son: *Sargassum* spp., *Padina* spp. y *Codium* spp. Dentro de los invertebrados marinos más abundantes están los erizos de mar y las estrellas de mar. Presenta una pendiente muy ligera y las oquedades fluctúan en tamaño desde los 15 hasta los 50 cm.
- Localidad 3 (San Juan de la costa). Se localiza a los 24° 23' 42.46" N y los 110° 40' 55.95" O. El sustrato está compuesto por un 75% de rocas mayores de 3 metros, 25% de rocas medianas menores a los 3 metros. El porcentaje de cobertura de vida es del 85%, predominando las algas calcáreas, cabezas de coral; los invertebrados marinos más abundantes son: erizos de mar, estrellas de mar de diferentes tamaños. El relieve es muy abrupto ya que se realizaron las observaciones en lo que es el muelle. Las oquedades fluctuaron en tamaño, desde los 50 centímetros hasta un metro. La dureza del sustrato es del 100%.
- Localidad 4 (Tarabillas). Se localiza a los 24° 28' 37.71" N y a los 110° 41' 14.56" O. El sustrato está conformado por una planicie de un material denominado "Caliche", integrado por Lutitas, Limolitas y Areniscas (com. pers. Dra. Mara Yadira Cortés; Depto. de Geología UABCS). El porcentaje de cobertura de vida es del 100%, 30% compuesto de cabezas de coral y 70% de algas, principalmente *Sargassum* spp. y *Codium* spp. Presenta oquedades y grietas que van desde los 10 a los 20 centímetros de ancho y de los 30 a los 70 centímetros de profundidad.
- Localidad 5 (El Guano). Se localiza a los 24° 32' 48.42" N y a los 100° 42' 51.43" O. El sustrato está conformado por el 5% de rocas menores a los 30 centímetros. La cobertura de vida es del 50%, integrado principalmente por algas

(*Sargassum* spp.). El porcentaje de dureza es de 95% (blando), y el relieve del fondo es irregular, con corredores de arena en algunas porciones en forma de parches.

- Localidad 6 (Cobre). Se localiza a los 24° 33' 45" N y a los 110° 44' 07" O. El substrato está conformado por 70% de rocas medianas menores a los 3 metros, y 30% por rocas pequeñas menores a un metro. El porcentaje de vida es del 90%, compuesto por algas (*Sargassum* spp., *Padina* spp. y *Codium* spp.). El porcentaje de dureza del substrato es del 90% y el 10% corresponde a corredores de arena, algo similar en todo el transecto. La pendiente es muy ligera y las oquedades varían de los 10 centímetros a un metro.
- Localidad 7 (Portugués). Se localiza en los 24° 45' 37" N y los 110° 39' 36.36" O. El substrato está conformado por 70% de rocas medianas menores a los 3 metros, 15% por rocas pequeñas menores a un metro y 15% por rocas menores a los 30 centímetros. El porcentaje de cobertura de vida es del 92%, de los cuales el 84% es de consistencia coralina, el 8% de algas (*Padina* spp., *Sargassum* spp. y *Codium* spp.) y el 8% de corredores de arena. La variedad en el tamaño de las oquedades van desde los 10 centímetros hasta 1 metro; el relieve es irregular, presenta poca pendiente, y el porcentaje de dureza es del 80%.
- Localidad 8 (Punta Mechudo). Se localiza a los 24° 46' 54" N y a los 110° 39' 15.14" O. El substrato está conformado por 20% de rocas grandes mayores a los 3 metros, 60% por rocas medianas menores a los 3 metros, 5% por rocas pequeñas menores a 1 metro y un 15% por rocas menores a los 30 centímetros. El porcentaje de vida es del 100%, conformado principalmente por *Padina* spp., *Codium* spp., *Sargassum* spp. y algas calcáreas; el substrato es similar a lo largo del transecto. El porcentaje de dureza es del 80%; su pendiente es suave, el fondo es irregular, presenta grietas de diferentes tamaños, que van desde 1 metro de ancho por 20 metros de largo y 60 centímetros de profundidad (Fig. 1 b).

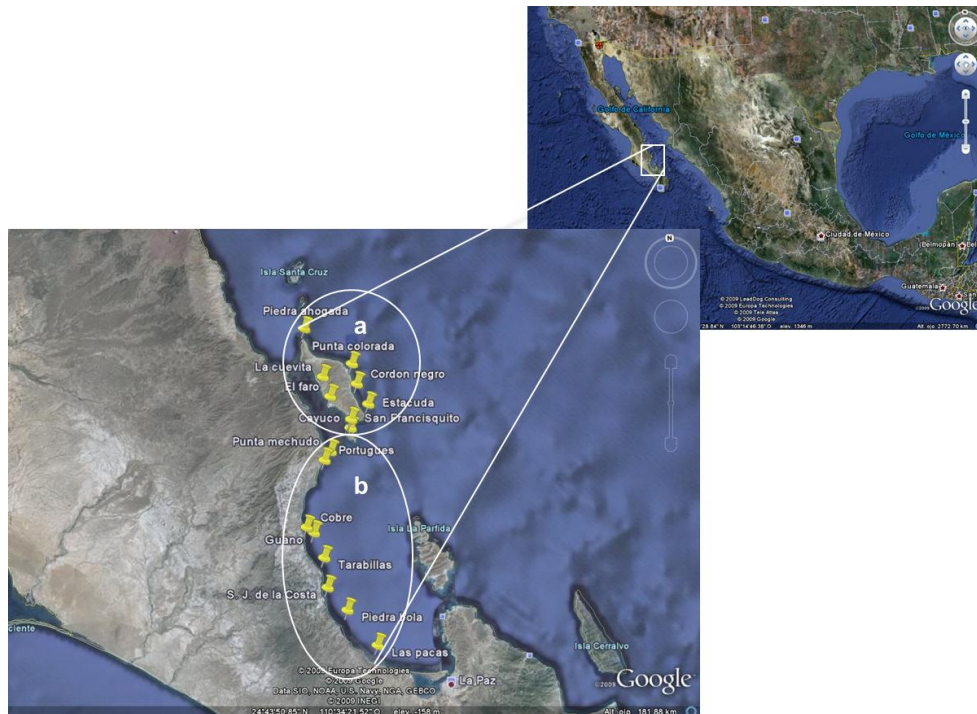


Figura 1. Ubicación del área de estudio indicando las localidades de la ISJ (a) y ZCBP (b).

6.6 Trabajo de campo

Se utilizó el método de censo visual, un método no extractivo, ampliamente utilizado en zonas arrecifales, muy recomendable para el estudio de la composición, distribución, diversidad y abundancia de las comunidades de peces de sustratos duros, por no ser dañino para las mismas comunidades, sustratos o ambientes en donde se realizan los conteos, además de que se pueden detectar diversos comportamiento de especies de peces a nivel ecosistémico (Rodríguez-Romero *et al.*, 2005).

No existe una metodología estandarizada sobre censos visuales; sin embargo, se puede encontrar una amplia literatura sobre el estudio de las poblaciones de peces de arrecifes, desde los estudios realizados por Brock (1954), quien utiliza transectos de 457 m de largo por 1.5 m de ancho. Desde entonces, a la fecha, se han realizado diversas

modificaciones al método, ya sea en la unidad empleada como en las técnicas (Elorduy y Jiménez 2000).

Para la presente investigación se ubicaron una serie de localidades en las áreas de estudio, correspondiente a la Isla San José, incluyendo la isla San Francisquito y la zona costera Oeste de la bahía de La Paz, en el sur del Golfo de California.

Se seleccionaron un total de ocho localidades por área, mismas que se basaron en las características estructurales del ambiente observado en una salida de prospección con apoyo de entrevistas a pescadores. Se seleccionaron sitios de sustrato duro y que no ponían en riesgo la seguridad de los muestreadores (intensidad de la corriente, oleaje intenso, etcétera). En cada localidad se realizaron censos visuales, efectuándose para ello inmersiones con equipo de buceo libre en transecto de 100 m de largo por 5 m de ancho (2.5 m de cada lado del transecto).

La duración aproximada de cada muestreo fue de 20 a 22 minutos, y a una profundidad promedio de 5 m. La identificación de los peces se realizó mediante un listado de especies más comunes (ordenado alfabéticamente) del Golfo de California, el cual fue integrado a partir de bibliografía especializada (Allen y Robertson 1994; Ficher *et al.*, 1995; Thomson *et al.*, 2000), además de la experiencia del muestreador (más de 20 años) sobre identificación de peces en la zona. La especie que en su momento no se identificaba se registraba mediante una toma fotográfica para su posterior identificación. Para el registro de los peces se utilizó una tablilla de acrílico.

La localización geográfica y la profundidad de cada localidad fueron registradas con un posicionador por satélite (GPS), así como con una marca de costa y una ecosonda, respectivamente. Se efectuaron campañas bimensuales en la Isla San José y en la Zona Costera oeste de la Bahía de La Paz, de marzo de 2001 a febrero de 2002, y de abril de 2002 a marzo de 2003, respectivamente.

6.7 Características del hábitat

En cada una de las localidades se registró la temperatura del agua ($\pm 0.1^\circ\text{C}$) y el oxígeno disuelto ($\pm 0.1 \text{ mg L}^{-1}$), utilizando un equipo marca ISY modelo 55. La salinidad del agua en cada localidad se realizó utilizando un Refractómetro Atago ATC-S/Mill-E, con escala de 0 a 100‰ y con un mínimo de $\pm 1\%$. Todos los datos se tomaron a media columna de agua (2.5 metros de profundidad), se determinó el tipo y tamaño del sustrato y se estimó la complejidad del hábitat, considerando algunos componentes, tales como la diversidad del sustrato, la variedad en el tamaño de las rocas, el porcentaje de cobertura de vida (Gladffelter *et al.*, 1980; Bell y Galzin, 1984; Roberts y Ormond, 1987; Chabanet *et al.*, 1997; Dominici-Arosemena y Wolf, 2006) y el tamaño de las rocas (Aburto-Oropeza y Balart, 2001), considerando:

Rocas grandes > 3 metros

Rocas medianas de 1 a 3 metros

Rocas pequeñas de 1 metro a 0.30 centímetros

Rocas < 0.30 centímetros

Se determinó la rugosidad de cada sitio, utilizando el método de contorno contra distancia lineal (McCormick, 1994). El cálculo se realizó con base en la proporción entre la longitud de una cadena de 10 metros de largo (calibre 3/16”), que se colocó siguiendo el relieve del sustrato, y la distancia lineal de 10 m. Esta proporción se tomó como el Índice de Complejidad Estructural del Sustrato (ICES) y alcanza valores de 0 a 1, considerando una mayor rugosidad cuando los valores tienden a cero.

6.8 Análisis de la información

Para los análisis de la información se integró en forma bimensual y por temporada climática (fría y cálida). Con base en la información obtenida de los censos visuales, se estimaron los siguientes índices comunitarios:

6.8.1 Abundancia relativa

Este índice es una relación aritmética de las más utilizadas para evidenciar, mediante porcentaje, las especies más importantes en la estructura de la comunidad; ha sido utilizado por diversos autores (Horn y Hallen, 1985; Pérez-España *et al.*, 1996; Rodríguez-Romero *et al.*, 1994, 1998, 2011). El índice de abundancia relativa se estimó mediante la expresión:

$$AR = n / NT * 100 \quad (1)$$

Dónde: n = número de organismos de cada especie, NT = número total de organismos.

6.8.2 Riqueza específica

La riqueza específica se determinó mediante la utilización del índice de riqueza específica (IRE) de Margalef (1974), cuya formulación es la siguiente:

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

Donde: D =riqueza específica, S = número de especies, N = número de individuos.

Uno de los atributos de este índice es que refleja los cambios del número de especies con relación al tamaño de la muestra.

6.8.3 Diversidad

La diversidad es una característica importante en las comunidades y, por lo general, está relacionada con ciertas propiedades como su estabilidad, tipo de hábitat y las condiciones

ambientales a las que están expuestas (Pielou, 1976). Para medir la diversidad íctica en las áreas de estudio se utilizaron los índices de Shannon-Wiener (H') y el Alfa-Fisher (α -Fisher); este último, si bien no es muy utilizado, se incluyó por ser un descriptor más preciso de la diversidad, ya que no se ve alterado por el tamaño de muestra ni por la riqueza de especie.

Se aplicó el índice de información o diversidad de Shannon-Wiener (1963), utilizando logaritmo base 2, representado por la siguiente expresión:

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i \quad (3)$$

Donde: H' = Índice de diversidad de Shannon-Wiener, p_i = la proporción de la especie i , s = número de especies en la muestra.

6.8.4 Equidad

La Equidad (J') fue analizada utilizando el índice de Pielou (1976). Este índice es un componente de la diversidad, el cual estima el valor máximo de diversidad cuando todas las especies son igualmente abundantes. La ecuación se define como:

$$J' = H' / H' \max \text{ y } H' \max = \log_2 (S) \quad (4)$$

Dónde: J' = Equidad, S = número de especies, $H' \max = \log_2 s$ = a la diversidad bajo condiciones de máxima Equidad. Este índice toma valores de 0 a 1; a mayor Equidad se obtendrá un valor más cercano a 1.

6.8.5 Dominancia

La Dominancia implica la jerarquización y evaluación de la comunidad de acuerdo a la abundancia numérica y a la frecuencia de aparición de las especies. Para calcular la Dominancia se utilizó el Índice del Valor Biológico (IVB) propuesto por Sanders (1960);

el criterio general fue la asignación de un valor numérico, dependiendo del orden de importancia de las especies dentro de la comunidad. Para este análisis se consideró el 95% de la abundancia relativa total de las especies en cada muestreo, expresándose a manera de puntajes, lo que permitió ordenar la importancia de las especies con base en la magnitud de su abundancia y frecuencia de aparición. La especie con mayor abundancia y frecuencia en la muestra ocupó el primer lugar, la segunda en orden de abundancia fue la que ocupó el segundo lugar, la tercera en este orden sucesivo fue la que se ubicó en el tercer lugar y así sucesivamente. Se aplicó una calificación de 1 al 10 según el orden, lo que permitió agrupar a las especies de acuerdo a la constancia espacio-temporal de su abundancia y frecuencia de una determinada muestra (Loya-Salinas y Escofet, 1990).

La formulación para determinar las especies dominantes mediante el IVB propuesto por Sanders (1960), se expresa de la siguiente manera:

$$\text{I.V.B.} = \sum_{i=1}^J p_{ij} \quad (5)$$

Dónde: p_{ij} = al nivel de punto de las especies i en la muestra j .

6.8.6 Frecuencia de aparición

Se estimó la frecuencia relativa para cada especie por localidad y mes. Con este índice se determinó la distribución espacial y temporal de las especies de peces presentes o ausentes en ambas áreas de estudio. Su expresión es de la siguiente manera:

$$F = M/M_t \quad (6)$$

Dónde: F = frecuencia relativa de cada especie, M = observaciones donde cada especie aparece, M_t = número total de observaciones.

6.8.7 Clasificación de las especies de acuerdo a su abundancia relativa y ocurrencia

De acuerdo a la frecuencia de ocurrencia de cada especie y a su abundancia relativa, se clasificaron en cuatro categorías:

1. **Especies abundantes.** Se incluyeron a las especies que obtuvieron del 23 al 1% de su abundancia relativa.
- 2.- **Especies frecuentes.** Se incluyeron a las especies que su abundancia relativa fue de 0.96 a 0.10 %.
- 3.- **Especies comunes.** Se incluyeron a las especies con una abundancia relativa de 0.09 a 0.02 %.
- 4.- **Especies raras.** Se incluyena las especies que obtuvieron una abundancia relativa de 0.01 a 0.003%.

6.8.8 Análisis estadísticos

6.8.8.1 Análisis de Componentes Principales (ACP)

Se realizó un análisis multivariado usando el método de componentes principales para relacionar y comparar, en forma temporal (bimensual), los resultados de abundancia de las especies más importantes con las variables de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto en el agua de mar, número de especies, riqueza específica, diversidad(H'), equidad(J'), abundancia total y tipo de sustrato.

Los datos se estandarizaron usando la siguiente fórmula:

$$X = (X_i - X_{med}) / SD \quad (7)$$

Dónde: X_i = valor absoluto de cada medida (temperatura del agua, abundancia, tipo de sustrato, hora del día), X_{med} = al valor medio de cada medición, SD = desviación estándar.

Para este análisis se consideraron las especies más importantes según el IVB de Sanders (1960).

6.8.8.2 *Análisis de similitud*

El análisis de similitud es una técnica de clasificación jerárquica que permite delimitar o agrupar objetos o entidades en un tiempo y espacio específico, para de esta manera establecer o representar distintas comunidades bióticas (Ludwing y Reynolds, 1988).

Se realizó un análisis de similitud por localidad de muestreo y por especie para describir los patrones de distribución de la ictiofauna del área de estudio. Para este análisis se emplearon los datos de las abundancias numéricas de las especies (datos cuantitativos), transformando las abundancias absolutas en abundancias relativas. Este análisis fue seleccionado como el más apropiado para determinar el porcentaje de similitud y para los análisis de agrupamiento, debido a que refleja la asociación entre la composición y abundancia de las especies (Bloom, 1981).

Para comparar los periodos climáticos, los datos se agruparon en época fría y época cálida, considerando la abundancia relativa por cada localidad y especie. Para este caso se eliminaron las especies raras y con abundancia escasa, ya que proporcionan poca información al tratamiento. Como medida de afinidad se utilizó el “índice de Bray-Curtis” (Ludwing y Reynolds, 1988), el cual tiene la siguiente expresión:

$$D_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_{ij} - x_{jk}|}{\sum_{i=1}^n (x_{ij} + x_{ik})} \quad (8)$$

Donde: D_{jk} = valor de similitud entre las unidades de muestreo, n = número de individuos en la especie i , X_{ij} y X_{ik} = abundancia de la especie i en la unidad de muestreo j y k , respectivamente.

La formación de los grupos se realizó a través de la unión media ponderada (UPGMA por sus siglas en inglés).

6.8.9 Diversidad Taxonómica

6.8.9.1 Índice alfa de Fisher (Fisher et al., 1943).

Es uno de los índices menos usados pero mejor fundamentados biológicamente. El alfa se refiere al parámetro de la serie logarítmica de abundancia por especie. La inclusión de este índice se debe a que se le considera que evalúa eficazmente la diversidad en función del número de individuos y del número de especies (Condit et al., 1996). Se trata de un índice paramétrico que supone que la abundancia de especies sigue una distribución logística. Se consideraron necesarios los análisis de diversidad con este parámetro, considerando que los índices de Shannon y de Simpson dependen demasiado del número de las especies más comunes (Medianero et al., 2003), por lo que pueden enmascarar la importancia de las especies raras. La serie de Fisher se expresa de la manera siguiente:

$$S = \alpha \text{Loge} (1 + N/\alpha) \quad (9)$$

Dónde: S = número de especies de la muestra, N = número de individuos en la muestra y

α = coeficiente de diversidad.

6.8.9.2 Diversidad alfa (α)

Es uno de los tres componentes de la diversidad. Puede expresarse como el número de especies que tiene una comunidad en un punto determinado; además, refleja las relaciones ecológicas que se encuentran en un espacio puntual. Por otra parte, el número de especies de un grupo indicador que se encuentra en un determinado punto puede variar mucho de un

lugar a otro, aun dentro de un mismo tipo de comunidad y en un mismo paisaje (Halffter y Moreno, 2005). Se utilizó la riqueza de especies de cada sitio para determinar esta diversidad.

6.8.9.3 Diversidad beta (β)

Conocida como diversidad de reemplazo, la Diversidad beta, en el sentido más amplio, se ha referido en la literatura como: β -diversidad interna o patrón de diversidad, diversidad entre hábitats o diversidad entre sitios. Por otra parte, se han propuesto una variedad de definiciones y conceptos asociados a la Diversidad beta, tales como: recambio a través de gradientes, recambio espacial, una medida de la deferencia entre muestras, distancia ecológica, una función del cambio de hábitat, el grado en que las distribuciones de especies se traslapan y complementariedad en la composición de las especies (Whittaker, 1960, 1972, 1977; Routledge, 1977, 1984; Cody, 1986; Colwell y Coddington, 1994; Blackburn y Gaston, 1996b; Pharo *et al.*, 1999).

Para el cálculo de esta diversidad se utilizó el Índice de Whittaker (1972):

$$\beta = S / \bar{\alpha} - 1 \quad (10)$$

Dónde: β = Diversidad Beta, S = Número de especies registradas, $\bar{\alpha}$ = Alfa promedio

6.8.9.4 Diversidad gamma (γ)

Conocida como diversidad regional o de paisaje; se utilizó el índice propuesto por Lande (1996) con la siguiente expresión:

$$\gamma = \beta + \bar{\alpha} \quad (11)$$

Dónde: γ = Diversidad Gamma, β = Diversidad Beta, $\bar{\alpha}$ = Diversidad Alfa promedio.

6.8.9.5 Índice de distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$; Clarke y Warwick, 1998)

Evalúa la riqueza junto con la distancia taxonómica entre cada par de especies, definida a través de un árbol de clasificación Linneana. Cada nivel jerárquico taxonómico recibe un valor discreto y proporcional dentro de una escala de 100 unidades, dependiendo el número de niveles empleados.

6.8.9.6 Índice de distintividad taxonómica (Δ^* ; Clarke y Warwick, 2001)

Además de evaluar la distancia taxonómica y la riqueza (como $\Delta+$), también evalúa la abundancia de las especies. Algunas de las bondades de estos índices son que no dependen del esfuerzo y tamaño de muestra y que no es necesaria la presencia de normalidad de los datos. Asimismo, han sido considerados por Warwick y Clarke (1995, 1998) medidores más precisos de la biodiversidad, en sentido estricto, pues incorporan aspectos cualitativos y cuantitativos de las faunas o floras.

Para la realización de los análisis se utilizó el software ecológico PRIMER-E 6 & PERMANOVA+ versión 1.0.2 y STATISTICA v. 8.

6.8.10 Afinidad zoogeográfica

Para conocer la afinidad zoogeográfica de las especies presentes en el área de estudio se realizó una caracterización de la distribución de las especies, de acuerdo con el esquema básico de los trabajos de Hubbs (1960), Rosenblatt (1967), Briggs (1974), Thomson *et al.* (1979) con modificaciones de Boschi (2000), Galván *et al.* (2000), Hastings (2000), Robertson y Allen (2002), Robertson *et al.* (2004), Horn *et al.* (2006) y Robertson y Cramer (2009).

1.- **Provincia Californiana:** peces que se distribuyen entre la zona templada-cálida, cuya distribución comprende desde Bahía Magdalena hasta la frontera norte del estado de California en los Estados Unidos.

- 2.- **Provincia Mexicana:** comprende especies que se distribuyen desde Bahía Magdalena o Cabo San Lucas, BCS, hasta el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca.
- 3.- **Provincia de Cortez:** principalmente comprende las especies endémicas del Golfo de California, cuyo límite sur es Cabo San Lucas en su porción occidental y Mazatlán en su porción oriental.
- 4.- **Provincia Panámica:** se encuentran especies de peces que se distribuyen en la zona de afinidad subtropical-tropical, cuyo límite son 23° N. a 5° S en el Perú.
- 5.- **Pacífico Oriental:** peces de amplia distribución en el Pacífico Oriental Tropical, desde California hasta Perú.
- 6.- **Circuntropical:** peces de amplia distribución y algunas se consideran transísmicas y se les encuentra en todas las zonas tropicales del mundo.
- 7.- **Peces del Indo-Pacífico:** peces que su distribución es transpacífica y que son originarias del océano Indo-Pacífico.

7. RESULTADOS

7.1 Isla San José

7.1.1 Variables físico-químicas

Con respecto a la temperatura en este archipiélago de San José, se presentaron diferencias significativas de acuerdo al ANOVA ($F(5,42)=92,8698$, $p<0.05$), con un intervalo de confianza del 95%. En general, los valores más altos se presentaron en el mes de julio (26.8 °C) y los más bajos en el mes de febrero (19.6 °C), observándose una ampliación térmica de 6.2 °C. Con estas diferencias se observó que los meses de marzo, mayo y febrero fueron los más fríos, mientras que julio, octubre y noviembre los más cálidos (Fig. 2).

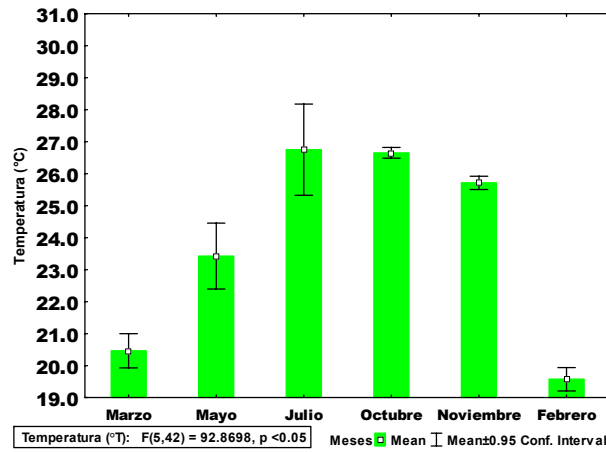


Figura 2. Temperatura del agua (°C) por mes, muestreado en la Isla San José, con la media ± error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Considerando esta misma variable, pero por localidades de acuerdo al ANOVA ($F(7,40)=0.1494$, $p=0.9931$), no se registraron diferencias significativas. El registro más alto se presentó en Punta Colorada (24.4°C), mientras que la más baja se registró en la localidad Estacuda (22.7°C) (Fig.3).

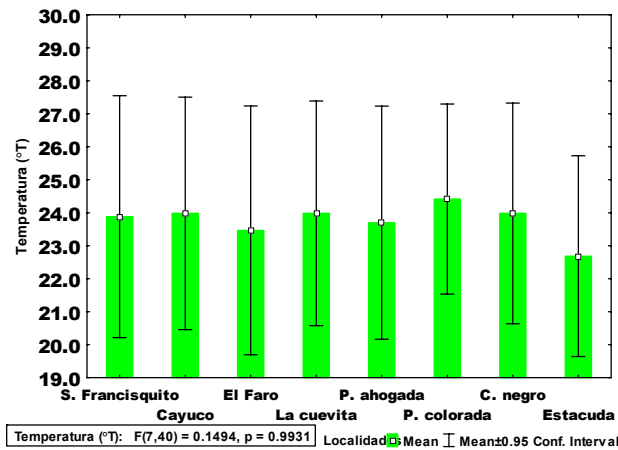


Figura 3. Temperatura del agua (°C) por localidad, muestreada en la Isla San José, con la media ± error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Continuando con esta misma variable, y mediante el análisis de Bray-Curtis, se observaron dos periodos climáticos: uno cálido (julio, octubre y noviembre) y uno frío (marzo, mayo y febrero de 2002) (Fig.4).

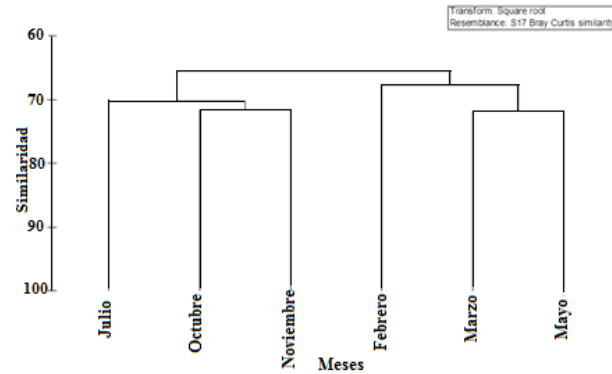


Figura 4. Agrupamiento jerárquico de los seis meses de muestreo de los peces en Isla San José, con la media de grupo de la vinculación de las similitudes, de acuerdo al Índice de Bray-Curtis con datos transformados en raíz cuadrada ($\sqrt{\sqrt{\quad}}$) de la temperatura del agua y abundancia total.

La salinidad, durante los meses estudiados, mostró diferencias estadísticas (ANOVA: $F(5,42)=5.825$, $p=0.0004$), con un intervalo de confianza del 95%, registrándose el valor más alto en el mes de noviembre (35.10‰) y el más bajo en el mes de octubre (34.69‰) (Fig.5).

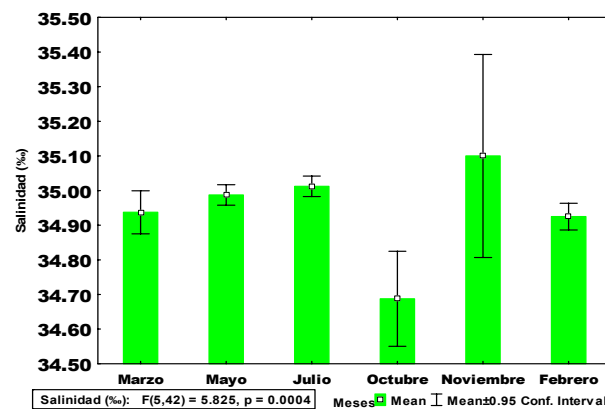


Figura 5. Salinidad del agua de mar por mes, muestreados en la Isla San José, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

La salinidad registrada en cada localidad no mostró diferencias (ANOVA: $F(7,40)=0.9213$, $p=0.5005$). El mayor valor registrado fue en Piedra Ahogada (35.05‰) y el más bajo fue en las localidades de San Francisquito y Cordon Negro (34.85‰) (Fig. 6).

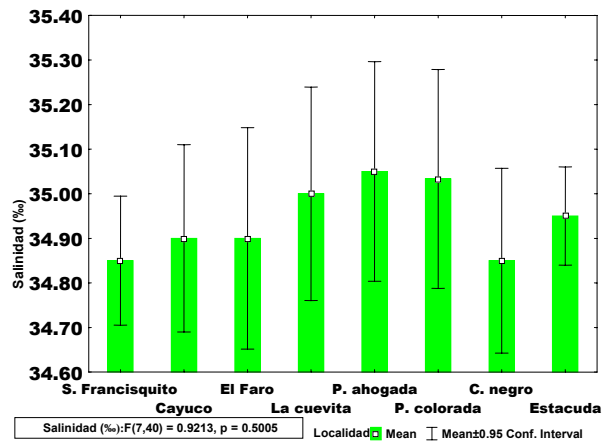


Figura 6. Salinidad del agua de mar por localidad, muestreada en Isla San José, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

La concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar (ANOVA ($F(5,42)=12.0906$, $p<0.05$), con un intervalo de confianza del 95%, mostró diferencias, registrándose valores altos en los meses fríos, y bajos en los meses cálidos; además, el área de estudio se caracterizó por presentar aguas claras y limpias, lo que favoreció que los valores registrados fueran altos. El más alto fue en el mes de febrero (8.64 mg l^{-1}) y el más bajo en octubre (6.65 mg l^{-1}), con un diferencial de 1.99 mg l^{-1} (Fig. 7).

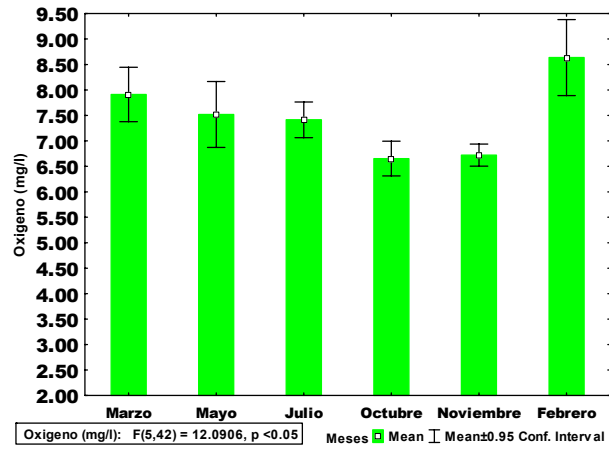


Figura 7. Oxígeno disuelto (mg l^{-1}) en el agua de mar, en los meses muestreados en la Isla San José, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

El oxígeno registrado por localidades no mostró diferencias significativas (ANOVA ($F(7,40)=0.329$, $p=0.9361$)). La localidad en donde se registró el oxígeno más alto fue Cordon Negro (7.85 mg l^{-1}) y el más bajo fue en la localidad El Cayuco (7.14 mg l^{-1}) (Fig. 8).

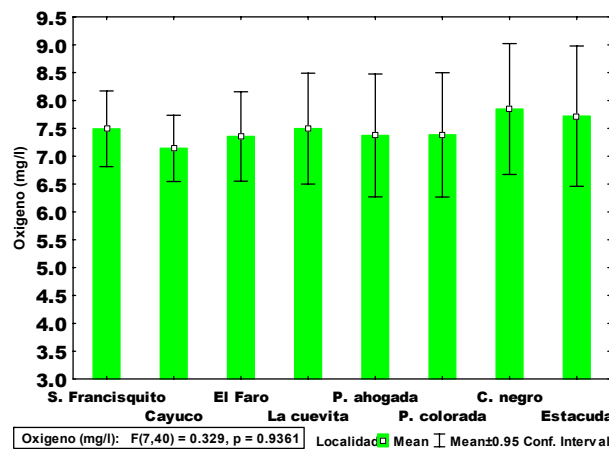


Figura 8. Oxígeno disuelto (mg l^{-1}) en el agua de mar, en las localidades muestreadas en la Isla San José, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

7.1.2 Complejidad del hábitat

Se tomaron las principales características del hábitat en cada una de las localidades para poder determinar la complejidad del mismo; la rugosidad no mostró diferencias ($F(7,16)=0.4921$, $p=0.8267$). Las localidades que obtuvieron la mayor rugosidad fueron Las Cuevitas y Estacuda (0.73 y 0.74 m, respectivamente); la localidad en que se registró la menor rugosidad fue El Cayuco (0.82) (Fig. 9).

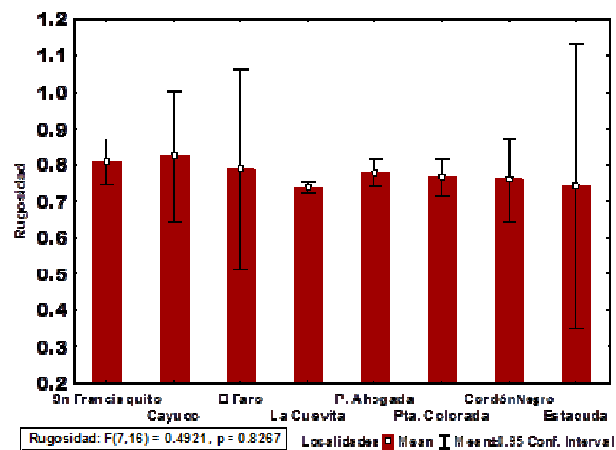


Figura 9: Rugosidad en cada una de las localidades muestreadas en la ISJ.

La diversidad del substrato estuvo conformada principalmente por rocas y arena; la mayoría de las localidades presentó en su cobertura algas (*Padina* spp., *Sargassum* spp., Rodofitas y algas Calcáreas), corales de cabeza, abanicos de mar e invertebrados marinos (crustáceos, equinodermos). El tamaño de las oquedades varió entre los 40 cm y los 80 cm, presentándose en la localidad de San Francisquito las mayores oquedades y las mayores rocas (Tabla 1).

Tabla I. Principales características de la complejidad hábitat en las localidades de la ISJ: Roc-Are (Roca-Arena).

Complejidad del Hábitat	San Francisco	Cayuco	El Faro	Las Cuevitas	P. Ahogada	Pta. Colorada	Cordon Negro	Ertacuén
Rugosidad del sustrato	0.81	0.82	0.79	0.74	0.78	0.76	0.76	0.74
Diversidad del sustrato	Roc - Are	Roc - Are	Roc - Are	Roc - Are	Roc - Are	Roc - Are	Roc - Are	Roc - Are
Tamaño de las oquedades	80 cm	40 cm	50 cm	30 cm	70 cm	55 cm	50 cm	40 cm
Cobertura de vida %	85	80	90	90	80	100	95	100
Dureza del sustrato %	98	85	95	90	70	70	97	75
% Rocas grandes > de 3 m.	60	10	5	0	60	15	25	25
% Rocas medianas de 1 a 3 m.	30	60	60	30	30	60	55	20
% Rocas pequeñas de 0.30 a 1 m.	10	20	25	60	10	20	20	55
% Rocas < de 0.30 cm	0	10	10	10	0	5	0	0
Numero de oquedades	410	380	320	280	450	420	390	410

7.1.3 Estructura del ensamblaje

Composición específica general de la ictiofauna

En total se realizaron 96 censos visuales en 16 localidades: ocho en Isla San José y ocho en la Zona Costera de Bahía de La Paz, de marzo de 2001 a marzo de 2003, observándose un total de 51,241 organismos (con una densidad de 1.067 indm⁻²). La composición específica estuvo conformada por 133 especies, integradas en 2 clases, 15 órdenes, 46 familias y 93 géneros (Anexo 1).

Composición específica de la ictiofauna en la Isla San José

Se realizaron 48 censos visuales en 8 localidades de marzo de 2001 a febrero de 2002, observándose un total de 26,608 organismos (con una densidad de 1.108 ind m⁻²). La composición de la ictiofauna en la Isla San José estuvo conformada por 112 especies de peces, integradas en 2 clases, 12 órdenes, 42 familias y 76 géneros. Las familias que contribuyeron con un mayor número de especies fueron: *Labridae*(9), *Pomacentridae*(9) y *Serranidae* (9), *Carangidae* (8), *Haemulidae* (7), *Lutjanidae* (6), *Scaridae* (5) y *Tetraodontidae* (4), lo que representa el 50.89%; el resto de las familias aportaron entre 1 y 3 especies. Los géneros que contribuyeron con mayor número de especies fueron: *Caranx*(6), *Halichoeres* y *Lutjanus* (5), *Haemulon*, *Stegastes* y *Scarus* (4), *Urobatis* y *Epinephelus* (3), lo que representa el 44.7%.

Abundancia relativa global

De las 112 especies que se registraron durante el periodo de estudio, 14 de ellas presentaron una abundancia relativa mayor al 1% (*A. troschellii*, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum*, *M. dentatus*, *C. atrilobata*, *L. argentiventris*, *S. ghobban*, *P. punctatus*, *H. sexfasciatus*, *M. inornatus*, *K. elegans*, *H. guntheri*, *H. passer* y *B. polylepis*) conformando el 84.94%; el resto de las especies contribuyeron con el 15.06% (Fig. 10).

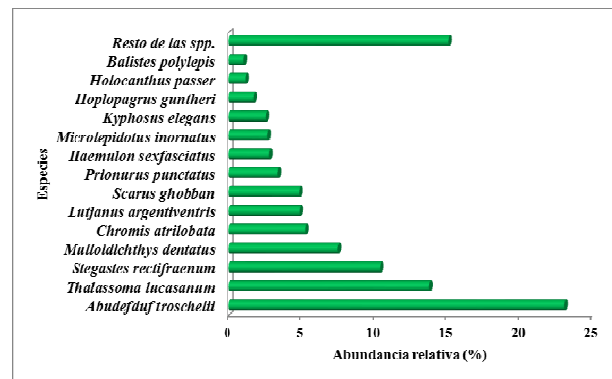


Figura 10. Abundancia relativa global de las especies de peces de la ISJ.

Abundancia relativa por localidades

Se presentaron 11 especies de peces que obtuvieron una abundancia relativa mayor al 5% por localidades. La especie *Abudedefduf troschellii* se presenta como la más abundante en la mayoría de las localidades, excepto en la localidad 5 (Piedra Ahogada), donde la especie *Thalassoma lucasanum* fue la más abundante y la segunda especie con mayor abundancia relativa. *Stegastes rectifraenum* ocupa el tercer lugar en abundancia, excepto en la localidad 4 (La Cuevita), en donde fue la segunda. De acuerdo a la abundancia relativa acumulada por localidad, se observa que en la localidad 1 (San Francisquito), seis especies acumularon el 70.6% de la abundancia relativa local; las especies con mayor abundancia fueron: *A. troschellii*, *S. rectifraenum*, *T. lucasanum* y *Kyphosus elegans*. En la localidad 2 (Cayuco), seis especies acumularon el 70.04% de la abundancia relativa, las cuales fueron:

A. troschellii, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum* y *Chromis atrilobata*. En la localidad 3 (El Faro), seis especies presentaron la mayor abundancia relativa: *A. troschellii*, *Lutjanus argentiventris*, *S. rectifraenum* y *Mulloidichthys dentatus*, las cuales aportaron el 71.51% del total de esa localidad. En la localidad 4 (La Cueva), cinco especies aportaron el 73.18% de la abundancia relativa total: *A. troschellii*, *S. rectifraenum*, *M. dentatus* y *Microlepidotus inornatus*.

En la localidad 5 (Piedra Ahogada), cuatro especies obtuvieron la mayor aportación, las cuales fueron: *T. lucasanum*, *A. troschellii*, *C. atrilobata* y *S. rectifraenum*, mismas que acumularon 75.61%. En la localidad 6 (Punta Colorada), seis especies contribuyeron con el 74.76%, dentro de las cuales tenemos a: *A. troschellii*, *T. lucasanum*, *M. dentatus* y *L. argentiventris*. En la localidad 7 (Cordón Negro), seis especies acumularon el 76.56%; las especies que obtuvieron la mayor abundancia relativa fueron: *A. troschellii*, *T. lucasanum*, *M. dentatus* y *S. rectifraenum*. En la localidad 8 (Estacuda), las cinco especies que presentaron la mayor abundancia relativa fueron: *A. troschellii*, *C. atrilobata*, *T. lucasanum* y *P. punctatus*, las cuales alcanzaron el 66.83% (Fig. 11).

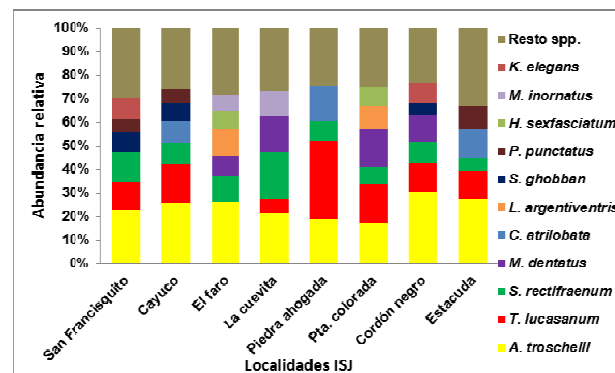


Figura 11. Abundancia relativa acumulada por localidad de los peces de la ISJ.

Abundancia relativa por temporada climática

Se presentaron seis especies con porcentajes mayores al 5% de la abundancia relativa por temporada climática, de las cuales cinco especies estuvieron en la temporada fría (marzo, mayo y febrero de 2002), contribuyendo de esta forma con un 68.79%. Éstas fueron: *A.*

troscellii, *T. lucasanum*, *S.rectifraenum*, *M. dentatus* y *C. atrilobata*; mientras que en la temporada cálida (julio, octubre y noviembre), cuatro especies alcanzaron el 51.6% de la abundancia relativa. Las especies que contribuyeron en la temporada fría fueron: *A. troscellii*, *T. lucasanum* y *M. dentatus*; mientras que en la temporada cálida, las especies que obtuvieron la mayor abundancia relativa fueron: *A. troscellii*, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum* y *L. argentiventris* (Fig. 12).

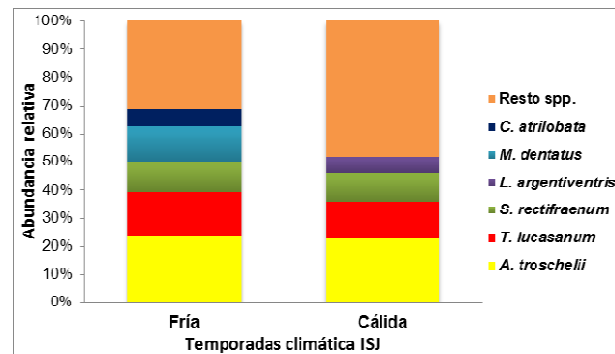


Figura 12. Abundancia relativa acumulada por temporada climática de los peces de la ISJ.

Riqueza específica por mes

Con base en el cálculo de este índice, se encontraron diferencias significativas temporalmente ($F(5,42)=3.8491$, $p=0.0058$), con un intervalo de confianza de 95%. En el mes de julio se registró el mayor promedio de IRE (5.9); el mes donde se registró el menor promedio fue el mes de febrero (4.0) (Fig. 13).

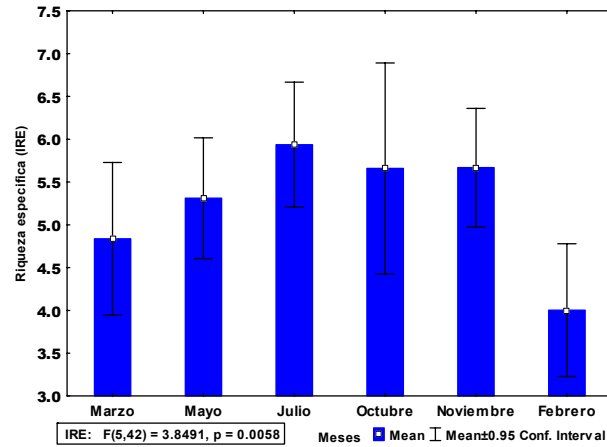


Figura 13. Riqueza específica por meses observados, considerando el \pm error estándar de los peces de la ISJ, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Riqueza específica (IRE) por localidad

La riqueza específica por localidad mostró diferencias ($F(7,40) = 1.9545, p = 0.0861$), con un intervalo de confianza de 95%. Durante el mes de marzo, la localidad en la que se registró la mayor riqueza específica fue la 6 (Punta Colorada), la cual se localiza en la parte este y expuesta de la isla, seguida de las localidades 5 y 2 (Piedra ahogada y El Cayuco), mismas que se encuentran en la parte oeste. La localidad que registró el promedio más bajo fue la 4 (La Cueva), la cual se sitúa en la parte oeste y protegida de la isla (Fig. 14).

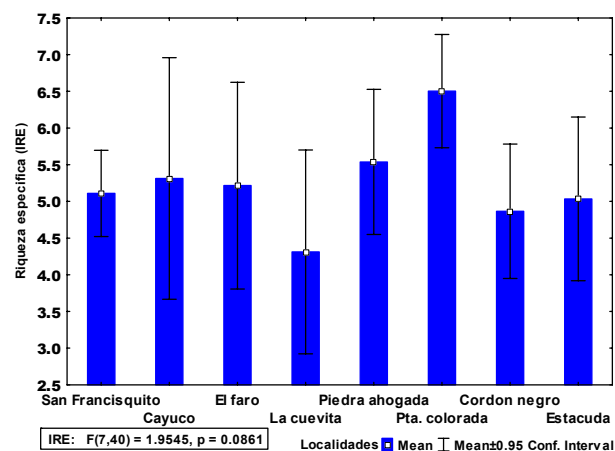


Figura 14. Riqueza específica registrada por localidades en la Isla San José, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Considerando las 112 especies registradas durante todo el periodo de observación, (marzo de 2001 a Febrero de 2002), el IRE global fue de 10.89 unidades.

Diversidad (H') por mes

En general, la diversidad calculada mostró diferencias significativas entre los meses ($F(5,42)=4.4624$, $p=0.0024$), con un intervalo de confianza de 95%. Los meses en que se registró el mayor valor de diversidad fueron julio y noviembre, seguidos por el mes de mayo; mientras que el valor más bajo registrado fue durante el mes de febrero de 2002 (Fig. 15).

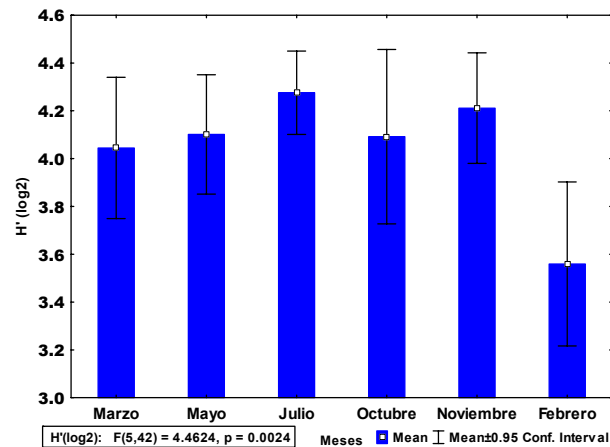


Figura 15. Diversidad (H') registrada por mes en Isla San José, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Diversidad (H') por localidad

La diversidad (H') por localidad no mostró diferencias entre localidades ($F(7,40)=1.8141$, $p=0.1112$), con un intervalo de confianza de 95%. Durante el mes de marzo, la localidad en la que se registró la mayor diversidad fue la 6 (Punta Colorada), la cual se localiza en la parte este y expuesta de la isla, seguida de las localidades 8 y 2 (Estacuda y El cayuco). La localidad que registró el promedio más bajo fue la 4 (La Cueva), situada en la parte oeste y protegida de la isla (Fig. 16).

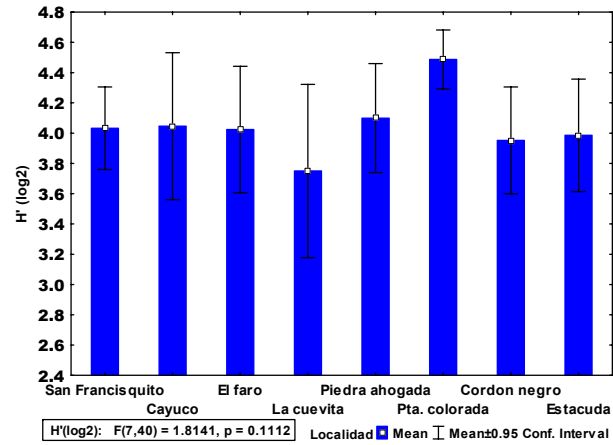


Figura 16. Diversidad (H') por localidades muestreadas en la isla San José, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Diversidad (H') anual

Considerando los datos obtenidos durante todo el periodo de muestreo, la diversidad global para esta zona de estudio fue de 4.2 bits/ind.

Equidad (J') por mes

La equidad (J') entre meses mostró diferencias ($F(5,42)=5.961, p=0.0003$). Durante el mes de marzo se registró el mayor promedio; mientras que el menor promedio se registró durante el mes de febrero (Fig. 17).

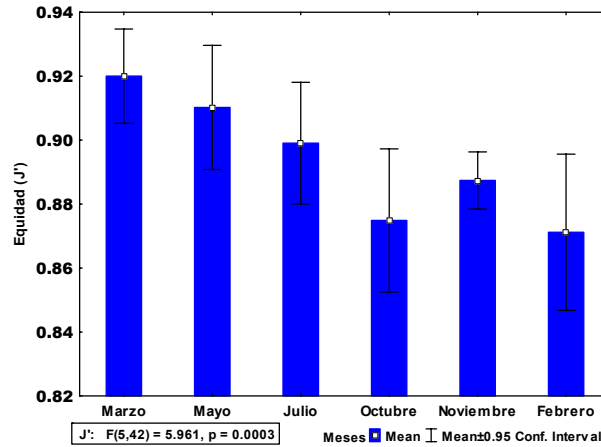


Figura 17. Equidad (J') por mes en Isla San José, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Equidad (J') por localidad

La equidad (J') entre localidades no mostró diferencias ($F(7,40)=0.4626, p=0.8555$). La localidad en la que se registró el mayor promedio fue la 7 (Cordón Negro), seguida de la localidad 6 (Punta Colorada), ambas localizadas en la parte este y expuesta de la isla. La localidad que registró el promedio más bajo fue la 3 (El Faro), la cual se sitúa en la parte oeste y protegida de la isla (Fig. 18).

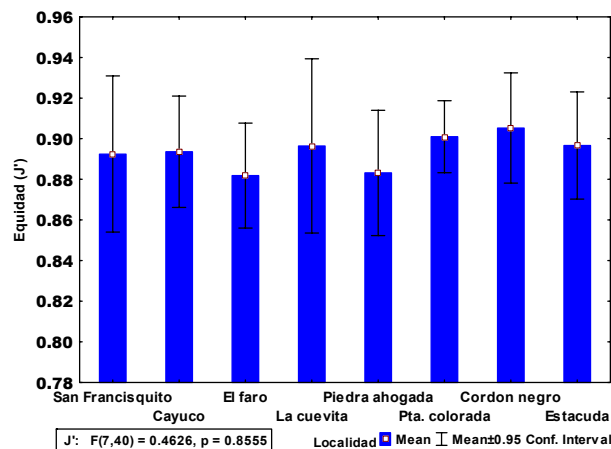


Figura 18. Equidad (J') por localidad de Isla San José, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Considerando los datos obtenidos durante el presente estudio, la equidad global calculada para esta zona fue de 0.62.

Dominancia

De acuerdo al Índice del Valor Biológico calculado, y considerando a las especies que sus abundancias relativas sumaran el 95%, se presentan los siguientes resultados:

Dominancia por mes

En el mes de marzo se registraron 51 especies; de éstas, 12 obtuvieron los mayores valores de dominancia: *Abudefduf troschelii*, *Mulloidichthys dentatus*, *Talassoma lucasanum*, *Scarus ghobban*, *Chromis atrilobata*, *Stegastes rectifraenum*, *Lutjanus argentiventris*, *Mycteroperca rosacea*, *Holocanthus passer*, *Prionurus punctatus*, *Lutjanus novemfasciatus* y *Kyphosus elegans*.

En el mes de mayo se registraron 60 especies, de las cuales 14 obtuvieron el mayor valor del IVB: *S. rectifraenum*, *S. ghobban*, *A. troschelii*, *T. lucasanum*, *M. dentatus*, *L. argentiventris*, *K. elegans*, *P. punctatus*, *Diodon holocanthus*, *Holocanthus passer*, *Bodianus diplotaenia*, *Cirrhitichthys oxycephalus*, *Microlepidotus inornatus* y *Balistes polylepis*.

En el mes de julio se registraron 72 especies, de las cuales 17 alcanzaron los mayores valores del IVB: *A. troschelii*, *S. ghobban*, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum*, *L. argentiventris*, *P. punctatus*, *K. elegans*, *Nicholsina denticulata*, *M. dentatus*, *Lutjanus viridis*, *C. atrilobata*, *D. holocanthus*, *H. passer*, *Hoplopagrus guntheri*, *B. diplotaenia*, *L. novemfasciatus* y *B. polylepis*.

En el mes de octubre se registraron 74 especies, de las cuales 11 obtuvieron los mayores valores del IVB: *A. troschelii*, *S. rectifraenum*, *T. lucasanum*, *M. dentatus*, *S. ghobban*, *L. argentiventris*, *P. punctatus*, *K. elegans*, *B. diplotaenia*, *Haemulon sexfasciatum* y *C. atrilobata*.

En el mes de noviembre se registraron 76 especies, de las cuales 12 obtuvieron el mayor valor del IVB: *A. troschelii*, *S. rectifraenum*, *T. lucasanum*, *S. ghobban*, *H. guntheri*, *L. argentiventris*, *P. punctatus*, *M. rosacea*, *M. dentatus*, *C. atrilobata*, *L. novemfasciatus* y *H. passer*.

En el mes de febrero de 2002 se registraron 48 especies, de las cuales seis obtuvieron los mayores valores de dominancia: *A. troschelii*, *S. rectifraenum*, *T. lucasanum*, *S. ghobban*, *H. passer* y *M. dentatus* (Anexo 2).

Dominancia por localidad

En la localidad 1 (San Francisquito) se registraron 50 especies, de las cuales ocho alcanzaron los mayores valores de dominancia: *S. rectifraenum*, *A. troschelii*, *S. ghobban*, *T. lucasanum*, *L. argentiventris*, *M. dentatus*, *B. polylepis* y *Cirrhitichthys oxycephalus*.

En la localidad 2 (Cayuco) se registraron 62 especies, de las cuales diez alcanzaron los mayores valores de acuerdo al IVB: *A. troschelii*, *S. ghobban*, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum*, *B. polylepis*, *C. atrilobata*, *B. diplotaenia*, *M. rosacea*, *H. passer* y *Paranthias colonus*.

En la localidad 3 (El Faro) se registraron 58 especies, de las cuales siete alcanzaron los valores más altos en dominancia: *A. troschelii*, *S. rectifraenum*, *S. ghobban*, *L. argentiventris*, *M. dentatus*, *H. sexfasciatum*, y *D. holocanthus*.

En la localidad 4 (La Cueva) se registraron 45 especies, de las cuales cinco alcanzaron los valores más altos de dominancia: *S. rectifraenum*, *A. troschelii*, *M. dentatus*, *Thalassoma lucasanum* y *S. ghobban*.

En la localidad 5 (Piedra Ahogada) se registraron 54 especies, de las cuales ocho alcanzaron los mayores valores del IVB: *T. lucasanum*, *S. rectifraenum*, *A. troschelii*, *S. ghobban*, *C. atrilobata*, *H. passer*, *D. holocanthus* y *M. rosacea*.

En la localidad 6 (Punta Colorada) se registraron 77 especies, de las cuales trece alcanzaron los mayores valores de dominancia: *T. lucasanum*, *M. dentatus*, *A. troschellii*, *S. rectifraenum*, *L. argentiventris*, *S. ghobban*, *H. sexfasciatum*, *L. novemfasciatus*, *P. punctatus*, *B. diplotaenia*, *K. elegans*, *H. passer* y *C. atrilobata*.

En la localidad 7 (Cordón Negro) se registraron 54 especies, de las cuales siete alcanzaron los valores más altos de dominancia: *A. troschellii*, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum*, *M. dentatus*, *K. elegans*, *S. ghobban* y *P. punctatus*.

En la localidad 8 (Estacuda) se registraron 60 especies, de las cuales doce alcanzaron los mayores valores del IVB: *A. troschellii*, *P. punctatus*, *S. ghobban*, *L. novemfasciatus*, *S. rectifraenum*, *C. atrilobata*, *T. lucasanum*, *H. passer*, *M. cephalus*, *M. dentatus*, *Chilomicterus affinis* y *M. rosacea* (Anexo 3).

Dominancia anual

De la información obtenida durante todo el periodo de muestreo, y de las 112 especies registradas, 14 especies obtuvieron los mayores porcentajes del IVB: *A. troschellii*, *S. rectifraenum*, *T. lucasanum*, *S. ghobban*, *M. dentatus*, *L. argentiventris*, *P. punctatus*, *H. passer*, *C. atrilobata*, *K. elegans*, *B. diplotaenia*, *M. rosacea*, *L. novemfasciatus* y *D. Holocanthus* (Fig. 19).

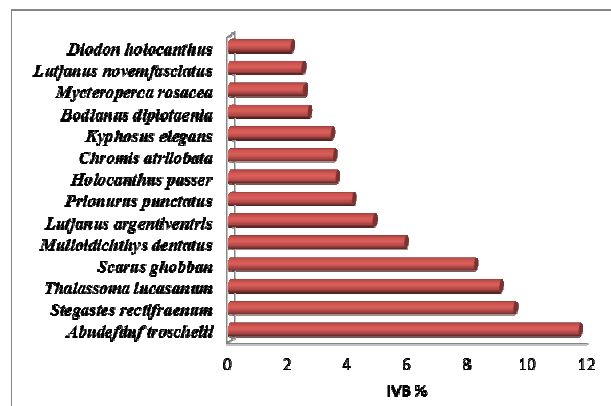


Figura 19. Dominancia general de acuerdo al IVB de las especies de peces más representativas de la ISJ.

Clasificación de las especies de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia

De las 112 especies registradas, y de acuerdo a la frecuencia de aparición de cada especie y a su abundancia relativa, se clasificaron en cuatro categorías (Fig. 20 y Anexo 4).

1.- Especies abundantes: 14 especies se agruparon como abundantes, ya que obtuvieron del 1 al 23% de su abundancia relativa. Se citan las primeras cinco especies con mayor abundancia y frecuencia: *Abudefduf troschelii*, *Thalassoma lucasanum*, *Stegastes rectifraenum*, *Mulloidichthys dentatus*, *Chromis atrilobata*.

2.- Especies frecuentes: 22 especies se agruparon como frecuentes, ya que su abundancia relativa fue de 0.10 a 0.96%. Se citan las primeras cinco especies con mayor abundancia y frecuencia: *Lutjanus novemfasciatus*, *Scarus rubroviolaceus*, *Mycteroperca rosácea*, *Bodianus diplotaenia* y *Cirrhitichthys oxycephalus*.

3.- Especies comunes: se clasificaron 52 especies como comunes, ya que su abundancia relativa fue de 0.02 a 0.09 %. Se citan las primeras cinco especies con mayor abundancia y frecuencia: *Stegastes flavilatus*, *Mycteroperca jordani*, *Caranx sexfasciatus*, *Gerres cinereus* y *Cephalopholis panamensis*.

4.- Especies raras: 24 especies se agruparon como raras, ya que su abundancia relativa fue de 0.004 a 0.011%. Se citan las primeras cinco especies con mayor abundancia y frecuencia: *Anisotremus taeniatus*, *Citharichthys xanthostigma*, *Decapturus macarellus*, *Elacatinuspuncticulatus*, *Exocoetus* spp.

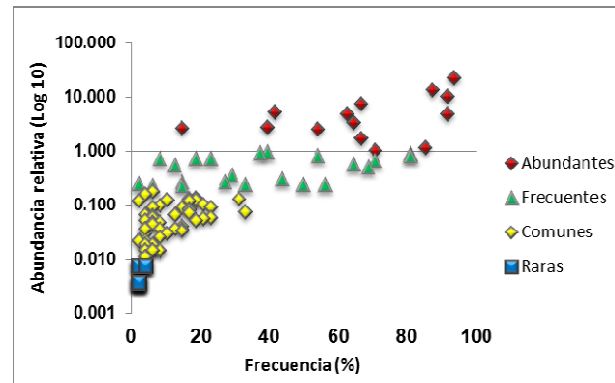


Figura 20. Clasificación de las 112 especies registradas en ISJ, de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia.

Análisis de Componentes Principales

Se realizó en forma temporal el Análisis de Componentes Principales para comparar las posibles relaciones de las especies que resultaron ser las más dominantes de acuerdo al IVB de Sanders, con las variables físico-químicas del agua de mar y los atributos comunitarios.

Análisis de Componentes Principales en su forma temporal

Se consideraron las 14 especies que, de acuerdo al IVB, resultaron ser las más dominantes. La variable que presentó una relación más fuerte fue la temperatura, ya que se puede observar que de los 6 meses muestreados, la temperatura los agrupa en dos temporadas: una cálida (julio, octubre y noviembre) y otra fría (febrero, marzo y mayo).

Se observan en el lado derecho de la figura los meses cálidos, los cuales presentan una relación positiva con el número de especies, abundancia total, diversidad (H'), riqueza específica (IRE); el mes de noviembre se relaciona con la abundancia total. Las especies que fueron afines a este mes fueron: *A. troschelii*, *S. rectifraenum*, *L. novemfasciatus* y *M. rosácea*. La diversidad, el número de especies, la riqueza específica y la temperatura se relacionan más con los meses de julio y octubre.

En el lado izquierdo se encuentran la salinidad, el oxígeno disuelto y la equidad, así como las especies *M. dentatus*, *D. holocanthus*, *C. atrilobata* y *H. passer*, las cuales se relacionan más con los meses fríos. El porcentaje de acumulación de la varianza para los dos factores fue de 60.1% (Fig.21).

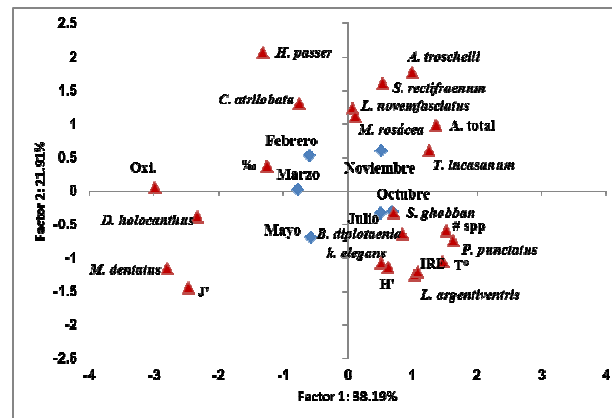


Figura 21. Análisis de componentes principales en su forma temporal de las especies más dominantes de acuerdo al IVB y las variables fisicoquímicas y los atributos comunitarios de Isla San José.

Características del hábitat y atributos comunitarios

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) relacionando las características del hábitat y los principales atributos comunitarios. En éste se puede observar (lado derecho de la figura) que la rugosidad presenta una mayor afinidad con la diversidad H' , J' , abundancia total, con rocas medianas de uno a tres metros, con las rocas de 0.30 cm a un metro, y con las rocas pequeñas menores a los 30 centímetros, relacionando a cuatro localidades (Las Cuevitas, El Faro, Cayuco y Punta Colorada).

Así mismo, la riqueza específica (IRE), número de especies fueron más afines con las rocas mayores a los tres metros, número y tamaño de oquedades y cobertura de vida, relacionando a cuatro localidades (Cordón negro, Estacuda, Piedra ahogada y San Francisquito) (Fig. 22).

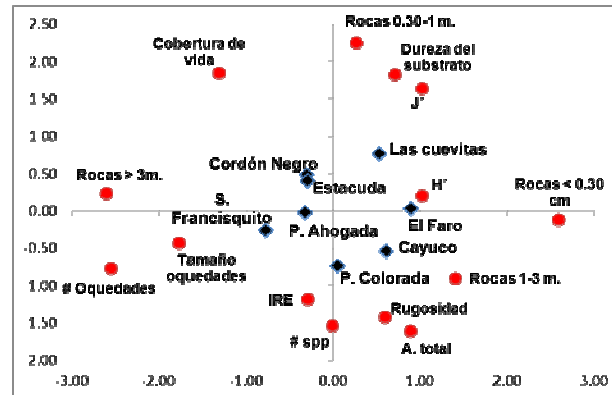


Figura 22. Análisis de componentes principales relacionando las características del hábitat, localidades y los atributos comunitarios de los peces registrados en ISJ.

7.1.4 Diversidad taxonómica

Para determinar la diversidad taxonómica se utilizaron diferentes índices: alfa de Fisher, alfa, beta, gamma, índice promedio de distintividad taxonómica ($\Delta+$) e índice de distintividad taxonómica (Δ^*); este último, además de la riqueza de especies, también toma en cuenta su abundancia, con la finalidad de comparar cuáles son las localidades y los meses que presentan una mayor diversidad taxonómica, utilizando la nomenclatura y clasificación jerárquica propuesta por Nelson (2006).

Alfa de Fisher (α -Fisher) por mes

De acuerdo a este índice, el cual presentó diferencias entre los meses muestreados ($F(5,42)= 4.2777$, $p=0.0031$), se obtuvo un promedio general de $S=11.85$, así que el menor valor registrado fue en el mes de febrero ($S=8.33$), mientras que el mayor valor se obtuvo en el mes de julio ($S=14.24$). En general, el comportamiento de este índice nos indica que en uno de los meses cálidos el valor de la diversidad fue más alto, mientras que en los meses fríos estos valores fueron bajos, excepto en el mes de mayo que se obtuvieron valores mayores por arriba de los otros meses fríos e inclusive de los otros meses cálidos. Con estos resultados se observa que la temperatura del agua juega un papel muy importante en la diversidad de los peces de esta isla (Fig. 23).

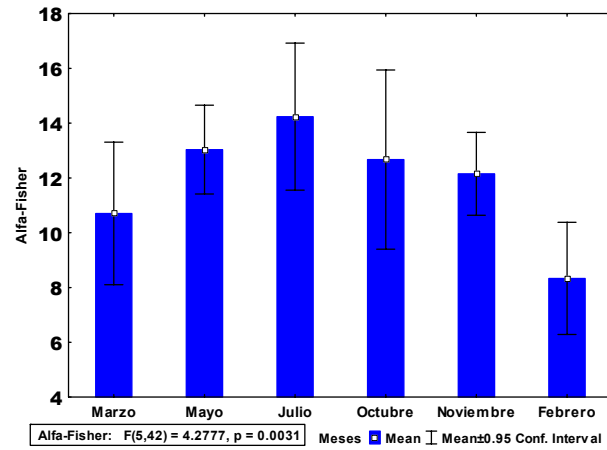


Figura 23. Alfa de Fisher calculada para cada mes de muestreo en la Isla San José, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Alfa de Fisher (α -Fisher) por localidades

El cálculo de este índice no mostró diferencias por localidades ($F(7,40)=1.4513$, $p=0.2125$), con un intervalo de confianza de 95%. La localidad que registró el mayor valor fue Punta Colorada, seguida de la localidad de Piedra Ahogada; mientras que el menor valor calculado fue en la localidad de La Cueva (Fig. 24).

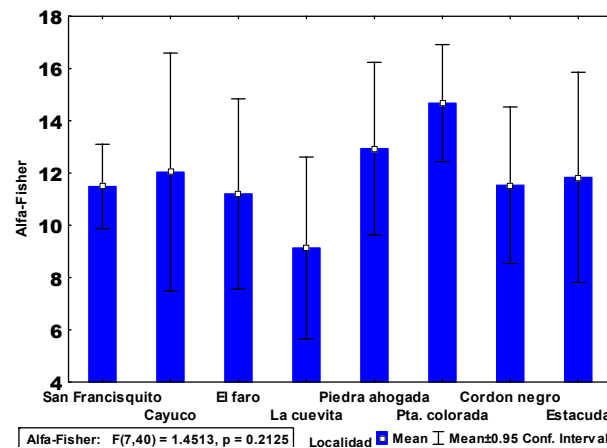


Figura 24. Alfa de Fisher calculada para cada localidad muestreada en Isla San José, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Diversidad alfa (α) por mes y localidad

En el mes de marzo, la mayor diversidad alfa (28 especies) fue registrada en la localidad 6 (Punta Colorada) y la menor (13 especies) se registró en la localidad 4 (La Cueva). En el mes de mayo, la mayor diversidad alfa observada (35 especies) fue en la localidad 6 (Punta Colorada), y la menor (18 especies) fue en la localidad 1 (San Francisquito). En el mes de julio, la mayor diversidad alfa (32 especies) fue observada en las localidades 2, 6 y 8 (Cayuco, Punta Colorada y Estacuda) y la menor se registró en la localidad 4 (La Cueva). En octubre, la mayor diversidad alfa (38 especies) fue registrada en la localidad 6 (Punta Colorada), y la menor (18 especies) se observó en la localidad 7 (Cordón Negro). Durante el mes de noviembre, la mayor diversidad alfa (32 especies) se observó en las localidades 5 y 6 (Piedra Ahogada y Punta Colorada) y la menor (19 especies) fue en la localidad 7 (Cordón Negro). En el mes de febrero de 2002, la mayor diversidad alfa (26 especies) fue observada en la localidad 6 (Punta Colorada) y la menor (10 especies) se registró en la localidad 4 (La Cueva) (Fig. 25).

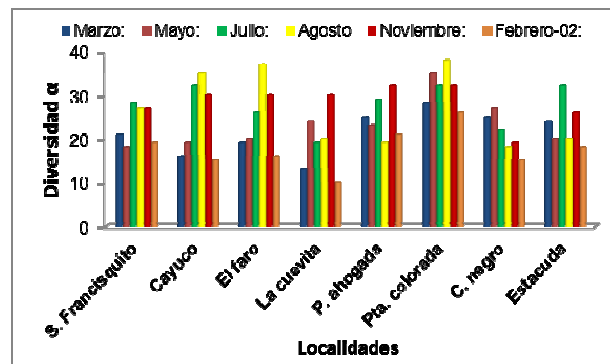


Figura 25. Diversidad alfa registrada por mes y localidad de Isla San José.

Diversidad alfa promedio por localidades

Se obtiene mediante el promedio de las diversidades locales. Por ejemplo, en la localidad 1 (San Francisquito) se obtuvo una diversidad alfa promedio de 23.33 especies; en la localidad 2 (El Cayuco) se registró una diversidad alfa promedio de 24.50 especies; en la 3 (El Faro) fue de 24.67 especies; la localidad 4 (La Cueva) fue la de menor promedio,

obteniéndose una diversidad alfa promedio de 19.33 especies; la localidad 5 (Piedra Ahogada) registró un promedio de 24.83 especies; en la localidad 6 (Punta Colorada) se obtuvo el mayor promedio de diversidad alfa alcanzando 31.83 especies; la localidad 7 (Cordón Negro) registró un promedio de 21.0 especies y la localidad 8 (Estacuda) alcanzó un promedio de 23.33 especies (Fig.26).

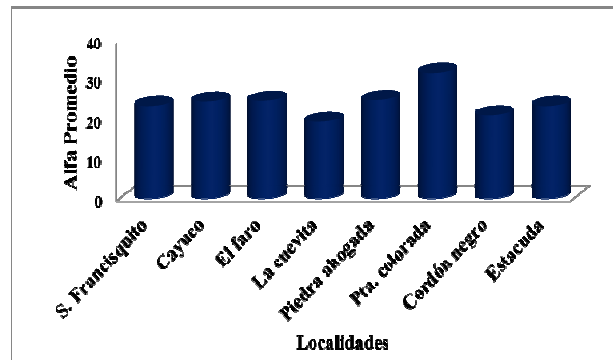


Figura 26. Diversidad alfa promedio por localidades de Isla San José.

Diversidad alfapromedio por temporada climática

Con base en la temperatura del agua del mar, se detectaron dos temporadas: una cálida (julio, octubre y noviembre) y una fría (marzo, mayo y febrero de 2002). La mayor diversidad alfa promedio calculada fue durante la temporada cálida (74.33%), siendo menor la diversidad en la temporada fría (53.33%) (Fig. 27).

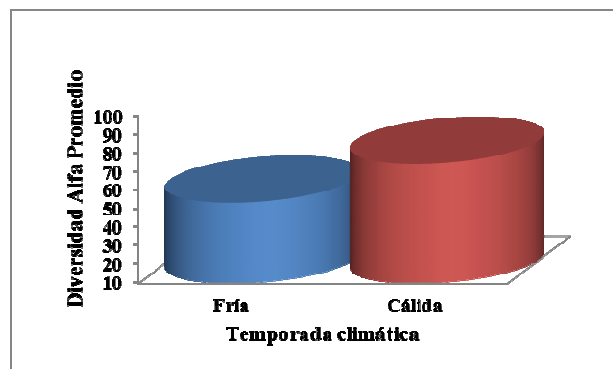


Figura 27. Diversidad alfa promedio por temporadas climáticas en Isla San José.

Diversidad beta por localidad

Partiendo de que la diversidad beta es la tasa de recambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje, se presentan los resultados agrupando las localidades durante todo el periodo de muestreo. Así, se tiene que la mayor diversidad beta calculada (45%) fue en la localidad 6 (Punta Colorada), seguida de las localidades 2 y 8 (Cayuco y Estacuda, con 38 y 37%, respectivamente); la menor diversidad beta calculada (26%) fue en la localidad 4 (La Cueva), seguida de las localidades 1 y 5 (San Francisquito y Punta Ahogada, con 27 y 29, respectivamente) (Fig. 28).

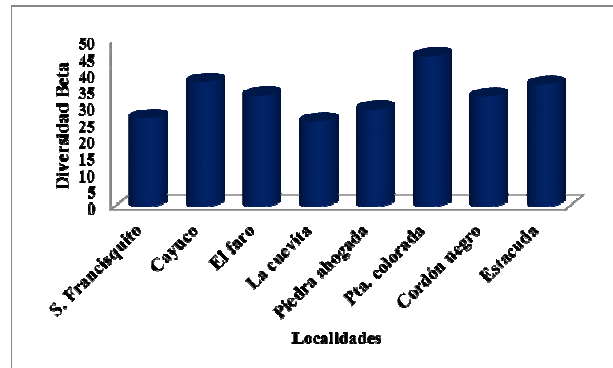


Figura 28. Diversidad beta por localidades en Isla San José.

Diversidad beta y gamma por temporada climática

De las dos temporadas detectadas, la temporada cálida registró una diversidad beta de 26.66% y la temporada fría de 30.66%; por otro lado, la diversidad gamma para la temporada cálida fue de 105 especies y para la temporada fría de 80 especies (Fig. 29).



Figura 29. Diversidad beta y gamma acumuladas por temporada climática en Isla San José.

Índice de distintividad taxonómica (Δ^) por mes*

Para el cálculo de este índice se consideraron seis niveles jerárquicos (Phyllum, Clase, Orden, Familia, Género y Especie). Los datos considerados fueron de abundancia total, y estandarizados con la raíz cuadrada. El mes que registró el mayor valor del peso de la distancia de las ramas del árbol taxonómico (lambda) fue noviembre ($\gamma=141.63$), mientras que la menor distancia fue marzo ($\gamma=84.62$) (Fig. 30); temporalmente, este índice (Δ^*) mostró diferencias ($F(5,42)=4.7601$, $p=0.0016$). El mes que registró la mayor distancia taxonómica fue mayo ($\Delta^*=54.49$), mientras que la menor distancia se registró en el mes de marzo ($\Delta^*=52$) (Fig. 31).

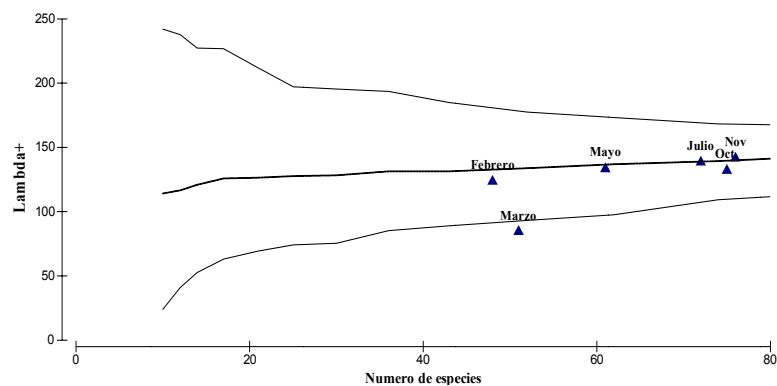


Figura 30. Túnel de la relación de los valores de la distintividad taxonómica (lambda) y la riqueza específica de los datos de los peces de ISJ. Se muestra el promedio (línea central) y los intervalos de confianza de 95% (líneas continuas extremos) para 999 permutaciones de pares aleatorias de la lista completa de especies.

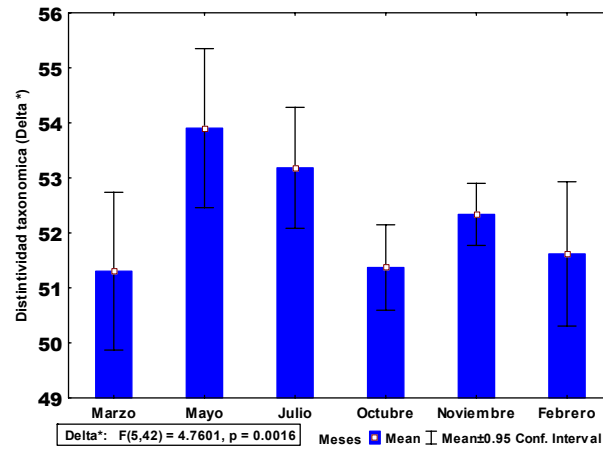


Figura 31. Distintividad taxonómica por meses de los peces muestreados en ISJ, con la media \pm error estándar con un intervalo de confianza de 95%.

Índice de distintividad taxonómica (Δ^) por localidad*

Para el cálculo de este índice se utilizaron datos de la abundancia total con el mismo tratamiento; especialmente no mostró diferencias ($F(7,40)=0.9403$, $p=0.4869$), registrándose el mayor peso de la distancia de la rama del árbol taxonómico en la localidad 6, conocida como Punta Colorada ($\Delta^*=53.64$). Por otro lado, la localidad en que se calculó el menor valor del peso de la distancia taxonómica fue San Francisquito ($\Delta^*=51.75$) (Fig. 32).

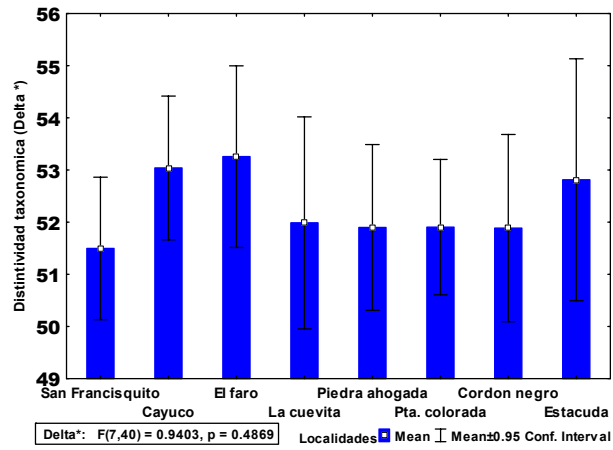


Figura 32. Distintividad taxonómica por localidad de los peces registrados en ISJ, con la media \pm error estándar con un intervalo de confianza de 95%.

Índice de distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$) por mes

Para el cálculo de este índice se consideraron los datos de presencia/ausencia. El mes que registró el mayor valor del peso de la distancia de las ramas del árbol taxonómico fue noviembre ($\Delta+=58.91$); mientras que la menor distancia fue marzo ($\Delta+=54.42$) (Fig. 33), determinándose diferencias estadísticas ($F(5,42)=5.0884, p=0.0010$) (Fig. 34).

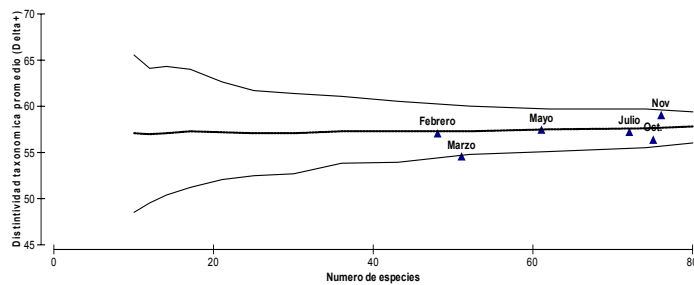


Figura 33. Túnel de la distintividad taxonómica promedio de los meses muestreados en ISJ.

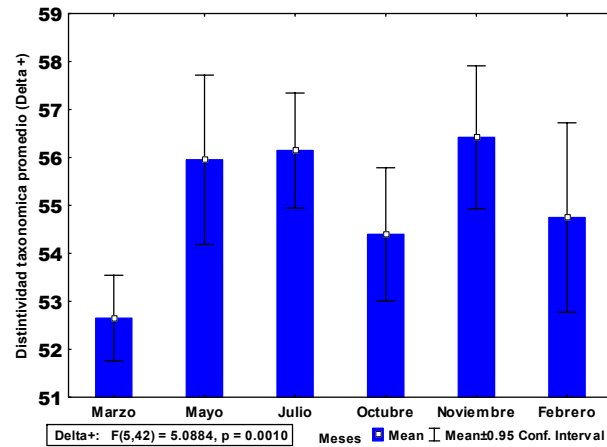


Figura 34. Distintividad taxonómica promedio agrupada por meses de muestreo en ISJ, con la media \pm error estándar con un intervalo de confianza de 95%.

Igualmente, para el cálculo de este índice se utilizaron los mismos seis niveles jerárquicos, obteniéndose el mayor valor del peso de las distancias de las ramas del árbol taxonómico de $\Delta+=59.43$ en la localidad 6 (Punta Colorada), seguida de las localidades 3 y 4 (Cayuco y El Faro, con $\Delta+=57.13$ y $\Delta+=57.08$, respectivamente). La localidad en donde se registró la distancia más baja ($\Delta+=54.95$) fue en la localidad 7 (Cordón Negro) (Fig. 35), no se observaron diferencias estadísticas ($F(7,40)=0.821$, $p=0.7556$) (Fig. 36).

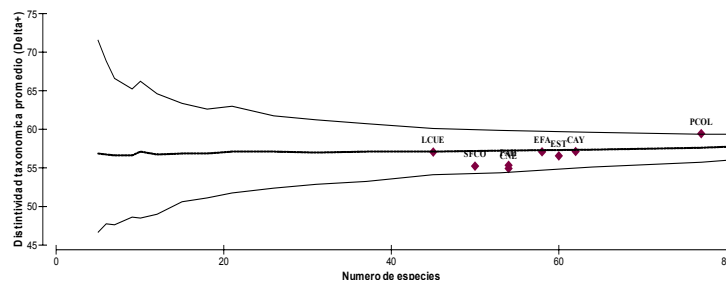


Figura 35. Túnel de la distintividad taxonómica promedio de los peces por localidad de ISJ: Punta Colorada (PCOL), Cayuco (CAY), El Faro (EFA), Estacuda (EST) La Cuevita (LCUE), San Francisquito (SFCO), Piedra Ahogada (PAH) y Cordón Negro (CNE).

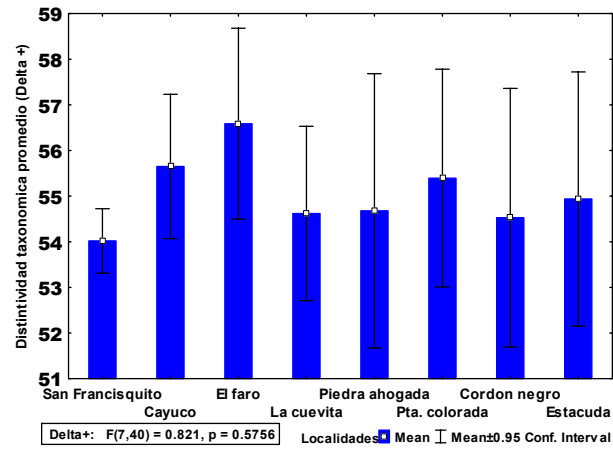


Figura 36. Índice de distintividad taxonómica promedio con valores medios y \pm error estándar de los peces de ISJ.

7.2 Zona Costera de Bahía de La Paz

7.2.1 Variables físico-químicas

Durante el periodo de estudio en la Zona Costera de Bahía de La Paz, la temperatura superficial del agua de mar entre los meses mostró diferencias ($F(5,42)=169.6972$, $p<0.05$). Los valores más altos se presentaron en el mes de agosto (29.63°C) y los más bajos en el mes de marzo (22.41°C), observándose una ampliación térmica de 7.21°C (Fig.37).

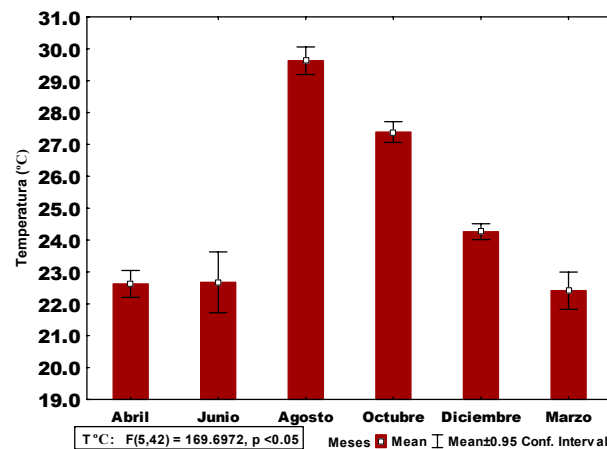


Figura 37. Temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$) por mes muestreado en la Bahía de La Paz, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

La temperatura del agua de mar por localidades no mostró diferencias ($F(7,40)=0.0713$, $p=0.9993$). La temperatura más alta se registró en Tarabilla (25.30°C), mientras que la más baja se registró en las localidades Punta Mechudo y Las Pacas (24.45 y 24.81°C , respectivamente) (Fig.38).

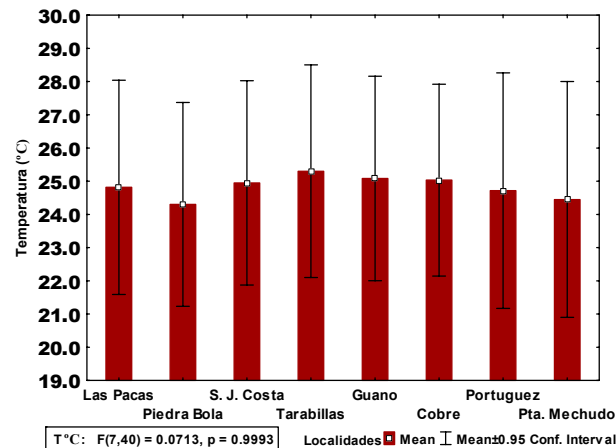


Figura 38. Temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$) por localidad muestreada en la ZCBP, con la media \pm error estándar y un intervalo de 95%

Al realizar un análisis de agrupamiento mediante el análisis de Bray-Curtis, y utilizando la temperatura y especies registradas por mes, se pudo observar que las campañas de agosto, octubre y diciembre se agrupan considerándose una temporada cálida, mientras que las campañas de marzo y abril mantienen una afinidad considerándose una temporada fría. La campaña de junio se separa de estos dos grupos (al realizar el análisis de los datos, se observa la presencia de especies de la temporada fría que aún permanecen presentes en el área, mientras que empiezan a registrarse las especies de temporada cálida. El número de especies y la diversidad indican que esta campaña es de transición) (Fig. 39).

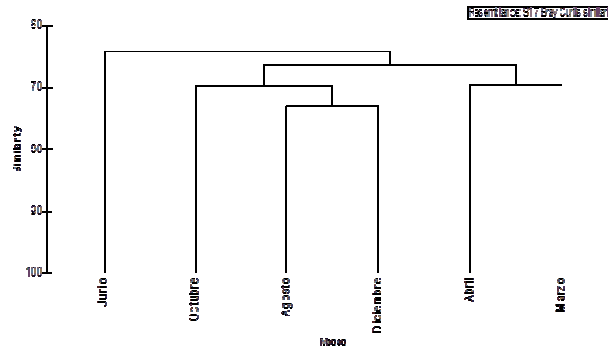


Figura 39. Agrupamiento jerárquico de los seis meses de muestreo de los peces en la ZCBP, con la media de grupo de la vinculación de las similitudes de acuerdo al índice de Bray-Curtis, con datos transformados en raíz cuadrada ($\sqrt{\sqrt{\cdot}}$) de la temperatura del agua y abundancia total.

La salinidad registrada en el área de estudio mostró diferencias ($F(5,42)=4.75$, $p=0.0016$). El valor más alto fue en el mes de agosto (35.09‰) y el valor más bajo en el mes de diciembre (34.96‰), pudiéndose observar una amplitud salina de 0.12‰ (Fig. 40).

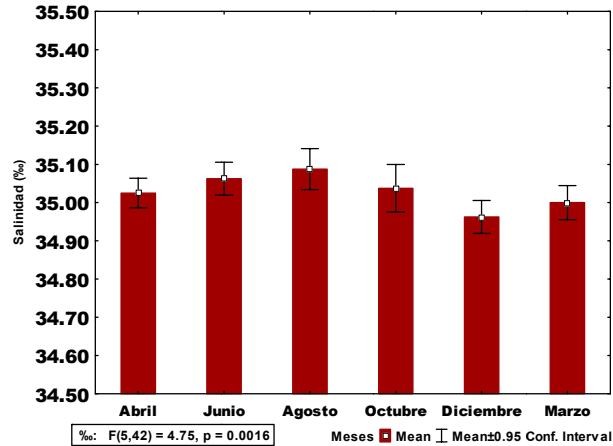


Figura 40. Salinidad del agua de mar por mes muestreados en la ZCBP, con la media \pm error estándar y un intervalo de 95%.

Al hacer el análisis de la salinidad por localidades no se observaron diferencias ($F(7,40)=1.2434$, $p=0.3027$). La localidad en donde se registró la mayor salinidad fue Las Pacas (35.08‰); la salinidad más baja fue en el Portugués y Punta Mechudo (35‰) (Fig. 41).

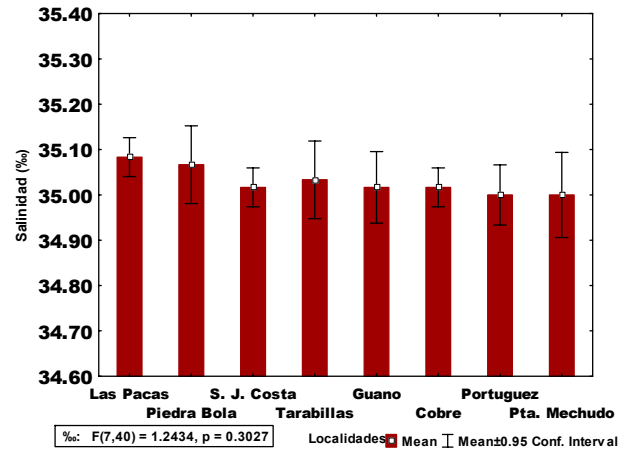


Figura 41. Salinidad del agua de mar por localidades en la ZCBP, con la media \pm error estándar y un intervalo de 95%.

La concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar mostró diferencias ($F(5,42)=13.3646$, $p<0.05$). El mayor registro se dio en el mes de junio (7.33mg l^{-1}) y el más bajo en el mes de abril (3.68mg l^{-1}), con un diferencial de 3.65 mg/l (Fig. 42).

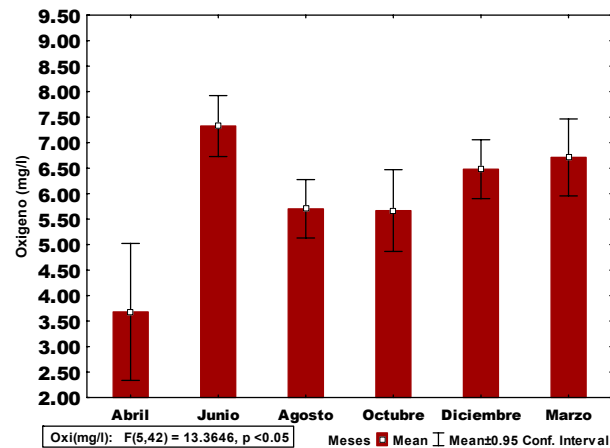


Figura 42. Oxígeno disuelto (mg l^{-1}) en el agua de mar, en los meses muestreados en la ZCBP, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

El oxígeno registrado en las localidades no mostró diferencias ($F(7,40)=1.0946$, $p=0.3851$). La mayor concentración en promedio fue en el Guano (6.5 mg l^{-1}) y la más baja fue en Las Pacas (4.56 mg l^{-1}) (Fig. 43).

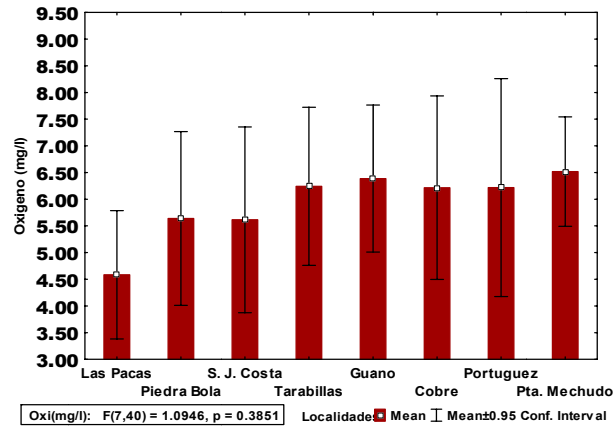


Figura 43: Oxígeno disuelto (mg l⁻¹) por localidades muestreadas en la ZCBP con la media ± error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

7.2.2 Complejidad del hábitat

Se tomaron las principales características del hábitat en cada una de las localidades para poder determinar la complejidad del mismo. La rugosidad mostró diferencias ($F(7,16)=6.1058, p=0.0013$). Las localidades que obtuvieron la mayor rugosidad fueron San Juan de la Costa y Portugués (0.65 y 0.72, respectivamente); la localidad en que se registró la menor rugosidad fue El Guano (0.88) (Fig. 44).

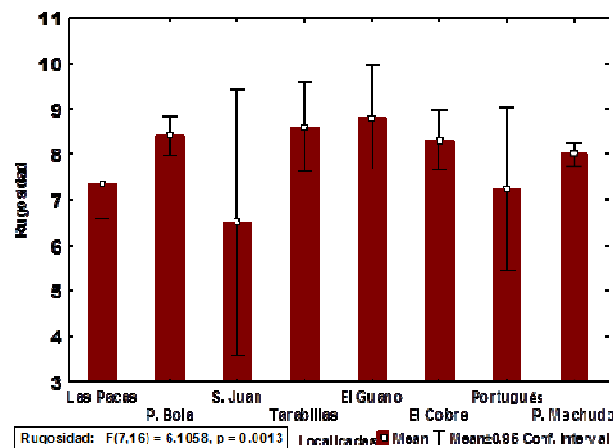


Figura 44. Rugosidad del sustrato en las localidades de la ZCBP. media ± error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

La diversidad del sustrato estuvo conformada principalmente por rocas y arena. La mayoría de las localidades presentaron en su cobertura algas (padina, *Sargassum*, *Rhodophytas*, *Codium* y algas calcáreas), corales de cabeza, abanicos de mar e invertebrados marinos (crustáceos, equinodermos). El tamaño de las oquedades varió entre los 10 y los 100 cm, presentándose en la localidad de San Juan de la Costa las mayores oquedades y las mayores rocas (Tabla II).

Tabla II. Principales características del hábitat en las localidades de la ZCBP: Canto rodado (CR), Rocas (RC), Arena (A).

Complejidad del Hábitat	Las pacas	Piedra bola	S. Juan	Tarabilla	El guano	El cobre	Portugués	Mechudo
Rugosidad del sustrato	0.73	0.84	0.65	0.85	0.88	0.83	0.72	0.8
Diversidad del sustrato	CR-A	CR-ROC-A	ROC	CR-ROC-A	ROC-A	ROC-A	ROC-A	ROC-A
Tamaño de las oquedades	35	30	75	75	10	35	60	30
% cobertura de vida	40	85	65	100	50	90	93	100
% dureza del sustrato	80	85	100	80	75	80	80	80
% Rocas grandes > de 3 m	0	15	70	Tepetate	0	0	0	20
% Rocas medianas de 1 a 3 m	5	60	25	Tepetate	0	70	70	60
% Rocas pequeñas de 0.30 a 1 m	25	10	5	Tepetate	0	30	25	5
% Rocas < de 0.30 cm	70	15	0	Tepetate	10	0	5	15
Número de oquedades	325	335	280	50	100	286	310	350

7.2.3 Estructura del ensamblaje

Composición específica general de la ictiofauna

En esta zona se realizaron 48 censos visuales en 8 localidades, de abril de 2002 a marzo de 2003, observándose un total de 24,633 organismos (con una densidad de 1.026 ind. /m²); la composición de la ictiofauna en la Zona Costera de Bahía de La Paz estuvo conformada por 92 especies, integradas en 2 clases, 5 órdenes, 40 familias y 68 géneros. Las familias que contribuyeron con un mayor número de especies fueron: *Pomacentridae* (8), *Labridae* (7), *Haemulidae* y *Serranidae* (6 cada una), *Scaridae* (5), *Lutjanidae* y *Tetraodontidae* (4 cada una), lo que representa el 43.48%. El resto de las familias contribuyeron con 1 a 3 especies. Los géneros que contribuyeron con mayor número de especies fueron: *Haemulon* (5), *Halichoeres* y *Scarus* (4 cada uno), *Lutjanus* y *Urobatis* (3 cada uno), lo que en conjunto representa el 28.35%. El resto de los géneros contribuyó con 1 o 2 especies.

Abundancia relativa global

De las 92 especies que se registraron durante el periodo de estudio, se contabilizaron 24,633 organismos. Dentro de estas especies, 19 presentaron una abundancia relativa mayor al 1%, las que conformaron el 89%, las cuales fueron: *A. troschellii*, *T. lucasanum*, *H. flaviguttatum*, *S. rectifraenum*, *B. polylepis*, *Mugil cephalus*, *H. sexfasciatum*, *Hyporhamphus unifasciatus*, *H. passer*, *L. argentiventris*, *C. atrilobata*, *S. ghobban*, *Sardinops sagax*, *M. rosacea*, *Gerres cinereus*, *D. holocanthus*, *Scomber japonicus*, *P. punctatus* y *Eucinostomus currani*. El resto de las especies contribuyeron con el 11% (Fig. 45).

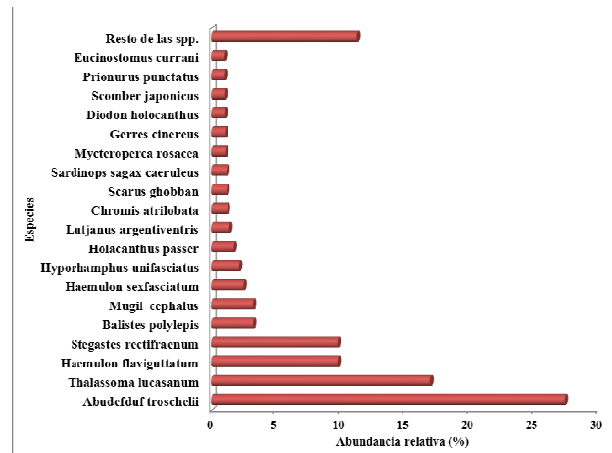


Figura 45: Abundancia relativa global de los peces registrados en la ZCBP.

Abundancia relativa por localidades

Se presentaron 15 especies que registraron más del 5% de la abundancia relativa; *A. troschellii* fue una de las más abundantes, excepto en la localidad El Cobre, donde *H. flaviguttatum* fue la especie más abundante, y en El Portugués, donde *T. lucasanum* ocupó el primer lugar. Analizando las especies que más contribuyeron en cada zona, en la localidad 1 (Las Pacas) tres especies obtuvieron el 69.2%; la especie que más contribuyó fue *A. troschellii* con el 54.5%. En la localidad 2 (Piedra Bola) las especies que más aportaron fueron: *A. troschellii*, *H. flaviguttatum*, *S. rectifraenum* y *M. cephalus* con el

76.3%. En la localidad 3 (San Juan de la Costa) las especies que presentaron la mayor contribución fueron: *A. troschellii*, *S. rectifraenum*, *T. lucasanum* y *S. sagax* con el 64.6%. En la localidad 4 (Tarabillas) las especies que más contribuyeron fueron: *A. troschellii*, *T. lucasanum* y *H. flaviguttatum*, que obtuvieron el 57%. En la localidad 5 (El Guano) las especies que presentaron una aportación mayor fueron: *A. troschellii*, *B. polylepis*, *T. lucasanum* y *H. unifasciatus*, con el 51.2%. En la localidad 6 (Cobre) las especies que obtuvieron la mayor abundancia fueron: *H. flaviguttatum* y *A. troschellii*, que contribuyeron con 59.3%. Por último, en la localidad 8 (Punta Mechudo) las tres especies registradas fueron: *A. troschellii*, *T. lucasanum* y *S. rectifraenum*, quienes contribuyeron con el 76.5% (Fig. 46).

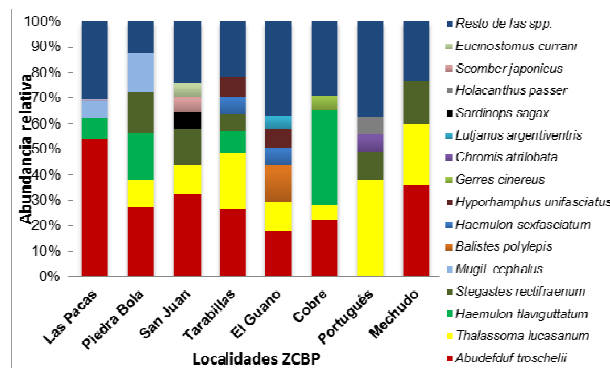


Figura 46: Abundancia relativa por localidad de las especies de peces en la ZCBP.

Abundancia relativa por temporada climática

Se presentaron cinco especies que obtuvieron arriba del 5% de la abundancia relativa por temporada climática, mismas que estuvieron presentes en la temporada fría (abril, junio y marzo de 2003), las cuales contribuyeron con el 67.8%. En la temporada cálida (julio, octubre y noviembre) cuatro especies estuvieron presentes. Las especies que más contribuyeron en la temporada fría fueron: *A. troschellii*, *T. lucasanum*, *H. flaviguttatum*, *S. rectifraenum* y *B. polylepis*; mientras que en la temporada cálida las especies que obtuvieron

la mayor abundancia relativa fueron: *A. troschellii*, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum* y *H. flaviguttatum*, mismas que contribuyeron con el 65.1% (Fig. 47).

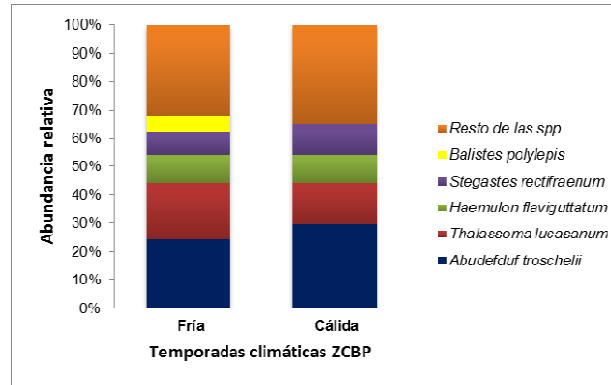


Figura 47: Abundancia relativa acumulada por temporadas climáticas de los peces de la ZCBP.

Riqueza específica (IRE) por mes

Considerándose el cálculo de este índice, el cual no mostró diferencias temporalmente ($F(5,42)=0.4129$, $p= 0.8371$), con un intervalo de confianza de 95%, en el mes de diciembre se registró el mayor promedio de riqueza (4.44). Los meses en los que se registraron los valores menores fueron octubre y marzo (3.9) (Fig. 48).

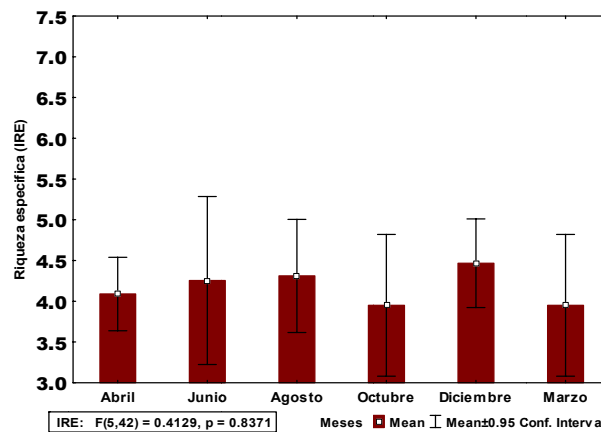


Figura 48. Riqueza específica por mes de los peces de la ZCBP, considerando la media ± error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Riqueza específica (IRE) por localidad

La riqueza específica por localidades mostró diferencias ($F(7,40)=2.6499$, $p=0.0238$), con un intervalo de confianza de 95%. La localidad en la que se registró la mayor riqueza específica fue la 5 (El Guano), seguida de las localidades 6 y 8 (Cobre y P. Mechudo). La localidad que registró la menor riqueza fue la 1 (Las Pacas) (Fig. 49).

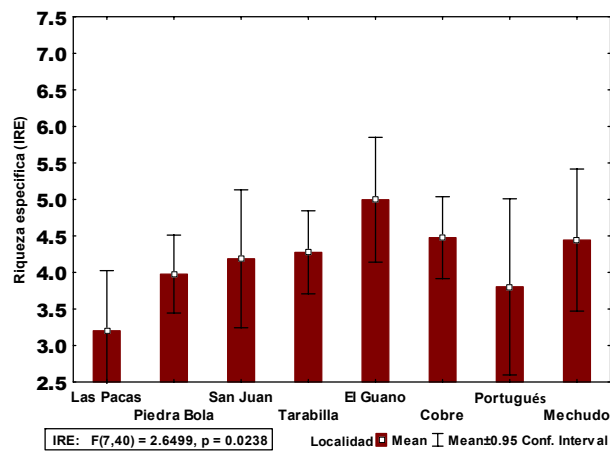


Figura 49: Riqueza específica por localidades de la ZCBP, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Riqueza específica anual

Considerando las 92 especies registradas en el periodo de observación (abril de 2002 a marzo de 2003), el índice de riqueza específica fue de 4.17.

Diversidad (H') por mes

Considerándose el cálculo de este índice, el cual no mostró diferencias temporalmente ($F(5,42)=0.3844$, $p=0.8567$), con un intervalo de confianza de 95%, en el mes de diciembre se registró la mayor diversidad (4.44 bits/ind.). El mes donde se registró el menor valor fue octubre (3.6 bits/ind.) (Fig. 50).

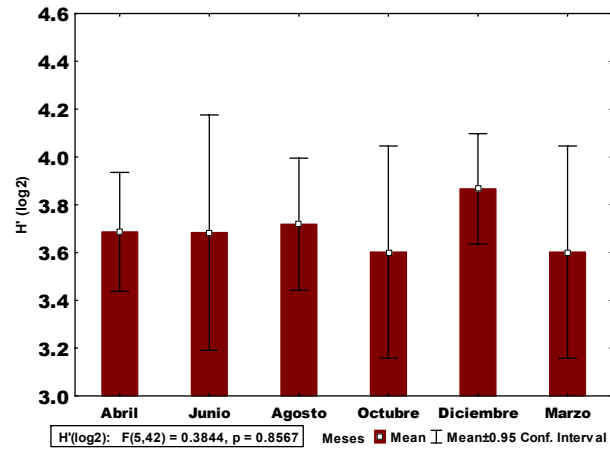


Figura 50: Diversidad (H') por mes, en la ZCBP, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Diversidad (H') por localidad

La diversidad por localidades mostró diferencias ($F(7,40)=5.63$, $p=0.0001$), con un intervalo de confianza de 95%. La localidad en la que se registró la mayor diversidad fue la 5 (El Guano), seguida de la localidad 6 (Cobre). La localidad que registró la menor diversidad fue la 1 (Las Pacas) (Fig. 51).

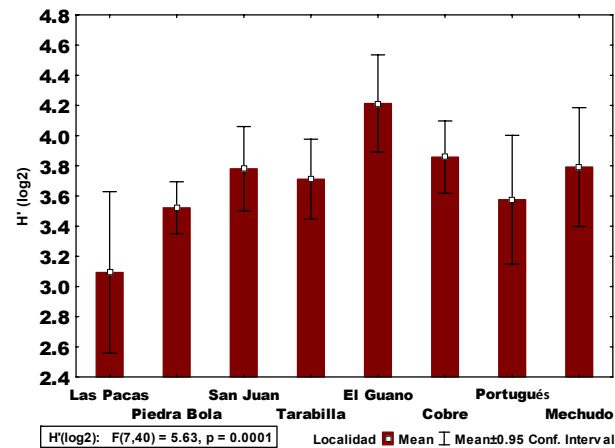


Figura 51: Diversidad (H') por localidades muestreadas de la ZCBP, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Diversidad (H') anual

Considerando los datos obtenidos durante todo el periodo de muestreo, la diversidad global calculada para esta zona de estudio fue de 3.69 bits/ind.

Equidad (J') por mes

Este índice calculado por mesno mostró diferencias ($F(5,42)=0.7484$, $p=0.5919$). El mes en que se registró la mayor equidad fue junio, y el mes en que se registró la menor equidad fue agosto (Fig. 52).

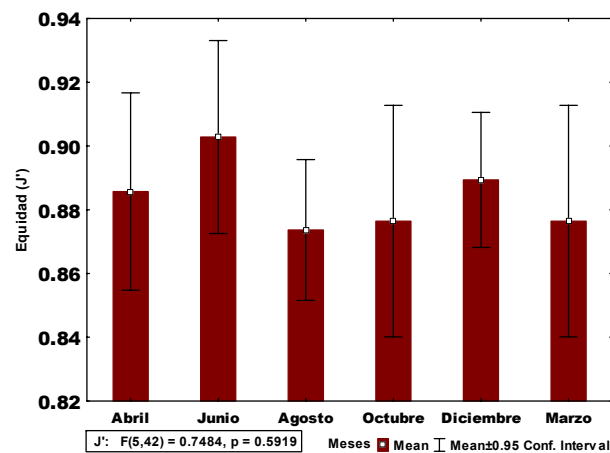


Figura 52. Equidad (J') por mes en la ZCBP, con la media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Equidad (J') por localidad

Considerando los resultados de este índice, que mostró diferencias ($F(7,40)=3.0846$, $p=0.0107$), la localidad en que se registró la mayor equidad fue la 5 (El Guano) y la localidad que obtuvo el menor valor fue la 2 (Piedra Bola) (Fig. 53).

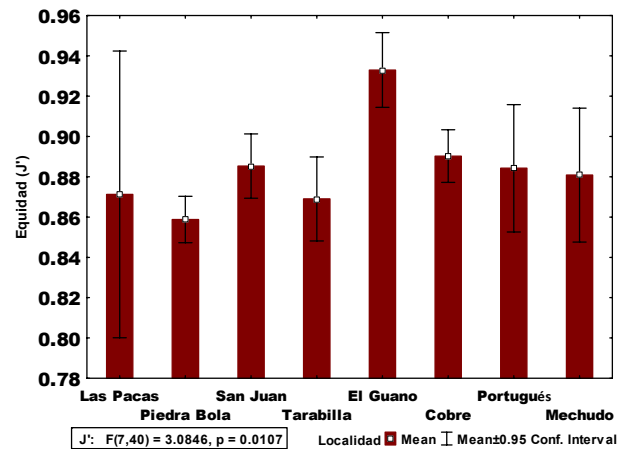


Figura 53. Equidad de Pielou por localidades muestreadas en la ZCBP.

Equidad (J') anual

Considerando la información para esta zona de estudio, la equidad global calculada fue de 0.88bits/ind.

Dominancia

De acuerdo al Índice del Valor Biológico de Sanders (1960) calculado, y con fines prácticos, consideramos como las especies más dominantes aquellas que hayan obtenido de 20 puntos en adelante, por lo que se presentan los siguientes resultados:

Dominancia por mes

En el mes de abril se registraron 55 especies, de las cuales siete obtuvieron los mayores valores del IVB: *A. troschellii*, *T. lucasanum*, *B. polylepis*, *M. cephalus*, *S. rectifraenum*, *D. holocanthus* y *H. flaviguttatum*.

En el mes de junio se registraron 53 especies, de las cuales 12 especies obtuvieron los mayores valores del IVB: *A. troschellii*, *H. flaviguttatum*, *B. polylepis*, *T. lucasanum*, *S.*

rectifraenum, *L. argentiventris*, *D. holocanthus*, *H. passer*, *Hoplopagrus guntheri*, *M. rosacea*, *S. ghobban* y *P. punctatus*.

En el mes de agosto se registraron 60 especies, de las cuales siete especies obtuvieron los mayores valores del IVB: *A. troschelii*, *S. rectifraenum*, *T. lucasanum*, *B. polylepis*, *Hyporhamphus unifasciatus*, *H. flaviguttatum* y *Nicholsina denticulata*.

En el mes de octubre se registraron 53 especies, de las cuales seis obtuvieron los mayores valores del IVB: *A. troschelii*, *S. rectifraenum*, *T. lucasanum*, *H. flaviguttatum*, *M. cephalus* y *H. sexfasciatum*.

En el mes de diciembre se registraron 48 especies, de las cuales ocho obtuvieron los mayores valores del IVB: *A. troschelii*, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum*, *M. cephalus*, *S. ghobban*, *H. flaviguttatum*, *M. rosacea* y *B. polylepis*.

En marzo de 2002 se registraron 54 especies, de las cuales seis obtuvieron los mayores valores del IVB: *T. lucasanum*, *A. troschelii*, *S. rectifraenum*, *H. passer*, *H. flaviguttatum* y *H. sexfasciatum* (Anexo 5).

Dominancia por localidad

En la localidad 1 (Las Pacas) se registraron 35 especies, de las cuales *A. troschelii* y *T. lucasanum* obtuvieron los mayores valores del IVB.

En la localidad 2 (Piedra Bola) se registraron 46 especies, de las cuales *A. troschelii*, *S. rectifraenum* y *T. lucasanum* obtuvieron los mayores valores del IVB.

En la localidad 3 (San Juan de la Costa) se registraron 50 especies, siendo *A. troschelii*, *S. rectifraenum*, *T. lucasanum*, *M. cephalus*, *H. flaviguttatum* y *L. argentiventris* quienes obtuvieron los mayores valores del IVB.

En la localidad 4 (Tarabillas) se registraron 43 especies, de las cuales cinco obtuvieron los mayores valores del IVB: *A. troschelii*, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum*, *H. flaviguttatum* y *B. polylepis*.

En la localidad 5 (El Guano) se contabilizaron 46 especies, de las cuales 15 especies tuvieron los mayores valores de dominancia: *A. troschelii*, *T. lucasanum*, *H. sexfasciatum*, *B. polylepis*, *L. argentiventris*, *M. cephalus*, *S. rectifraenum*, *P. punctatus*, *N. denticulata*, *H. passer*, *Johnrandallia nigrirostris*, *M. rosacea*, *S. ghobban*, *D. holocanthus* y *A. xanthopterus*.

En la localidad 6 (Cobre) se registraron 41 especies, de las cuales seis registraron los mayores valores del IVB: *H. flaviguttatum*, *A. troschelii*, *B. polylepis*, *C. humeralis*, *P. punctatus* y *S. rectifraenum*.

En la localidad 7 (Portugués) se registraron 49 especies, de las cuales seis registraron los mayores valores del IVB: *T. lucasanum*, *S. rectifraenum*, *A. troschelii*, *H. passer*, *Cirrhitichthys oxycephalus* y *S. ghobban*.

En la localidad 8 (Punta Mechudo) se registraron 44 especies, de las cuales cuatro registraron los mayores valores del IVB: *A. troschelii*, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum* y *M. rosácea* (Anexo 6).

Dominancia anual

Durante todo el periodo de muestreo (abril de 2002-marzo de 2003) se registraron en la zona 92 especies, de éstas, 14 especies alcanzaron los mayores valores del IVB: *A. troschelii*, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum*, *H. flaviguttatum*, *B. polylepis*, *M. cephalus*, *H. passer*, *H. sexfasciatum*, *L. argentiventris*, *M. rosaceam*, *D. holocantus*, *S. ghobban*, *P. punctatus* y *N. denticulata* (Fig. 54).

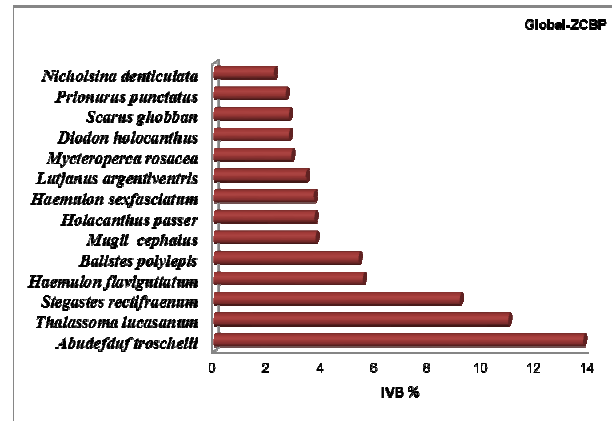


Figura 54: Dominancia general de acuerdo al IVB de las especies de peces más representativas de la ZCBP.

Clasificación de las especies de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia

De las 92 especies registradas, y de acuerdo a la frecuencia de aparición de cada especie y a su abundancia relativa, se clasificaron en cuatro categorías (Anexo 7 y Fig. 55):

1.- **Especies abundantes:** 17 especies se agruparon como abundantes, ya que obtuvieron del 1.015 al 27.40 % de su abundancia relativa. A continuación, se citan las primeras cinco especies con mayor abundancia y frecuencia: *Abudedefduf troschelii*, *Thalassoma lucasanum*, *Haemulon flaviguttatum*, *Stegastes rectifraenum* y *Balistes polylepis*.

2.- **Especies frecuentes:** 42 especies se agruparon como frecuentes, ya que su abundancia relativa fue de 0.041 a 0.99%. Se citan las primeras cinco especies con mayor abundancia y frecuencia: *Prionurus punctatus*, *Eucinostomus currani*, *Mulloidichthys dentatus*, *Cirrhichthys oxycephalus* y *Chaetodon humeralis*.

3.- **Especies comunes:** 25 especies se agruparon como comunes, ya que su abundancia relativa fue de 0.008 a 0.037%. Se citan las primeras cinco especies con mayor abundancia y frecuencia: *Abudedefduf concolor*, *Haemulon steindachneri*, *Kyphosus analogus*, *Scarus compressus* y *Alphestes immaculatus*.

4.- Especies raras: 8 especies se agruparon como raras, ya que su abundancia relativa fue de 0.004%. Se citan las primeras cinco especies con mayor abundancia y frecuencia: *Acanthemblemaria* spp., *Coryphaena hippurus*, *Dasyatis brevis*, *Malacoctenus hubbsi*, *Muraena lentiginosa*.

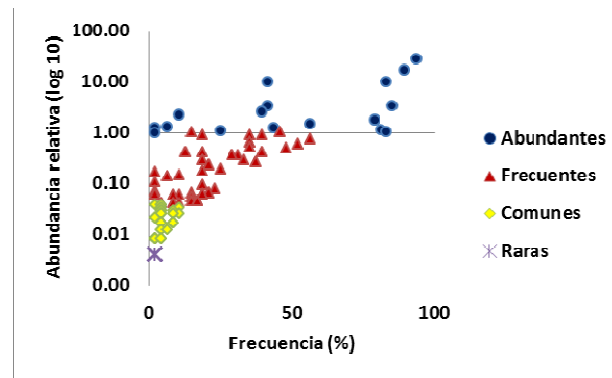


Figura 55: Clasificación de las especies de peces de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia en la ZCBP.

Análisis de componentes principales en su forma temporal

Se consideraron 14 especies que, de acuerdo al IVB, resultaron ser las más dominantes. La variable que presentó una mayor correlación fue la temperatura, ya que con base en este parámetro se pueden apreciar dos temporadas: una cálida (agosto, octubre y diciembre) y la otra fría (marzo, abril y junio). En el lado derecho de la figura se puede observar que la diversidad (H'), equidad (J') y abundancia total presentaron una mayor relación con los meses cálidos, considerando que los meses de agosto y octubre registraron las temperaturas más altas. Las especies que presentaron una mayor afinidad a estos meses fueron: *N. denticulata*, *M. cephalus*, *H. flaviguttatum*, *S. rectifraenum*, *M. rosacea*, *S. ghobban* y *A. troschelii*; de estas especies, cuatro son altamente comerciales. Los porcentajes de acumulación de la varianza para ambos factores fue de 54.4% (Fig.56).

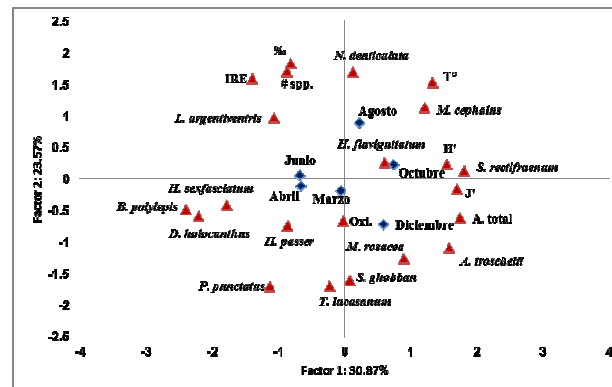


Figura 56: Análisis de componentes principales en su forma temporal con los peces más dominantes de la ZCBP.

Características del hábitat y atributos comunitarios

Al realizarse el análisis de componentes principales relacionando las características del hábitat y los principales atributos comunitarios, en este estudio se puede observar (lado izquierdo de la figura) que la rugosidad presenta una mayor afinidad con todos los atributos comunitarios, así como con la dureza del sustrato, tamaño de las oquedades y rocas mayores a tres metros, relacionándose con tres localidades (Portugués, El Guano y Tarabilla). El resto de las características del hábitat se relacionan con las otras cinco localidades (Fig. 57).

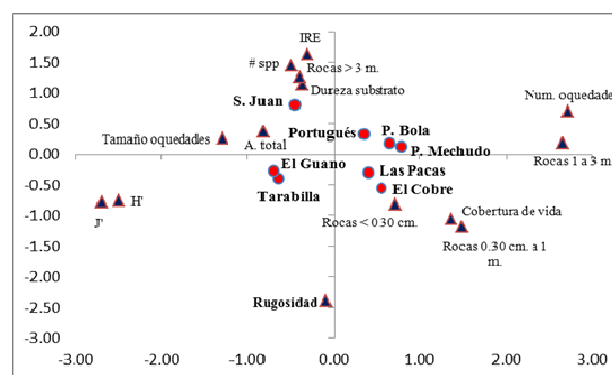


Figura 57: Análisis de componentes principales relacionando las características del hábitat con los atributos comunitarios de los peces registrados en la ZCBP.

7.2.4 Diversidad taxonómica

Para determinar la diversidad taxonómica en la ZCBP se utilizaron diferentes índices: alfa de Fisher, alfa, beta, gamma, índice promedio de distintividad taxonómica ($\Delta+$) e índice de distintividad taxonómica (Δ^*). Este último, además de la riqueza de especies, también toma en cuenta su abundancia, con la finalidad de comparar cuáles son las localidades y los meses que presentan una mayor diversidad taxonómica utilizando la nomenclatura y clasificación jerárquica propuesta por Nelson (2006).

Alfa de Fisher (α -Fisher) por mes

De acuerdo a este índice, el cual no presentó diferencias en los meses muestreados ($F(5,42) = 0.6679$, $p = 0.7482$), con un intervalo de confianza de 95%, se obtuvo un promedio general de 8.94. El menor valor registrado fue en el mes de octubre (7.87), mientras que el mayor valor se obtuvo en el mes de marzo (10.01). En general, el comportamiento de este índice nos indica que en dos de los meses fríos el valor de la diversidad fue más alto, mientras que en los meses cálidos estos valores fueron relativamente bajos, excepto en el mes de diciembre, cuyo valor estuvo por arriba del mes de abril. Con estos resultados se observa que la temperatura del agua juega un papel muy importante en la diversidad de los peces de esta zona (Fig. 58).

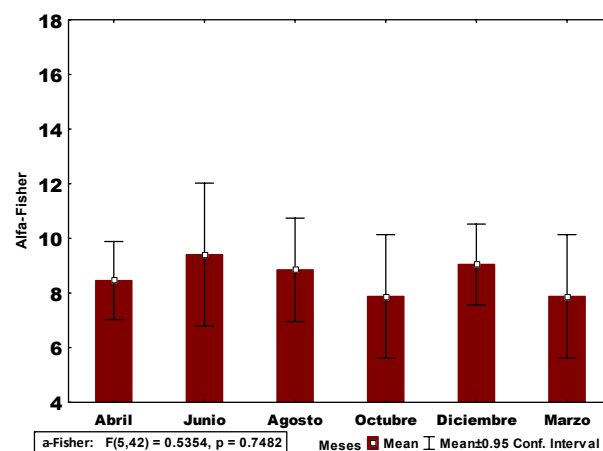


Figura 58: Alfa de Fisher con la media \pm error estándar, para cada mes de muestreo en la ZCBP.

Alfa de Fisher (α -Fisher) por localidades

El cálculo de este índice no mostró diferencias por localidades ($F(7,40)=0.3891$, $p=0.2015$), con un intervalo de confianza de 95%. La localidad que registró el mayor valor fue San Juan, seguida de la localidad de El Guano; mientras que el menor valor calculado fue en la localidad de Las Pacas (Fig. 59).

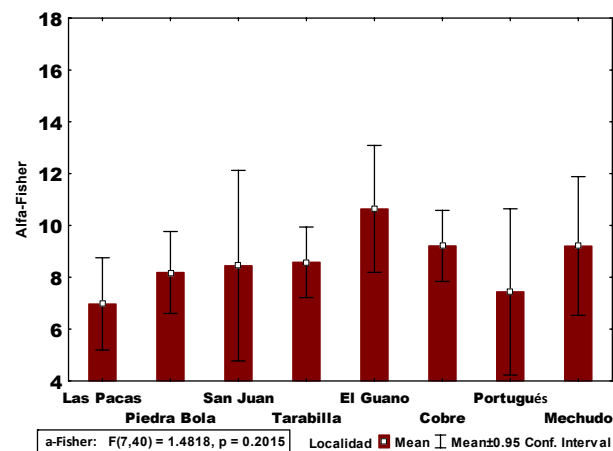


Figura 59: Alfa de Fisher con la media \pm error estándar, para cada localidad de muestreo en la ZCBP.

Diversidad alfa (α) por localidad y mes

En el mes de abril la mayor diversidad alfa observada (22 especies) fue en la localidad 5 (El Guano), seguida de la localidad 3 (San Juan de la Costa, con 21 especies); la localidad que presentó una menor diversidad alfa fue la 2 (Piedra Bola, con 15 especies). En el mes de junio la localidad que presentó la mayor diversidad alfa fue la 8 (Punta Mechudo, con 28 especies), y la menor diversidad encontrada fue en la localidad 1 (Las Pacas, con 6 especies). En el mes de agosto la mayor diversidad alfa registrada fue en la localidad 8 (Punta Mechudo, con 24 especies), seguida de las localidades 5 y 7 (El Guano y Portugués, con 22 especies cada una). La menor diversidad registrada fue en la localidad 1 (Las Pacas, con 14 especies).

En el mes de octubre la localidad con mayor diversidad alfa fue la 5 (El Guano, con 28 especies); la menor se observó en las localidades 1 y 7 (Las Pacas y Portugués, con 11 especies cada una). En el mes de diciembre la localidad que presentó la mayor diversidad fue la 4 (Tarabillas, con 26 especies), seguida de las localidades 2,5, y 7(Piedra Bola, El Guano y Portugués, con 22 especies cada una); la de menor diversidad fue la localidad 1 (Las Pacas, con 14 especies). En el mes de marzo de 2003 la localidad que presentó la mayor diversidad alfa fue la 3 (San Juan de la costa, con 34 especies); la menor diversidad se registró en la 8(Punta Mechudo, con 10 especies), seguida de la localidad 5(El Guano, con 18 especies)(Fig. 60).

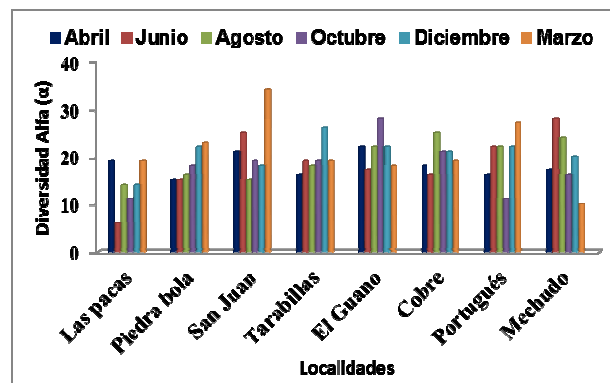


Figura 60: Diversidad alfa por localidad y mes de los peces observados en la ZCBP.

Diversidad alfa promedio por localidades

En la localidad 1 (Las Pacas) la diversidad promedio calculada fue de 13.83 especies; en la localidad 2 (Piedra Bola) el alfa promedio fue de 18.17 especies; en la localidad 3 (San Juan de la costa) el promedio fue de 22 especies; en la localidad 4 (Tarabillas) se registró un alfa promedio de 19.50 especies; en la 5 (El Guano) el alfa promedio fue de 21.50 especies; en las localidades 6 y 7 (El Cobre y Portugués) obtuvieron cada una un alfa promedio de 20 especies; en la localidad 8 (Punta Mechudo) el alfa promedio registrado fue de 19.17 especies (Fig. 61).

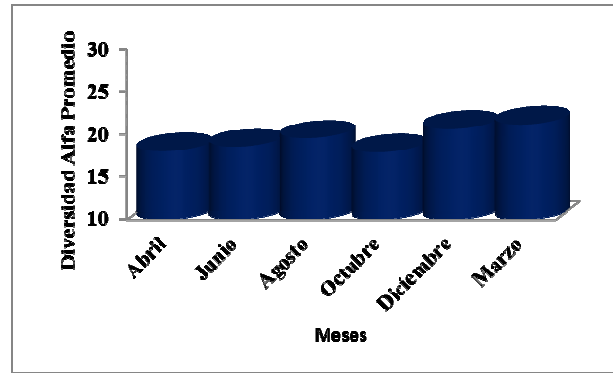


Figura 61: Diversidad alfa promedio por localidad de los peces de la ZCBP.

Diversidad alfa promedio por temporada climática: ZCBP

Con base en la temperatura del agua de mar, se detectaron dos temporadas: una cálida (agosto, octubre y diciembre) y una fría (abril, junio y marzo 2003); la mayor diversidad alfa promedio calculada fue en la temporada fría (54 %), siendo menor la diversidad en la temporada cálida (53.7%)(Fig. 62).

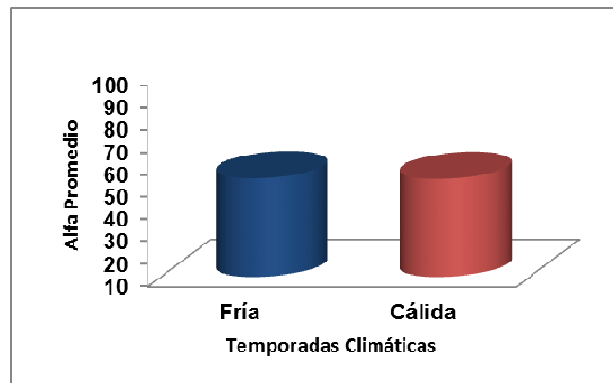


Figura 62: Diversidad alfa promedio por temporada climática de los peces de la ZCBP.

Diversidad beta por localidad

La tasa de reemplazo o diversidad beta, para esta zona, se calculó agrupando las localidades durante todo el periodo de muestreo. Así, se tiene que la mayor diversidad beta

calculada (29%) fue en la localidad 7 (Portugués), seguida de las localidades 2 y 3 (Piedra Bola y San Juan de la Costa, con 28% cada una). Las localidades con menor tasa de reemplazo fueron la 1 y la 6 (Las Pacas y Cobre, con 21% cada una)(Fig. 63).

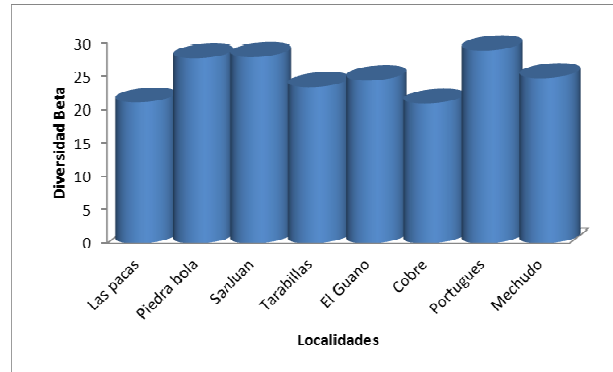


Figura 63: Diversidad beta de los peces en la ZCBP.

Diversidad beta y gamma por temporada climática

De las dos temporadas climáticas detectadas, la temporada cálida registró una diversidad beta de 21.3% y la temporada fría de 23%. Por otro lado, la diversidad gamma para la temporada cálida fue de 75 especies y para la temporada fría de 77 especies. Se presenta la acumulación de estas dos diversidades (Fig. 64).

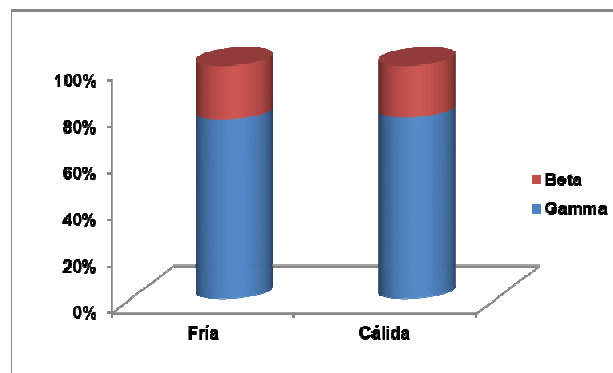


Figura 64: Diversidad beta y gamma acumuladas por temporada climática en la ZCBP.

Índice de distintividad taxonómica por mes

Para el cálculo de este índice se utilizaron los mismos criterios que para la ISJ. Estadísticamente mostró diferencias ($F(5,42)=5.845$, $p=0.0003$). El mes que registró la mayor distancia taxonómica fue junio ($\Delta^*=56.8$), mientras que la menor distancia se registró en el mes de octubre ($\Delta^*=51.9$) (Fig. 65).

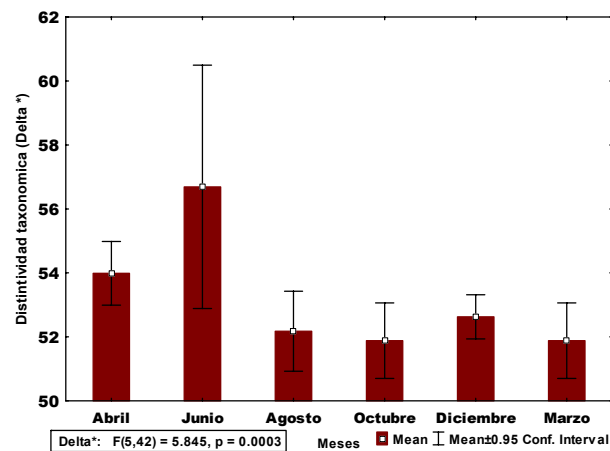


Figura 65. Índice de distintividad taxonómica por mes de los peces de la ZCBP, media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Índice de distintividad taxonómica (Δ^) por localidades*

Se realizó el cálculo de este índice, el cual no mostró diferencias ($F(7,40)=0.5197$, $p=0.8142$). El mayor valor de las distancias fue de 59.36 en la localidad 1 (Las Pacas), seguida de la localidad 4 (Tarabillas, con 59.06). La localidad en donde se registró la distancia más baja (52.20) fue en la localidad 7 (Punta Mechudo) (Fig. 66).

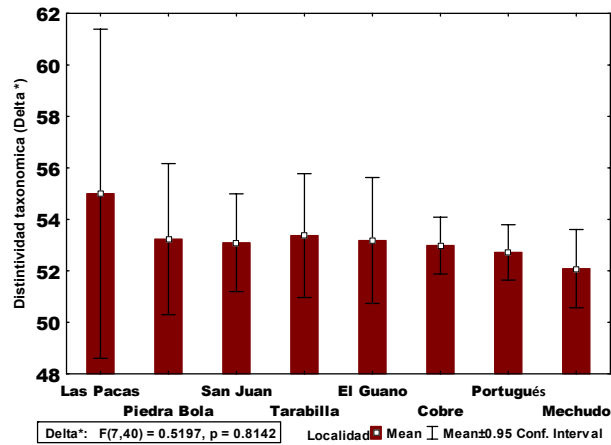


Figura 66. Distintividad taxonómica por localidad de los peces registrados en la ZCBP, media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Índice de distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$) por mes

Para el cálculo de este índice se consideraron los mismos criterios que para la ISJ. Los datos fueron de presencia/ausencia. El mes que registró el mayor valor del peso de la distancia de las ramas del árbol taxonómico fue junio ($\Delta+=58.5$), mientras que la menor distancia fue octubre ($\Delta+=54$) (Fig. 67), pudiéndose determinar diferencias estadísticas ($F(5,42)=3.7193, p=0.0071$) (Fig.68).

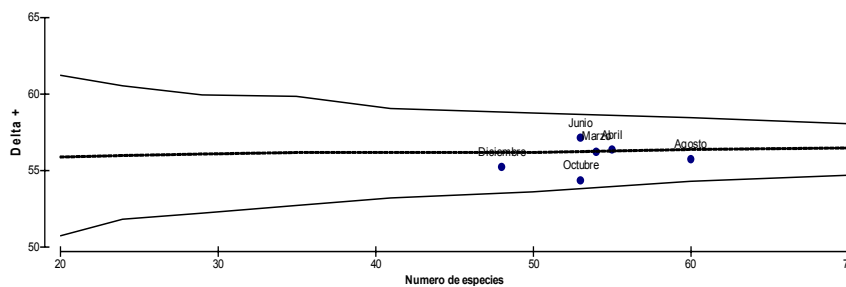


Figura 67: Distintividad taxonómica por localidades de los peces de la ZCBP.

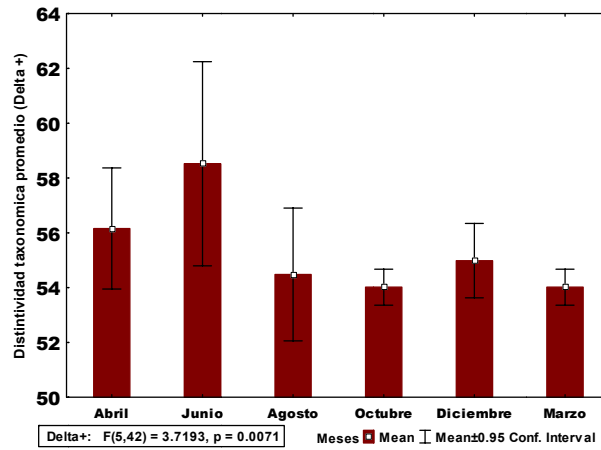


Figura 68: Distintividad taxonómica promedio por mes, con un intervalo de confianza de 95%, con el promedio y \pm el error estándar de los peces de la ZCBP.

Índice de distintividad taxonómica promedio ($\Delta+$) por localidad

Al realizar el cálculo para este índice se utilizaron los mismos niveles jerárquicos, obteniéndose el mayor valor del peso promedio de las distancias de las ramas del árbol taxonómico de $\Delta+=58.4$ en la localidad 1 (Las Pacas), seguida de la localidad 2 (Piedra Bola, $\Delta+=56.2$). La localidad en donde se registró la distancia más baja ($\Delta+=53.95$) fue en la localidad 5 (El Guano) (Fig. 69). No se encontraron diferencias estadísticas ($F(7,40)=2.3576, p=0.1733$) (Fig. 70).

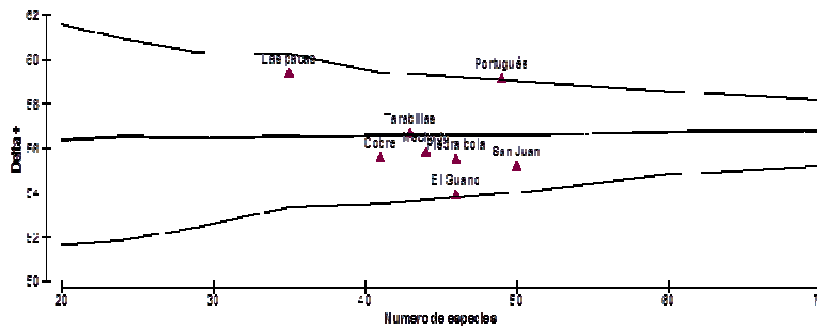


Figura 69: Túnel de la distintividad taxonómica promedio por localidades de los peces de la ZCBP.

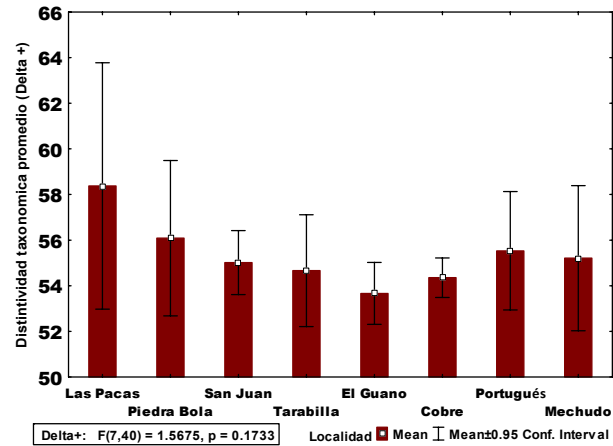


Figura 70: Índice promedio de distintividad taxonómica por localidades de los peces de la ZCBP, media \pm error estándar y un intervalo de confianza de 95%.

Afinidad zoogeográfica general

De acuerdo a la afinidad zoogeográfica de cada una de las especies presentes en ambas áreas de estudio, se observa que de 133 especies de peces registradas sólo se consideraron 131 (dos no se consideraron por estar a nivel de género); 52 de ellas pertenecen a la Provincia Panámica (40%), 33 especies se registraron en el Pacífico Este (25%), 15 especies pertenecen al Indo Pacífico (11%), 12 especies se consideraron Circuntropicales (9.2%), seis representan a la Provincia Mexicana (4.6%), ocho especies pertenecen a la Provincia de Cortés (6.1%) y cinco especies son de la Provincia Californiana (3.8%) (Fig. 71).

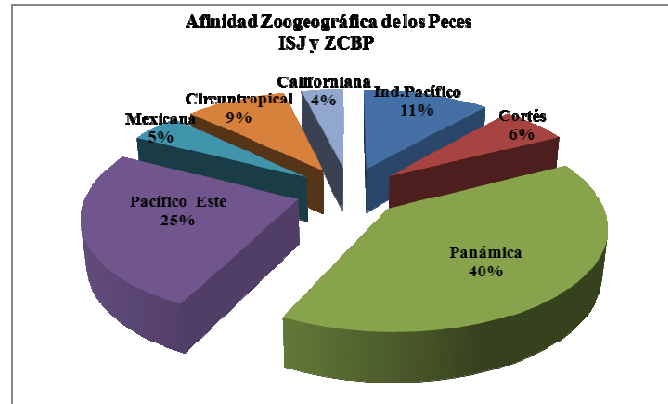


Figura 71: Afinidad zoogeográfica de los peces registrados en las zonas de estudio durante el periodo de 2001 a 2003.

8. DISCUSIÓN

8.1 Características del hábitat

El registro promedio anual de la temperatura del agua de mar en la ISJ fue de 23.7°C; para la ZCBP fue de 24.8°C, con un diferencial térmico de 1.1°C. Especialmente, la temperatura en ambas áreas de estudio no mostró diferencias, pero sí temporalmente, por lo que se puede confirmar la presencia de dos temporadas climáticas: una fría y la otra cálida. En la ISJ, la temporada fría es en los meses de febrero a mayo, mientras que de julio a noviembre es la temporada cálida (Figs. 2 y 4). En la ZCBP, en los meses de marzo a junio se presenta la temporada fría; sin embargo, considerando el análisis de Bray-Curtis (Fig. 39), se registró que junio se separa de las dos épocas climáticas, lo que infiere que es un mes de transición para la ZCBP. Además, en este mes se presentan ciertas características oceanográficas que hacen suponer la presencia de surgencias asociadas a una proliferación de fitoplancton (Fernando Aguirre Bahena, com. pers. CICIMAR-IPN). Durante los meses de agosto a diciembre se presenta la temporada cálida (Figs. 37 y 39). Estos resultados coinciden con los reportados para la región por Amador-Buenrostro *et al.* (2003), Galván-Piña *et al.* (2003), Muhlia-Melo *et al.* (2003), Rodríguez-Romero *et al.* (2005) y Aguirre-

Bahena F. (2007), los cuales mencionan que la región del Golfo de California presenta dos temporadas climáticas. Considerando el diferencial térmico (2.9°C), entre las dos zonas de estudio se puede inferir que la ISJ presentó aguas más frías que la ZCBP, debido principalmente a la profundidad de la bahía, ya que en su porción sur es relativamente somera y de pendiente suave, además de que su profundidad aumenta hacia el norte (Cruz-Orozco *et al.*, 1996).

Complementando lo anterior, y considerando el ACP, se observó que hay especies de peces que presentan cierta asociación o afinidad a nivel espacial y temporal, y que se pueden considerar como indicadoras de la relación espacio-temporal con la temperatura. Una de estas relaciones es precisamente la mayor abundancia de organismos y diversidad de especies de peces que se registró en los meses cálidos, por lo que se puede interpretar que la temperatura permite condiciones idóneas para incrementar la cobertura y biomasa de flora y fauna asociada (Suárez-Castillo, 2008). Estudios realizados en áreas adyacentes han registrado mediante este mismo análisis que la temperatura juega un papel muy importante en la asociación del ensamblaje íctico, observando una mayor variación (Rodríguez-Romero, 2002; Moreno-Sánchez, 2009).

La salinidad tuvo un comportamiento relativamente estable a lo largo del periodo de estudio en ambas zonas, observándose diferencias sólo temporalmente; la amplitud salina en cada zona de estudio fue mínima. En la ISJ, esta amplitud por mes fue de 0.41‰ , mientras que en la ZCBP fue de 0.12‰ . Con respecto a la amplitud salina por localidades, en la ISJ fue de 0.20‰ , mientras que en la ZCBP fue de 0.08‰ . En el caso particular de la ZCBP, se puede observar que la salinidad presentó un gradiente definido, presentándose un incremento de sur a norte, lo cual concuerda con lo obtenido por Cruz-Orozco *et al.* (1996). En el caso de la ISJ no se observó una tendencia definida.

El oxígeno disuelto en el agua de mar tuvo un comportamiento similar a las dos variables anteriores; es decir, presentó diferencias temporalmente pero no espacialmente. En la ISJ se aprecia que, durante los meses fríos, el oxígeno presentó un incremento, invirtiéndose este comportamiento en los meses cálidos; mientras que para la ZCBP se

observa este mismo comportamiento. Sin embargo, junio fue el mes que obtuvo el valor más alto, lo cual concuerda con lo observado por Aguirre-Bahena (2007), quien sugiere que en este mes se presentan surgencias y un florecimiento de micro algas.

La distribución de los peces de arrecifes está ligada fuertemente con la complejidad topográfica (Randall, 1963). La complejidad del hábitat o arreglo espacial y la diversidad de tipos de fondos o topografía son factores importantes que influyen en los patrones de abundancia de muchas especies de organismos marinos (McCormick, 1994). El presente estudio se realizó en zonas donde los arrecifes rocosos presentaron una cobertura entre 80 y 90%, y entre 20 y 10% de arena. La rugosidad del substrato, dureza del substrato y tamaño de rocas menores a tres metros, en ambas zonas de estudio, presentaron una correlación positiva con la diversidad (H'), la equidad (J') y la abundancia total. Estos resultados concuerdan con estudios realizados en otras latitudes, donde encontraron una correlación positiva entre la complejidad estructural del substrato y la riqueza de especies o diversidad.

Asimismo, en uno de estos estudios comentan un aspecto importante: los peces más grandes están más ponderados en la variable de la biomasa, aparecen más ligados a la complejidad topográfica en la escala que el índice de áreas superficiales pueda reflejar (Risk, 1972; Luckhurst y Luckhurst, 1978; Carpenter *et al.*, 1981), así como en zonas cercanas al estudio (Aburto-Oropeza y Balart, 2001; Reyes Bonilla y Álvarez Filip, 2008; Moreno-Sánchez, 2009).

Con base en los estudios previos y en los resultados de la presente investigación, se podría comentar que la complejidad del hábitat tiene una relación positiva con la diversidad íctica, abundancia y número de especies. Estas observaciones coinciden con lo reportado por Charbonnel *et al.* (2002), quienes realizaron un estudio en las costas del Mar Mediterráneo francés, haciendo varios experimentos en unidades de arrecifes artificiales, los cuales consisten en el incremento de la complejidad estructural de los arrecifes, contrastándolos con arrecifes sin modificar. Los resultados fueron en todos los casos positivos, lo que les permitió concluir que, al añadir una alta complejidad estructural a los

arrecifes, fue muy efectivo por el incremento en la riqueza de especies, abundancia y biomasa de los peces asociados con estas unidades de arrecifes.

8.2 Estructura del ensamblaje en las dos áreas de estudio

Composición específica de la ictiofauna

El análisis taxonómico de los organismos observados en las dos áreas de estudio nos muestra que la composición específica está conformada por dos clases: 5 órdenes, 46 familias, 93 géneros y 133 especies, observándose variación temporal y espacial en el número y abundancia, aspectos que también han sido considerados en diferentes estudios realizados en ecosistemas marinos de zonas tropicales y subtropicales (Horn y Hallen, 1985; Letourneur, 1996 a y b; Rodríguez-Romero *et al.*, 2005; Villegas-Sánchez *et al.*, 2009; Moreno-Sánchez, 2009).

Al analizar la composición de la ictiofauna de cada área de estudio se tiene que, de las 133 especies de peces registradas en ambas zonas, la ISJ alcanzó mayores registros con respecto a la ZCBP, con una diferencia de 20 especies; 112 especies fueron registradas en la ISJ y 92 especies en la ZCBP. De acuerdo a Sale (1991), Letourneur (1996 a) y Rodríguez-Romero *et al.* (2005), los cuales analizan comunidades de peces de substratos duros en distintas localidades, se encuentran diferencias debido a factores como la complejidad del hábitat, el alimento, la movilidad de los peces, la reproducción, las condiciones ambientales, lo cual coincide con lo registrado en el presente estudio, ya que se encontró diferencias entre ambas áreas.

A nivel de composición específica, el presente estudio registró un mayor número de especies de peces con relación a otras zonas adyacentes que utilizaron el mismo método de censos visuales. De esta forma, se puede observar que Aburto-Oropeza y Balart (2001), Rodríguez-Romero (2002), Moreno-Sánchez (2009), Villegas-Sánchez *et al.* (2009) registraron un menor número de especies que fluctuaron de 74 a 120 especies.

Uno de los atributos utilizados en los estudios de estructura de la comunidad es la abundancia relativa, ya que representa la importancia porcentual de cada especie y los

cambios que presenta la comunidad en espacio y tiempo; así mismo, permite reconocer las especies que aportan la mayor proporción de individuos al ecosistema. Medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. En el presente estudio se evidenciaron variaciones tanto temporales como espaciales. Así se tiene que para la ISJ, cinco especies de peces agruparon el 59.9% de la abundancia relativa global; mientras que para la ZCBP fueron cuatro especies las que contribuyeron con el 64.1%. Estas variaciones entre ecosistemas son coincidentes con lo reportado por Rodríguez-Romero (2002), quien encuentra variación entre la montaña submarina Espíritu Santo y la isla del mismo nombre.

Al hacer la comparación por localidades entre las dos áreas de estudio, se observa que en la ISJ, once especies obtuvieron una abundancia relativa mayor al 5%, donde *A. troschellii* fue la especie que presentó el mayor valor y que estuvo presente en todas las localidades; mientras que en la ZCBP, quince especies fueron las que obtuvieron una abundancia relativa mayor al 5%, siendo *A. troschellii* la especie que alcanzó el mayor valor y que tuvo presencia en la mayoría de las localidades. Estudios realizados tanto en la misma isla, como en otras áreas, registraron a esta especie como abundante y/o frecuente (Aburto-Oropeza y Balart, 2001; Rodríguez-Romero, 2002; Villegas-Sánchez *et al.*, 2004; Rodríguez-Romero *et al.*, 2005; Moreno-Sánchez, 2009).

Al considerar las temporadas climáticas, seis especies de peces obtuvieron arriba del 5% de la abundancia relativa en la ISJ durante la de la temporada fría, y cuatro especies en la temporada cálida, excepto por *M. dentatus*. Para la ZCBP, sólo cinco especies alcanzaron este porcentaje, siendo la temporada fría en la cual se registraron todas las especies; mientras que en la temporada cálida, sólo cuatro especies se registraron, excepto la especie *B. polylepis*, la cual no alcanzó este porcentaje. De igual manera que en la ISJ, fueron las mismas especies las que estuvieron presentes en ambas temporadas. Esto concuerda con lo encontrado en un estudio realizado en la Isla Espíritu Santo y otro en el arrecife de Los Frailes, en el Golfo de California, en los cuales se registraron especies que

se presentaron en ambos periodos climáticos. Esta presencia fue influenciada por sus abundancias relativas (Rodríguez-Romero, 2002; Moreno-Sánchez, 2009).

Las condiciones ambientales y las variaciones en el tiempo influyen significativamente en el número de especies y, por consiguiente, en la riqueza específica. Comparando la riqueza específica de las dos áreas del estudio, con otras comunidades del centro-sur del Golfo de California, se observa que hay un gradiente latitudinal, disminuyendo el número de especies de sur a norte (Sala *et al.*, 2002). Esto concuerda con lo reportado por Bouchon-Navarro *et al.* (2005), quienes realizaron un estudio en la zona costera del Caribe, desde República Dominicana hasta Bequia (al norte de Grenada), y encontraron que la riqueza de especies de las comunidades de peces parecía estar influenciada por un gradiente latitudinal e hidrológico, así como por el tipo de hábitat.

Así mismo, al hacer la comparación entre las zonas del presente estudio, considerando la riqueza específica de forma anual, resultó ser mayor en la ISJ que en la ZCBP. A su vez, también se presentaron los mayores valores en los meses cálidos; mientras que en la ZCBP no se observaron diferencias significativas, presentándose el mayor valor en el mes de diciembre. En general, estos resultados son consistentes con lo reportado por Rodríguez-Romero (2002), el cual encuentra que para la riqueza específica, número de especies y número de organismos son diferentes, con valores mayores en la montaña submarina Espíritu Santo, comparados con la Isla Espíritu Santo.

Estos resultados permiten inferir que esta diferencia entre ecosistemas puede deberse a las condiciones oceanográficas, ya que la ISJ y la montaña submarina pueden considerarse relativamente parecidas, pues ambas comparten características o condiciones diferentes. En otras áreas adyacentes al estudio, encuentran que la estructura de la comunidad de peces es afectada estacionalmente, con un incremento en el número de especies durante las estaciones cálidas (Pérez-España *et al.*, 1996; Aburto-Oropeza y Balart, 2001; Rodríguez-Romero *et al.*, 2005).

Por otra parte, al comparar las localidades de la ISJ y ZCBP se puede observar que en todas las localidades de la isla se presentaron valores superiores que las observadas en

las localidades de la ZCBP. Rodríguez-Romero (2002), al comparar la Isla Espíritu Santo (IES) y la montaña submarina, establece que hay diferencias entre estos dos ecosistemas, presentándose mayores valores de riqueza específica en la montaña submarina que en la IES. Galván-Piña *et al.* (2003) realizaron un estudio en diez localidades de la Bahía de La Paz, de las cuales dos están representadas en el presente estudio. Ellos reportan que la riqueza específica no mostró diferencias por localidad y estación climática, registrando el menor valor en invierno y primavera, y el mayor en verano y otoño; estos valores son coincidentes con el presente estudio al considerar las dos temporadas climáticas.

La diversidad es uno de los atributos ecológicos más utilizados en ecología, por lo que de acuerdo a Odum (1972), las diversidades altas se encuentran en comunidades maduras y poco perturbadas; mientras que las diversidades bajas se presentan en comunidades con cambios en su interior o de reciente establecimiento.

Es oportuno comentar que el índice de Diversidad de Shannon presenta, en ocasiones, algunos inconvenientes para su análisis, ya que generalmente se le atribuye falta de normalidad y algunos sesgos relacionados al tamaño de muestra (Krebs, 2006). Sin embargo, se aplica en este estudio por motivo de comparación con estudios realizados en el Golfo de California.

Al comparar los datos en su forma temporal, se observa que en la ISJ se presentaron diferencias estadísticas, registrándose los mayores valores en los meses de julio y noviembre; mientras que en la ZCBP no se presentaron diferencias significativas, registrándose el mayor valor en el mes de diciembre, por lo que se puede inferir que la ISJ presentó una mayor diversidad de especies de peces que la ZCBP (4.2 bits/ind vs 3.69 bits/ind, respectivamente). Al contrastar lo registrado en el presente estudio con otros trabajos realizados tanto en la misma isla (Villegas-Sánchez *et al.*, 2009) como en otras áreas adyacentes, se encontraron diversidades similares a las registradas en la ZCBP, pero menores que en la ISJ (Pérez-España *et al.*, 1996; Aburto-Oropeza y Balart, 2001; Galván-Piña *et al.*, 2003; Rodríguez-Romero *et al.*, 2005; Álvarez-Filipet *et al.*, 2006). Estas diferencias pudieran atribuirse a lo siguiente: 1) A pesar de que utilizaron el mismo método

y técnica de análisis, la longitud del transecto fue diferente al utilizado en el presente estudio; 2) La frecuencia de los muestreos fue variable; y 3) La profundidad a la cual se realizaron los censos también fue variable, aunado a que en estos sitios existe una mayor presión antropogénica que en la ISJ.

Al considerar este mismo atributo comunitario, pero espacialmente en ambas zonas de estudio, se observa una diferencia significativa; sin embargo, se puede apreciar que en las localidades de la isla se presentaron mayores valores de diversidad que en las localidades de la ZCBP. Es interesante observar que una localidad de la ISJ, la cual obtuvo el menor valor registrado, superó el promedio anual de diversidad calculado para la ZCBP.

Este atributo ecológico, propuesto por Pielou, refleja cómo está distribuida proporcionalmente la abundancia entre las especies; su valor va de 0 a 1, de forma que 1 significa que todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

Los resultados de este índice en el presente trabajo son semejantes a los valores de diversidad durante la mayor parte del periodo de estudio, presentando, de manera general, valores relativamente altos, tanto espacial como temporal, lo cual indica que la distribución de las abundancias de especies son similares entre localidades y áreas, lo que infiere una dominancia baja, sugiriendo cierta estabilidad y homogeneidad de la comunidad íctica entre estos dos ecosistemas.

El índice de dominancia ecológica, propuesto por Sanders (1960), considera que para que una especie sea considerada dominante debe mostrarse considerando el balanceo entre las especies en términos de la abundancia numérica de cada muestra y su frecuencia de aparición espacio-temporal (Loya-Salinas y Escofet, 1990).

Por lo anterior, y considerando solamente aquellas especies que obtuvieron arriba del 2% del IVB en función de sus puntajes. Las especies más dominantes en la ISJ fueron: *A. troscheli*, *S. rectifraenum*, *T. lucasanum*, *S. ghobban*, *M. dentatus*, *L. argentiventris*, *P. punctatus*, *H. passer*, *C. atrilobata*, *K. elegans*, *B. diplotaenia*, *M. rosacea*, *L. novemfasciatus* y *D. holocanthus*.

De igual forma, para la ZCBP, considerando el mismo criterio, las especies más dominantes fueron: *A. troschellii*, *T. lucasanum*, *S. rectifraenum*, *H. flaviguttatum*, *B. polylepis*, *M. cephalus*, *H. passer*, *H. sexfasciatum*, *L. argentiventris*, *M. rosacea*, *D. holocanthus*, *S. ghobban*, *P. punctatus* y *N. denticulata*.

De lo anterior, se puede observar que hay especies que fueron dominantes en un área y en otra no. Tal es el caso de las especies *M. dentatus*, *C. atrilobata*, *K. elegans*, *B. diplotaenia* y *L. novemfasciatus*, que fueron dominantes en la ISJ pero no en la ZCBP. Por otra parte, las especies que fueron dominantes en la ZCBP pero no en la ISJ fueron: *H. flaviguttatum*, *B. polylepis*, *M. cephalus*, *H. sexfasciatum* y *N. denticulata*.

La aparente ausencia significa que estas especies, a pesar de que estuvieron presentes en el área de estudio, no mostraron una abundancia numérica significativa ni una constancia para que fueran consideradas por el IVB. Resultados similares fueron observados por diferentes autores en áreas adyacentes al presente estudio (Galván-Piña *et al.*, 2003; Rodríguez-Romero *et al.*, 2005; Villegas-Sánchez *et al.*, 2009; Moreno-Sánchez *et al.*, 2009).

El clasificar a las especies ícticas registradas en el presente estudio, de acuerdo a su abundancia relativa y a su ocurrencia de aparición en grupos predefinidos, da una idea de cuál es su papel ecológico en el ecosistema. Por ello, las especies consideradas como abundantes y frecuentes, como lo fue la especie *A. troschellii*, quien obtuvo una abundancia relativa del 23.05% y una frecuencia de ocurrencia del 93.8%, son una especie que se considera residente, ya que se le observó durante todo el periodo del muestreo. Por otra parte, la especie *B. polylepis* obtuvo una abundancia relativa de 1.05%, y su frecuencia fue de 70.8%, lo que permite inferir que es una especie que estuvo presente la mayor parte del estudio, pero que su abundancia fue relativamente baja.

Para la ZCBP se observó el mismo comportamiento, teniendo nuevamente a la especie *A. troschellii* como la especie con el mayor valor de la abundancia relativa, superior a la registrada en la ISJ (27.40%), y su frecuencia de ocurrencia fue de 93.75%, por lo que

se puede hacer la misma consideración; es decir, es una especie residente. Asimismo, la especie *Scomber japonicus* obtuvo una abundancia relativa de 1.01% y su frecuencia de ocurrencia fue de 2.08%, lo cual indica que es una especie visitante, ya que se pudo observar solamente una vez, aunque su abundancia fue muy significativa. Trabajos realizados tanto en la misma ISJ como en la ZCBP, así como en otras áreas adyacentes al presente estudio, han obtenido resultados similares, considerando la misma clasificación (Aburto-Oropeza y Balart, 2001; Villegas-Sánchez, 2009; Moreno-Sánchez, 2009).

Con base en la presencia/ausencia de las especies registradas durante el periodo de estudio, se observó que de las 112 especies, 26 fueron permanentes y las 86 restantes presentaron cambios temporales en la ISJ; mientras que en la ZCBP la relación presencia/ausencia de las especies registradas durante el periodo de estudio, se observó que de las 92 especies, 27 estuvieron permanentes y las 65 restantes presentaron cambios temporales.

8.3 Diversidad Taxonómica

El presente trabajo es uno de los primeros estudios realizados en la ISJ y ZCBP, en el cual se analiza la diversidad taxonómica de los peces conspicuos; para ello, se utilizaron índices que, de alguna manera, contribuyen a analizar el valor de importancia de las especies. Este método permite identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia (Magurran, 1988).

En algunos estudios que tratan sobre la composición de la comunidad de peces han utilizado como parámetro la riqueza de especie o la diversidad específica medida en la muestra (diversidad α) (Magurran, 1988; Gastón, 1996). Sin embargo, esta riqueza taxonómica observada es una subestimación de la riqueza taxonómica verdadera (número real de especies viviendo en el sitio estudiado) (Griffiths, 1997).

Por otra parte, la diversidad específica (o riqueza) es difícil relacionarla con la productividad en los ecosistemas o disturbios porque la relación productividad-diversidad

es controversial y no es siempre monotónico (Grace, 1999; Mackey y Currie, 2001; Mittelbach *et al.*, 2001).

Por estas razones, la riqueza comunitaria no se ha usado como indicador de disturbios en la ecología aplicada (Drobner *et al.*, 1998). Los índices clásicos, como los de Shannon-Wiener (1949), asociados a la equidad de Pielou o el índice de Simpson, entre los más utilizados, han sido usados en ecología para evaluar los impactos ambientales sobre el ecosistema (Coleman *et al.*, 1997; Pires *et al.*, 2000). No obstante, algunos autores han criticado la habilidad limitada de estos índices para discriminar entre comunidades o detectar cambios en la comunidad (Cairns *et al.*, 1993; Gray, 2000; Lydy *et al.*, 2000).

El índice de diversidad alfa-Fisher (Fisher *et al.*, 1943) evalúa eficazmente la diversidad, en función del número de individuos y del número de especies (Condit *et al.*, 1996); sin embargo, es uno de los índices menos utilizados, aunque sí mejor fundamentados biológicamente, ya que no depende del tamaño de la muestra (Moreno, 2001; Magurran, 2004).

Considerando los resultados obtenidos en ambas áreas de estudio, se puede evidenciar que en la ISJ se registró la mayor diversidad de peces, ya que en la mayoría de los meses fue superior a las diez unidades; mientras que, por su parte, en la ZCBP el único mes que registró un valor igual al referenciado fue marzo. El resto de los meses fue inferior. Esta diferencia puede deberse a: 1) La ISJ ha sido menos impactada antropogénicamente que la ZCBP; 2) Las condiciones oceanográficas han favorecido a la isla, ya que la localidad Punta Colorada, ubicada en la parte expuesta de la isla, registró los mayores valores del índice, siendo superior a las 14 unidades. Por su parte, las localidades de la ZCBP fueron inferiores a las diez unidades; cabe señalar que no se tienen referencias de trabajos donde se haya empleado este índice.

Componentes de la diversidad de especies

Tradicionalmente se han distinguido tres componentes de la diversidad de especies: alfa o diversidad local o puntual, diversidad beta o reemplazo espacial en la identidad de las especies entre dos o más áreas, y gamma o diversidad regional, también conocida como diversidad del paisaje.

Considerando la diversidad alfa registrada en las áreas de estudio, se puede evidenciar que en la ISJ se alcanzó el mayor registro en el mes de noviembre; mientras que en la ZCBP el mayor registro fue en el mes de agosto. Esta elevada diversidad alfa corresponde a los meses en que se registraron las más altas temperaturas del agua, lo que coincide con otros trabajos realizados utilizando la riqueza de especies, tanto en la misma isla como en áreas cercanas (Aburto-Oropeza y Balart, 2001; Rodríguez-Romero *et al.*, 2005; Villegas-Sánchez *et al.*, 2009; Moreno-Sánchez, 2009).

Para el cálculo de la diversidad beta, en el presente estudio se consideró a ésta como recambio espacial. Bajo esta perspectiva, se encuentra que la localidad denominada Punta Colorada, ubicada en la ISJ en su parte expuesta, registró la mayor diversidad beta (45%); mientras que en la localidad del Portugués de la ZCBP, se registró la mayor diversidad beta (29%), lo que indica que el recambio de especies en estas localidades fue mayor que en las restantes, al considerar que el reemplazo espacial de especies ocurre independientemente del tamaño del reservorio o pool regional de especies (Koleff, 2005).

Cuando el valor de la diversidad beta es muy bajo; es decir, que el reemplazo o intercambio de especies de un sitio a otro es escaso, se puede interpretar que hay problemas en la comunidad, ya que esta metodología se ha empleado o aplicado a la medida de diversidad beta para predecir respuestas de una comunidad al calentamiento global o cambios de hábitat (Harrison, 1992).

La diversidad gamma se considera como la diversidad de paisaje o la diversidad regional; es decir, el número de especies del conjunto de sitios o comunidades que integran

un paisaje. Si se define el término paisaje, correspondería a un área dada, heterogénea pero distinguible, integrada por un conjunto de ecosistemas interactuantes que se repiten de forma similar (Formany-Godron, 1986). Al considerar las localidades o sitios donde se realizó el presente estudio, estas localidades forman parte del paisaje y significa compartir en cierto grado las condiciones ambientales.

Con respecto a la diversidad gamma, se asocia con una extensión espacial y con una historia geomorfológica y evolutiva común, no simplemente con un área grande que incluye muchos sitios. De acuerdo con Halffter y Moreno (2005), a nivel de paisaje se encuentra la mayor homeostasis de las especies, ya que existe un flujo entre comunidades, entre lugares fuente y lugares receptores de metapoblaciones.

En este sentido, en las diversidades beta y gammacalculadas por temporadas climáticas (agrupándose los meses muestreados en función de la temperatura en fríos y cálidos), se encuentra que para la ISJ la diversidad beta para la temporada fría y cálida fue de 30.66% y 26.66%, respectivamente, y para la ZCBP fue de 23% y 21.3%, respectivamente, lo que indica que el recambio de especies para la ISJ fue mayor que para la ZCBP. Esto puede explicarse en función de que en los meses fríos aumentó la presencia de especies transeúntes en la ISJ; ejemplo de estas especies son: *Thunnus albacares*, *Naucrates ductor*, *Lutjanus viridis*, *Caranx caninus*, etcétera. Por su parte, en la ZCBP se pueden mencionar las siguientes: *Serranus psittacinus*, *Coryphaena hipurus*, *Haemulopsis leuciscus*, *Nematistius pectoralis*, entre otras. Por otro lado, la diversidad gamma registrada en las temporadas frías y cálidas para la ISJ fue de 80 y 105 especies, respectivamente, lo que concuerda con lo registrado en otras áreas adyacentes (Pérez-España *et al.*, 1996; Aburto-Oropeza y Balart, 2001; Galván-Piña *et al.*, 2003; Moreno-Sánchez, 2009).

En el caso de la ZCBP, el registro fue inverso; es decir, 77 y 75 especies, respectivamente. Esta diferencia se puede explicar en función de que de las 92 especies registradas para la ZCBP, 17 especies no se registraron en los meses cálidos (*Scomber japonicus*, *Hermosilla azurea*, *Lutjanus guttatus*, *Haemulon maculicauda*, *Haemulon*

steindachneri, *Arothron meleagris*, *Plagiotremus azuleus*, *Halichoeres dispilus*, *Urobatis concentricus*, *Chaetodipterus zonatus*, *Labrisomus xanti*, *Malaccoctenus gigas*, *Urobatis halleri*, *Acanthemblemaria* spp., *Dasyatis brevis*, *Malaccoctenus hubbsii* (*Narcine entemendor*). Estas especies fueron más afines a los meses fríos, por lo que podemos inferir que, aun estando en el área de estudio, éstas se alejaron de la costa en busca de aguas un poco más profundas. Por su parte, las especies que no se registraron en los meses fríos fueron 15 (*Hyporhamphus unifasciatus*, *Sardinops sagax*, *Apogon retrosella*, *Nematistius pectoralis*, *Abudefduf concolor*, *Halichoeres chierchiae*, *Rypticus nigripinnis*, *Gobiosoma chiquita*, *Chromis limbaughi*, *Haemulopsis leuciscus*, *Myrichthys tigrinus*, *Coryphaena hippurus*, *Muraena lentiginosa*, *Scorpaena mistes* y *Serranus psittacinus*. Estas son especies que, de alguna manera, son más afines a los meses cálidos, que entraron a la bahía para alimentarse o parareproducirse (Pérez-España, 1996; Moreno-Sánchez, 2009), o simplemente son especies transeúntes (Halffter y Moreno, 2005).

Conocido también como diferenciación taxonómica (Δ^*), incluye además de los datos de abundancia y riqueza de especies las relaciones taxonómicas entre las especies, lo que ofrece información complementaria a los índices tradicionales (Warwick y Clarke, 1995, 1998). Estos mismos autores introdujeron este concepto a la ecología marina, como una medida del grado promedio, en la cual los individuos están relacionados unos con otros en un ensamblaje.

La información obtenida en las áreas de estudio mostró diferencias significativas en el análisis por mes, observándose valores ligeramente mayores en la ZCBP, principalmente en el mes de junio, concordando con Aguirre-Bahena (2007), quien considera a este mes como atípico. En la ISJ, el mes con el mayor valor fue el de mayo, aunque menor que el mes de junio de la ZCBP. Una explicación sería que esta área de la bahía presenta una mayor homogeneidad de las abundancias de las especies de peces; por otro lado, es interesante observar que estos dos ecosistemas en áreas relativamente diferentes en condiciones ambientales, siendo la temperatura la que registró la mayor variación temporal, aunque espacialmente no se encontraron diferencias significativas. Considerando lo

anterior, las localidades de la ZCBP fueron las que presentaron los mayores valores de diferenciación taxonómica. Una posible explicación es que esta zona de la bahía presentó una abundancia ligeramente menor que la ISJ, así como en el número de especies (20 especies menos que la ISJ); por lo tanto, este índice tiene una mayor sensibilidad a la riqueza y abundancia. Esto concuerda con lo comentado por Clarke y Warwick (1998), quienes enuncian que este índice es una extensión natural de una forma del índice de Simpson, incorporando información filogenética y las abundancias de las especies.

Para revertir esta sensibilidad se propuso el índice promedio de distintividad taxonómica, el cual únicamente emplea datos de presencia/ausencia (AVTD $\Delta +$) (Warwick y Clarke, 2001).

Las medidas de diversidad tradicionalmente utilizadas en ecología, no permiten reconocer la identidad de los taxa; por ello se ha dicho que una medida más precisa de diversidad es el índice promedio de distintividad o diferenciación ($\Delta +$) (Clarke y Warwick 2001), el cual se calcula mediante la suma de las 'longitudes de rutas' o 'peso de distintividad o diferenciación' a través de un árbol taxonómico, conectando todos los pares de especies en la lista, y dividido por el número de rutas tomando únicamente datos de presencia/ausencia de la especie. Se ha usado eficientemente en comunidades marinas para detectar sitios impactados por contaminación y efectos antropogénico. (Desrochers *et al.*, 2004; Warwick y Clarke 1995, 1998).

Al analizar y comparar los resultados en su forma temporal y espacial de las áreas del presente estudio, se observa que la ISJ obtuvo los mayores valores, siendo noviembre el mayor y marzo el menor. La localidad que registró el mayor valor fue Punta Colorada, la cual se ubica en la parte oriental de la isla; mientras que el menor valor se registró en la localidad de San Francisquito, ubicada en la parte occidental de este islote.

En la ZCBP, el mayor valor se registró en junio y el menor en octubre. La localidad en que se registró el mayor valor fue Las Pacas; mientras que el menor valor fue en la localidad conocida como El Guano. Una explicación puede ser que la intensidad de pesca y

el tipo de arte de pesca no selectivo y sin control (redes de encierro, trampas, chinchorro, etcétera) sean un punto de atención, ya que se capturaban especies comerciales como incidentales, que en cierta medida afectan al ecosistema, más sobre sitios específicos que hasta la fecha no se tiene control por carecer de conocimiento sobre evaluaciones que permitan establecer sistemas de vedas según la problemática de los recursos afectados, como son los peces y otros recursos que hayan presentado una mayor intensidad pesquera (Rodríguez-Romero, com. pers.). Esto permite inferir que, posiblemente, la pesca ha desbalanceado las abundancias relativas de las especies en tales sitios, y que, por ende, ya están disminuyendo en estos ecosistemas.

En otras regiones del mundo, el índice $\Delta+$ ha sido usado como indicador de impacto antropogénico. Rogers *et al.* (1999) encontraron una reducción del promedio del índice en la fauna de peces del oeste de Inglaterra y del sureste del Mar del Norte, debido a la sobrepesca. En las áreas del estudio, la zona más afectada por actividades humanas es la localidad El Guano. Por otra parte, y en concordancia con los valores encontrados en la ISJ, en el sureste de México, Sosa-López *et al.* (2005) analizaron la ictiofauna de la Laguna de Términos, al sur del Golfo de México, encontrando que $\Delta+$ respondió a la mayor disponibilidad de recursos y diversidad de hábitats, elevando la coexistencia de especies más lejanas taxonómicamente y con diferentes requerimientos ecológicos.

Saldívar-Lucio (2010) realizó un estudio sobre cambios a largo plazo de la ictiofauna arrecifal de Cabo Pulmo, donde encontró valores de $\Delta+$ muy similares a los reportados en el presente trabajo. Fernández-Rivera (2006), quien realizó un estudio sobre la estructura comunitaria de peces arrecifales en el oeste del Golfo de California, determina un gradiente latitudinal de norte a sur, y registra, para esta área, valores de $\Delta+$ muy similares a los registrados en la ISJ. En general, y con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, se podría comentar que la ISJ, a pesar de tener una pesca importante, se mantiene desde el punto de vista biológico, ecológico y turístico, como un ecosistema saludable, ya que la mayoría de las localidades estudiadas están dentro del promedio de $\Delta+$.

Por el contrario, en la ZCBP se encontró que una localidad se encuentra en el límite inferior del 95% del intervalo de confianza del túnel (El Guano), misma en la que en años previos al estudio se realizaban encierros para engorda de peces (Rodríguez-Romero, 2011, com. pers.), lo que pudo ocasionar una pérdida en su diversidad taxonómica. También, es de suma importancia considerar los resultados del presente estudio para los tomadores de decisiones, ya que se tiene que analizar la posible alteración en algunos sitios o localidades de este ecosistema, debido al impacto generado en la extracción del mineral conocido como fosforita, ya que se emplea agua de mar para su proceso.

8.4 Afinidad Zoogeográfica: ISJ y ZCBP

El Golfo de California se caracteriza por hospedar una gran ictiodiversidad, comparable con otras regiones (e.g. Mar Rojo, Golfo de México y las Bahamas) (Thomson *et al.*, 2000), derivada de las características batimétricas, topográficas y ecológicas. Una de las hipótesis sobre el posible origen y evolución de la ictiofauna en el noroeste de México hace referencia a la posible existencia de canales interpeninsulares pleistocénicos, de comunicación entre el Pacífico y el Golfo de California, pues en uno de los estudios realizados en el campo de la zoogeografía se encontró una cercana afinidad entre la ictiofauna de Bahía Magdalena (en el Pacífico) y la Bahía de la Paz, considerando el potencial que tienen aquellas especies de peces que presentan un estadio larval planctónico prolongado. A esta hipótesis la llaman Desplazamientos Recientes del tipo Norte-Sur-Norte (Martínez-Guevara, 2008). Con base en los resultados, se puede mencionar que la composición de la ictiofauna registrada está comprendida en dos provincias: la Panámica y la Pacífica Oriental (52 y 33 especies, respectivamente), las cuales conformaron el 65% de las especies; en las provincias Indopacífica, Cortés, Mexicana, Circuntropical y Californiana se registraron menos especies, teniendo una composición específica de 15, 8, 6, 12 y 5 especies, respectivamente, lo que conforma el 35%.

Galván-Magaña *et al.* (2000), en un estudio realizado sobre los peces costeros de las lagunas de BCS, determinaron las afinidades de las especies y reportaron que las provincias

Panámica y Pacífico Oriental fueron las que obtuvieron los mayores porcentajes en la Bahía de La Paz, presentando un menor porcentaje las otras provincias, observándose una mayor similitud en porcentajes con la Bahía Concepción, por lo que hay una gran similitud entre las áreas del presente estudio y lo obtenido por estos autores.

9. CONCLUSIONES

- ❖ La temperatura del agua registró una mayor fluctuación temporalmente, y se determinaron dos temporadas climáticas: una fría (marzo, mayo de 2001 y febrero de 2002 para la ISJ; abril, junio de 2002 y marzo de 2003 para la ZCBP) y una cálida (julio, octubre y noviembre de 2001 para la ISJ; agosto, octubre y diciembre de 2002 para la ZCBP).
- ❖ Se considera al mes de junio en la ZCBP como un mes de transición entre las dos temporadas climáticas.
- ❖ De acuerdo a los valores de diversidad alfa, beta y gamma determinada para cada área de estudio, hacen que la ISJ sea un ecosistema más estable en términos de diversidad local, de recambio de especies entre dos sitios y de paisaje, que la ZCBP.
- ❖ Considerando la diferenciación taxonómica Δ^* por localidades de muestreo, la ZCBP y la ISJ se pueden considerar estables, excepto por la localidad El Guano de la ZCBP, que mostró diferencias con respecto a las otras, infiriendo que posiblemente este sitio pudo haber estado bajo presión antropogénica.
- ❖ La determinación del promedio de las ramas del árbol filogenético, mediante la diferenciación taxonómica promedio, sugiere que: hay tres localidades (dos en la ZCBP y una en la ISJ) que se clasifican como muy sanas; mientras que el resto de las localidades se ubican muy cercanas al promedio y se pueden considerar sanas, además de que las especies observadas no están muy relacionadas filogenéticamente. Se puede inferir que la localidad El Guano fue impactada

antropogénicamente y las especies observadas están más relacionadas filogenéticamente.

- ❖ De acuerdo a la afinidad biogeográfica de las especies de peces observadas, y considerando las 131 especies, la provincia Panámica fue en la que se registró el mayor porcentaje de las especies afines, seguido de la Pacífico Oriental, La que menos especies afines registró fue la provincia Californiana.

10. LITERATURA CITADA

Aburto-Oropeza, O. y E. Balart. 2001. Community Structure of Reef Fish in Several Habitats of a Rocky Reef in the Gulf of California. P.S.Z.N. Marine Ecology 22(4):283-305.

Abitia-Cárdenas, A., H. Pérez España, F. Galván Magaña. 1996. Variaciones Temporales y Espaciales en la Estructura de la Comunidad de Peces de Arrecifes Rocosos del Suroeste del Golfo de California México. Ciencias Marinas Vol. 22(3):273-294.

Aguirre-Baena, F. 2007. Cambios temporales en los componentes y los flujos de la materia en hundimiento en cuenca Alfonso, Bahía de la Paz, durante el periodo 2002-2005. Tesis doctoral. CICIMAR-IPN. La Paz, BCS, México. 97 p.

Álvarez-Arellano, A., H. Rojas Soriano y J.J. Prieto Mendoza. 1997. Geología de La Bahía de La Paz y Áreas Adyacentes. En: Urbán-Ramírez, J. y M. Ramírez R. (eds.) La Bahía de La Paz, investigación y conservación. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. 31-41.

Álvarez-Borrego, S. y R.A. Schwartzlose. 1976. Masas de agua del Golfo de California. Ciencias Marinas 6:43-63.

Álvarez-Filip, L., H.Reyes-Bonilla, y E. Calderón-Aguilera. 2006. Community structure of fishes in Cabo Pulmo Reef, Gulg of California. *Marine Ecology*27:253-262.

Álvarez-Filip, L. yH. Reyes-Bonilla. 2006.Comparison of community structre and functional diversity of fishes at Cabo Pulmo coral reef, western Mexico between 1987 and 2003.Proceeding of 10th International Coral Reef Symposium.216-225.

Allen, G. R. y D. Ross-Robertson. 1994. Fishes of the tropical Eastern Pacific. Univ of Hawaii Press. 332p.

Allen, G. R. y D. Ross-Robertson.1998. Peces del Pacífico Oriental Tropical. Crawford House Press Pty Ltd., 2da. Edición en español, CANABIO y Agrupación Sierra Madre, S.C. 327 p.

Arreola-Robles, J. L. y J.F. Elorduy-Garay. 2002. Reef fish diversity in the region of La Paz, Baja California Sur, México. *Bulletin of Marine Science*. 70(1): 1-18.

Amador-Buenrostro, A., A. Trasviña-Castro, A. Muhlia-MeloyM. L. Argote-Espinoza. 2003. Influence of EBES seamount and Farallon basin on coastal circulation in the Gulf of California, Mexico. *Geofis. Int.* 42: 407-408.

Bell, J. D. y R. Galzin. 1984. Influence of live coral cover on coral-reef fish communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*15: 265-274.

Boschi, E.E. 2000. Species of decapod crustaceans and their distribution in the American marine zoogeographic provinces. *Rev. Invest. Des.Pesq.* 13: 1-136.

Bouchon-Navarro, Y., C. Bouchon, M. Louis y O. Legendre. 2005.Biogeographic patterns of coastral fish assemblages in the West Indies.*Journal of Experimental Marine Biology and ecology.* 315:31-47.

Briggs, J. C. 1974. *Marine Zoogeography*. McGraw-Hill Book Company, New York.
475 p.

Brock, V.E. 1954. A preliminary report on a Method of Estimating Reef Fish Populations. *The Journal of Wildlife Management*, Vol.18 (3): 297-308.

Brock, R.E. 1982. A critique of the visual census method for assessing coral reef fish population. *Bull. Mar. Sci.*32(1): 269-276.

Briggs, J. C. 1974. *Marine Zoogeography*. McGraw-Hill Book Company, New York. 475 p.

Blackburn, T.M. y K.J. Gaston. 1996. The distribution of bird species in the New World: patterns in species turnover. *Oikos*. 77:146-152.

Bloom, F.D. 1981. Similarity indexes in community studies: potential pitfalls. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*5: 125-128.

Carreño, A.L. y J. Helenes. 2002. Geology and Ages of the Islands. In: Case, T.J., M.L. EN: Cody, Ezcurra E. (eds.) *A new Island Biogeography of the Sea of Cortez*. Oxford, University Press. 14-40.

Cairns, J.J. y J.R. Pratt. 1993. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. En: Rosenberg, D.M., Resh, V.H. (eds.) *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman and Hall, New York. 10-27 pp.

Carpenter, K.E., Micalat, R.I., Albaladejo, V.D. y Corpuz, T. 1981. The influence of substrate structure on the local abundance and diversity of Philippine reef fishes. *Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium, Manila*. Vol. 2:497-502.

Cody, M.L. 1986. Diversity, rarity, and conservation in Mediterranean-climate regions. En: Soulé, M.E. (ed.) *Conservation biology*. pp. 122-152. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates.

Condit, R., S.P. Hubbell y R.B. Foster. 1996. Changes in tree species abundance in a Neotropical forest: impact of climate change. *Journal of Tropical Ecology*. 12: 231-256.

Coleman, N., A.S.H. Gason y Poore, G.C.B. 1997. High species richness in the shallow marine waters of south-east Australia.

Colwell, R.K. y J.A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*. 345:101-118.

Clarke, K.R. y R.M. Warwick. 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology*.UK.35: 523-531.

Clarke, K.R.,y R.M. Warwick. 1999. The taxonomic distinctness measure of biodiversity, weighting of step lengths between hierarchical levels. *Marine Ecology Progress Series*.184:21-29.

Clarke, K.R. y R.M. Warwick. 2001. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series*.Vol. 216: 265-278.

Clarke, K.R. y R.M. Warwick.2001. Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation.2nd edition.PRIMER-E Ltd. Plymouth.203 p.

Chabanet, P., Ralambondrainy, H., Amanieu, M., Faure, G. y Galzin, R. 1997.Relationships between coral reef substrata and fish.*Coral Reefs*.16:93-102.

Charbonnel, E., Serre,Ruitton, S., Harmelin, J.G. yJensen, A. 2002. Effects of increased habitat complexity on fish assemblages associated with large artificial reef inits (French Mediterranean coast). *Journal of Marine Science*. 59:S208-S213.

Cruz-Orozco, R., Martínez-Noriega, C. y Mendoza-Mariavillas. 1996. Batimetría y sedimentos de la Bahía de La Paz, México. *Oceánides*. 11(1):21-27.

Desrochers, R.E. y M. Anand. 2004. From Traditional Diversity to Taxonomic Diversity Indices. *International Journal of Ecology and Environmental*. 30:85-92.

Dominici-Arosemena A. y M. Wolff. 2006. Reef fish community structure in the Tropical Pacific (Panamá): living on a relatively stable rocky reef environment. *Helgoland Marine Research*. 60:287-305.

Drobner, U., Bibby, J., Smith, B. y Wilson, J.B. 1998. The relation between community biomass and evenness, what does community theory predict, and can these predictions be tested? *Oikos*. 82:295-302.

Enríquez-Andrade, R., G. Anaya-Reyna, J. C. Barrera-Guevarac, M. A. Carvajal-Morenod, M. E. Martínez-Delgado, J. Vaca-Rodríguez y C. Valdés-Casillas. 2005. An analysis of critical areas for biodiversity conservation in the Gulf of California Region. *Ocean & Coastal Management*. 48: 31–50.

Elorduy, J.F. y S.V. Jiménez G. 2000. Metodologías para el estudio de los peces de arrecifes. En: Aburto, O.O., C. Sánchez O. (eds.) *Recursos Arrecifales del Golfo de California*. UABCS. 72-82.

Fariña, A., A. Bellorín, S. Sant y E. Méndez. 2005. Estructura de la comunidad de peces en un arrecife del Archipiélago Los Monjes, Venezuela. *Ciencias Marinas*. 31 (3):585-591.

Fariña-Pestano, A.R. y E. Méndez-De Elgueazabal. 2009. Variación estacional de la estructura comunitaria de peces en dos arrecifes: rocoso-coralino y de octocorales, en el Bajo Las Caracas, Venezuela. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 44(1): 153-162.

Fernández-Rivera Melo, F.J. 2007. Estructura comunitaria de peces arrecifales en el oeste del Golfo de California. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, BCS. 84 p.

Fisher, R., Corbet, S. y Williams, C. 1943 The relation between the number of species and the number of individual in a random sample of an animal population. *J Anim Ecol.* 12: 42-58.

Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E. y Niem, V.H. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma, FAO. Vol. II: 647-1200.

Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., y Niem, V.H. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma, FAO, Vol. III: 1201-1813.

Forman, R.T. y M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. New York, John Wiley & Sons. 620 p.

Galván-Magaña, F., F.J. Gutiérrez, S., L.A. Abitia, C. y J. Rodríguez, R. 2000. The distribution and affinities of the shore fishes of Baja California Sur lagoons. En: M. Munawar, S. Lawrence, I.F. Munawar y D. Malley (eds.). *Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope*. 383-398 p. *Ecovision World Monograph series*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.

Galván-Piña, V.H., F. Galván-Magaña, L.A. Abitia-Cárdenas, F.J. Gutiérrez –Sánchez y J. Rodríguez-Romero. 2003. Seasonal Structure of Fish Assemblages in Rocky and Sandy Habitats in Bahía de La Paz, Mexico. *Bull. of Mar. Sc.* 72(1): 19–35.

Gaston, K.J. 1996. *Biodiversity*. Blackwell, Oxford.

Gladfelter, W.B., J.C. Ogden y E.H. Gladfelter. 1980. Similarity and diversity among coral reef fish communities: A comparison between tropical western Atlantic (Virgin Islands) and tropical central Pacific (Marshall Islands) patch reefs. *Ecology*. 61:1156-1168.

Gray, J.S. 2000. The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 250:23-49.

Grace, J.B. 1999. The factors controlling species density in herbaceous plant communities, an assessment. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution, and Systematics*. 2:1-18.

Griffiths, D. 1997. Local and regional species richness in North American lacustrine fish. *Journal of Animal Ecology*. 250:23-49.

Hastings, P.A. 2000. Biogeography of the tropical eastern Pacific: distribution and phylogeny of chaenopsid fishes. *Zool. J. Lin. Soc.* 128: 319-335.

Halffter, G. y C.E. Moreno. 2005. Significado Biológico de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. En: G. Halffter, J. Soberon, P. Koleff, A. Melic (eds.) *Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. CONABIO, SEA Zaragoza España, Grupo Diversitas-México y CONACyT. Monografías Tercer Milenio. Zaragoza, España. 242p.

Harrison, S., S.J. Ross y J.H. Lawton. 1992. Beta diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology*. 61:151-158.

Helfman, S.G., Collette, B.B. y Facey, D.E. 2005. *The Diversity of Fishes*. Blackwell Science. 528 p.

Hobbs, J.P., Jones, G.P. y Munday, P.L. 2010. Rarity and extinction risk in coral reef angelfishes on isolated island: interrelationships among abundance, geographic range size and specialization. *Coral Reef*, 29:1-11.

Horn, M. H. y Allen I. G., 1985. Fish community ecology in southern California bays and estuaries, Chap. 8, 169-190. En: Yáñez-Arancibia, A. (ed.) *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration*. UNAM.-PUAL-ICML, Editorial Universitaria, México.

Horn, M.H., L.G. Allen y R.N. Lea. 2006. *Biogeography*. p. 3-25. EN: L.G. Allen, D.J. Pondella, M.H. Horn (eds.) *The ecology of marine fishes: California and adjacent waters*. University of California, Berkeley, California, EEUU.

Hubbs, C.L. 1960. The marine vertebrates of the outer coast. Symposium: *The biogeography of the Baja California and adjacent seas*. *Syst. Zool.* 9(3-4):134-147.

Jiménez- Illescas, A., M. Obeso N. y D. Salas de León. 1997. *Oceanografía Física de la Bahía de La Paz, B.C.S.* En: Urbán R.J., M. Ramírez R. (eds.) *La Bahía de La Paz, investigación y Conservación*. 1997. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. 31-41.

Jiménez-Gutiérrez, S.V. 1999. *Abundancia y estructura comunitaria de peces de arrecifes rocosos en la zona de Isla Cerralvo, B.C.S., Méx.* Tesis de Maestría. CICIMAR. IPN. La Paz, B.C.S. México. 91 p.

Jones, R.S. y M.J. Thompson. 1978. Comparison of Florida reef fish assemblages using a rapid visual technique. *Bull. Mar. Sci.* 28:37-53.

Koleff, P. 2005. Conceptos y Medidas de la Diversidad Beta. En: G. Halffer, J. Soberon, P. Koleff, A. Melic (eds.) *Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades*

Alfa, Beta y Gamma. CONABIO, SEA Zaragoza España, Grupo Diversitas-México y CONACyT. Monografías Tercer Milenio. Zaragoza, España. 242p.

Knudby A. y LeDrew E. 2007. Measuring Structural Complexity on Coral Reefs. Proceedings of the American Academy of Underwater Science 26 th Symposium. Dauphin Island, Al. In: Pollock NW, Godfrey JM, eds. Diving for Science. 181-188.

Krebs, C.J. 2006. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. 6th edition. Benjamin Cummings Publisher. 453p.

Lara-Lara, R., V. Arenas F., C. Bazán G., V. Díaz C., E. Escobar B., M.C. García A., G. Gaxiola C., G. Robles J., R. Sosa A., L.A. Soto G., M. Tapia G. y J.E. Valdez H. 2008. Los ecosistemas marinos, capital natural de México, Vol.I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO. México. 135-159.

Letourneur, Y. 1996. Dynamic of fish communities on Reunion Fringing Reef, Indian Ocean. I Patterns of spatial fluctuation. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 195: 1-30.

Letourneur, Y., P. Chabanet. 1994. Variations spatio-temporelles de l'ichtyofaune de platiers récifaux a La Réunion. Cybium 18:25-38.

Lluch-Cota, S.E., E. A. Aragón-Noriega, F. Arreguín-Sánchez, D. Aurióles-Gamboa, J. J. Bautista-Romero, R. C. Brusca, R. Cervantes-Duarte, R. Cortés-Altamirano, P. Del-Monte-Luna, A. Esquivel-Herrera, G. Fernández, M. E. Hendrickx, S. Hernández-Vázquez, H. Herrera-Cervantes, M. Kahru, M. Lavín, D. Lluch-Belda, D. B. Lluch-Cota, J. López-Martínez, S. G. Marinone, M. O. Nevárez-Martínez, S. Ortega-García, E. Palacios-Castro, A. Parés-Sierra, G. Ponce-Díaz, M. Ramírez-Rodríguez, C. A. Salinas-Zavala, R. A. Schwartzlose y A. P. Sierra-Beltrán. 2007. The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. Progress in Oceanography. Vol. 73, (1), 1-26.

- Loya, D. H. y A. Escofet. 1990. Aportación al cálculo del índice de valor biológico, (Sanders, 1960). *Ciencias Marinas*. 16 (2):97-115.
- Ludwig, J. y J. Reynold. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons Inc. New York. 351 p.
- Luckhurst, B.E. y K. Luckhurst. 1978. Analysis of the Influence of Substrate Variables on Coral Reef Fish Communities. *Marine Biology*. 49:317-323.
- Lydy, M.J., Crawford, C.G. y Frey, J.W. 2000. A comparison of selected diversity, similarity, and peaked? *Ecology*. 82:3479-3492.
- Martínez-Gaxiola, M.D., R. Sosa-Avalos y G. Gaxiola-Castro. 2007. Producción de Carbono Orgánico en los mares Mexicanos (1998-2005). En: B. Hernández de la Torre, G. Gaxiola-Castro (eds). *Carbono en ecosistemas acuáticos de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. INE y CICESE. 251-266.
- Martínez-Guevara, A. 2008. Análisis de la ictiodiversidad y patrones biogeográficos en los sistemas costeros de Baja California Sur, México. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, BCS. 154p.
- Mackey, R.L. y D.J. Currie. 2001. The diversity-disturbance relationship, Is it generally strong and peaked? *Ecology*. 82:3479-3492.
- Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton., NJ: Princeton, University Press. 250p.
- Magurran, A. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, London. 256p.
- McComick, M. I. 1994. Comparison of field methods for measuring surface topography and their associations with tropical reef fish assemblage. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 112: 87-96.

- Medianero, E., A. Valderrama y H. Barrios. 2003. Diversidad de insectos minadores de hojas y formadores de agallas en el dosel y sotobosque del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana*. 89: 153-168.
- Mittelbach, G.G., Steiner, C.F., Gross, K.L., Reynolds, H.L., Waide, R.B., Willig, M.R., Dodson, S.I. y Gough, L. 2001. What is the observed relationship between species richness and productivity? *Ecology*. 82:2381-2396.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y tesis SEA, vol. I. Zaragoza, España. 84p.
- Moreno-Sánchez, X. G. 2009. Estructura y organización trófica de la ictiofauna del arrecife de los Frailes, B.C.S. México. Tesis Doctoral. CICIMAR-IPN. La Paz, BCS. 161 p.
- Muhlia-Melo, A., P. Klimley, R. González-Armas, S. Jorgensen, A. Trasviña-Castro, J. Rodríguez-Romero y A. Amador Buenrostro. 2003. Pelagic fish assemblages at the Espíritu Santo seamount in the Gulf of California during El Niño 1997-1998 and non-El Niño conditions. *Geofísica Internacional*. Vol. 42, (3): 1-9.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the World*. 4th Edition, Univ. of Alberta, Canada. 624 p.
- Odum, E.P. 1972. *Ecología*. 3ra. ed. Ed. Interamericana. México. 639 p.
- Ogden, J.C., J.P. Ebersole. 1981. Scale and community structure of coral reef fishes: A long term study of a large artificial reef. *Marine Ecology Progress Series*. 4:97-103.
- Randall, J.E. 1993. An Analysis of fish populations of artificial and natural reefs in the Virgin Island. *Carib. J. Sci.* 3:31-48.

- Robertson, D.R. y G.R. Allen.2002. Shore fishes of the Tropical Eastern Pacific: an information system. CD-ROM. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Panamá.
- Robertson, D.R., J.S. Grove y J.S. McCosker. 2004. Tropical transpacific shore fishes. *Pac. Sci.* 58:507-565.
- Robertson, D.R. yCramer, K.L. 2009. Shore fishes and biogeographic subdivisions of the Tropical Eastern Pacific.*Marine Ecology Progress Series*. Vol. 380:1-17.
- Roberts, C.M. yF.G. Ormond.1987.Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Marine Ecology Progress Series*. 41:1-8.
- Rodríguez-Romero, J., Abitia, C.L.A., Galván, M.F. y Chávez, R.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, C.L.A., Galván, M.F., Arvizu, M.J., Aguilar, P.B. 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. 2002. Análisis ecológico de la comunidad de peces de la Isla Espíritu Santo y la montaña submarina el Bajo Espíritu Santo en el sur del Golfo de California, México. Tesis Doctoral, CIBNOR, La Paz, México. 113 p.
- Rodríguez-Romero, J., Arturo F. Muhlia-Melo, F.Galván-Magaña, F. Gutiérrez-Sánchez, yV. Gracia-López. 2005. Fish Assemblages Around Espiritu Santo Island and Espiritu Santo Seamount in the lower Gulf of California, Mexico. *Bull. of Mar. Sc.*77(1): 33–50.
- Rodríguez-Romero, J., López-González, L.C., Felipe Galván-Magaña, F., Sánchez-Gutiérrez,F.J., Inohuye-Rivera, R. yPérez-Urbiola, J.C.2011.Seasonal changes in a fish assemblage associated with mangroves in a coastal lagoon of Baja California Sur, Mexico. *Lat.Am. J. Aquat. Res.* 39(2): En Prensa.

Rogers, S.I., K.R. Clarke y J.D. Reynolds. 1999. The taxonomic distinctness of coastal bottom-dwelling fish communities of the North-east Atlantic. *Journal of Animal Ecology*. 68:769-782.

Rosenblatt, R.H. 1967. The zoogeographic relationship of the marine shore fishes of Tropical America. *Stud.Trop. Ocenogr. Miami*. 5:579-592.

Routledge, R.D. 1977. On Whittaker's components of diversity. *Ecology*. 58:1120-1127.

Routledge, R.D. 1984. Estimating ecological components of biodiversity. *Oikos*. 42:23-29.

Reyes-Bonilla, H. y L. Álvarez-Filip. 2008. Long-term changes in taxonomic distinctness and trophic structure of reef fishes at Cabo Pulmo reef, Gulf of California. Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, Ft.Lauderdale, Florida, 7-11 July. Session number 18.

Risk, M.J. 1972. Fish diversity on a coral reef in the Virgin Island. *Atoll Res. Bull.* 153:1-6.

Thompson, M.J. y T.W. Schmidt. 1977. Validation of the species/time random count technique sampling fish assemblages. In: D.L. Taylor (ed.) *Proc. 3ra Int. Coral Reefs*. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, Uni. Miami. Vol. 1: 282-288.

Thomson, Donald A., L.I. T. Findley y A. N. Kerstitch. 2000. *Reef Fishes of the Sea of Cortez: The Rocky-Shore Fishes of the Gulf of California*. The University of Texas Press. 353p.

Thomson, Donald A. y M. R. Gilligan. 2002. *Rocky-Shore Fishes*. EN: Case, M.L. Cody, E. Ezcurra. (eds.) *A new Island Biogeography of the Sea of Cortés*. T.J. Oxford, University Press. 154-180.

Palacios-Salgado, D.S. 2011. Patrones latitudinales de composición y diversidad funcional de peces asociados a la pesca de camarón del Pacífico Mexicano. Tesis doctoral. CICIMAR-IPN. La Paz, BCS. 168 p.

Pérez-España, E. H., F. Galván y L. A. Abitia. 1996. Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes rocosos del suroeste del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*.22(3):273-294.

Pielou, E. C. 1976. *Ecological Diversity*. J. Wiley and Sons, New York. N. Y. 286 p.

Pharo, E.J., A.J. Beattie y D. Binns. 1999. Vascular plant diversity as a surrogate for bryophyte and lichen diversity. *Conserv. Biol.* 13:282-292.

Pires, A.M., Cowx, I.G. y Coelho, M.M. 2000. Benthic macroinvertebrates communities of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana Basin (Portugal). *Hydrobiologia*. 435:167-175.

Sánchez-Ortiz, C., Arreola-Robles, J.L., Aburto-Oropeza, O. y Cortés Hernández, M. 1997. Peces de arrecifes en la región de La Paz, BCS. En: Urbán R., J., M. Ramírez R. (eds.) *La Bahía de La Paz, investigación y conservación*. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS.177-188.

Sanders, H.L. 1960. Benthic studies in Buzzards Bay. III. The structure of the soft-bottom community. *Limnol. Oceanogr.* 5:138-153.

Sala, E., O. Aburto-Oropeza, G. Paredes, I. Parra, J. C. Barrera y P. K. Dayton. 2002. A general model for designing networks of marine reserves. *Science*. 298:1991-1993.

Sale, P.E. 1991. Reef Fishes communities: Open nonequilibrium systems. EN: *The ecology of fishes on coral reefs*. Academic Press, San diego, USA.564-598 pp.

Saldívar-Lucio, R. E. 2010. Cambios a largo plazo en la ictiofauna arrecifal del parque nacional Cabo Pulmo, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, BCS. 146p.

Samoilys, M.A. y Gary, C. 2000. Determining methods of underwater visual census for estimating the abundance of coral reef fishes. *Environmental Biology of Fishes*. 57: 289-304.

Sosa-López A, Ramos-Miranda J, Flores-Hernández D, Mouillot D. y Do-Chi T. 2005. Evidencia de Cambios en la Diversidad Ictiofaunística de la Laguna de Términos, México. *JAINA Boletín Informativo*. 15:7-13.

Suárez-Castillo, A. N. 2008. Fauna asociada a mantos de *Sargassum* (*OCHROPHYTA: FUCALES*) en el Sauzoso, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, BCS. 111p.

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

Warwick, R.M. y K.R. Clarke. 1998. Taxonomic distinctness and environmental assessment. *J. Appl. Ecol.* 35: 532-543.

Whittaker, R.J., K.J. Willis y R. Field. 2001. Scale and species richness: Toward a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*. 28: 453-470.

Warwick, R.M. y Light, J. 2002. Death assemblages of molluscs on St Martin's Flats, Isles of Scilly, a surrogate for regional biodiversity? *Biodiversity and Conservation* 11: 99-112.

Warwick, R.M., Ashman, C.M., Brown, A.R., Clarke, K.R., Dowell, B., Hart, B., Lewis, R.E., Shillabeer, N., Somerfield, P.J. y Tapp, J.F. 2002. Inter-annual changes in the biodiversity and community structure of the macrobenthos in Tees Bay and the Tees estuary, UK, associated with local and regional environmental events. *Marine Ecology Progress Series*. 234:1-13.

Whittaker, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecol Monogr*. 30:279-338.

Whittaker, R.H. 1972. Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon*. 21(2/3): 213-251.

Whittaker, R.H. 1977. Evolution of species diversity in land communities. *Evol. Biol.* 10:1-67.

Villarreal-Cavazos, A., H. Reyes-Bonilla, B. Bermúdez-Almada y Ó. Arizpe-Covarrubias. 2000. Los peces del arrecife de Cabo Pulmo, Golfo de California, México: Lista sistemática y aspectos de abundancia y biogeografía. *Rev. Biól. Trop.* 48:2-3.

Villegas-Sánchez, C.A. 2004. Ictiofauna de arrecifes rocosos en la isla San José, B. C. S., México. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, BCS. 84p.

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: 169- 179.

Zapata, F.A. y Robertson D.R. 2007. How many species of shore fishes are there in the Tropical Eastern Pacific. *Journal of Biogeography*. 34:38-51.

Direcciones electrónicas

D. R. Robertson yG. R. Allen. 2008. Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: Sistema de Información en línea. Versión 1.0. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá. www.neotropicalfishes.org/sftep, www.stri.org/sftep

Froese, R. yD. Pauly.Editors. 2009.FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (08/2009).

ANEXOS

Anexo 1: Elenco sistemático de los peces registrados en la isla San José (2001-2002) y la Zona Costera de Bahía de La Paz (2002-2003) (Según Nelson, 2006).

Phyllum Chordata

Subphyllum Vertebrata

Superclase Gnathostomata

Grado Teleostomi

Clase Chondrichthyes

Orden Squatiniformes

Familia Squatinidae

Squatina californica (Ayres, 1859)

Orden Torpediniformes

Familia Narcinidae

Narcine entemedor(Jordan y Starks, 1895)

Orden Rajiformes

Familia Dasyatidae

Dasyatis brevis (Garman, 1880)

Orden Myliobatiformes

Familia Urotrygonidae

Urobatis concentricus(Osborn y Nichols, 1916)

Urobatis halleri (Cooper, 1863)

Urobatis maculatus (Garman, 1913)

Clase Actinopterygii

Orden Elopiformes

Familia Elopidae

Elops affinis (Regan, 1909)

Orden Anguilliformes

Familia Muraenidae

Gymnomuraena zebra(Shaw y Nodder, 1797)

Gymnothorax castaneus (Jordan y Gilbert, 1882)

Gymnothorax equatorialis (Hildebrand, 1946)

Muraena lentiginosa (Jenyns, 1842)

Familia Ophichthidae

Myrichthys trigrinus (Girard, 1859)

Orden Clupeiformes

Familia Clupeidae

Harengula thrissina (Jordan & Gilbert, 1882)

Sardinops sagax (Jenyns, 1842)

Orden Mugiliformes

Familia Mugilidae

Mugil cephalus (Linnaeus, 1758)

Mugil curema (Valenciennes en Cuvier y Valenciennes, 1836)

Orden Beloniformes

Familia Exocoetidae

Exocoetus spp. (Linnaeus, 1758)

Familia Hemiramphidae

Hemiramphus saltator (Gilbert y Starks, 1904)

Hyporhamphus unifasciatus (Ranzani, 1841)

Orden Beryciformes

Familia Holocentridae

Myripristis leiognathos (Valenciennes, 1855)

Sargocentron suborbitalis (Gill, 1864)

Orden Gasterosteiformes

Familia Fistulariidae

Fistularia commersoni (Rüppel, 1835)

Familia Aulostomidae

Aulostomus chinensis (Linnaeus, 1766)

Orden Scorpaeniformes

Familia Scorpaenidae

Scorpaena mystes (Jordan y Starks, 1895)

Orden Perciformes

Familia Serranidae

Alphestes immaculatus (Breder, 1936)

Cephalopholis panamensis (Steindachner, 1877)

Epinephelus analogus (Gill, 1863)

Epinephelus labriformis (Jenyns, 1843)

Mycteroperca jordani (Jenkins y Evermann, 1889)

Mycteroperca rosacea (Streets, 1877)

Paralabrax maculatofasciatus (Steindachner, 1868)

Paranthias colonus (Valenciennes, 1846)

Rypticus bicolor (Valenciennes, 1846)

Rypticus nigripinnis(Gill, 1861)

Serranuspsittacinus(Valenciennes, 1846)

Familia Opistognathidae

Opistognathus punctatus(Peters, 1869)

Familia Apogonidae

Apogon retrosella (Gill, 1862)

Familia Nematistiidae

Nematistius pectoralis(Gill, 1862)

Familia Coryphaenidae

Coryphaena hippurus(Linnaeus, 1758)

Familia Carangidae

Caranx caballus (Günther, 1868)

Caranx caninus (Günther, 1767)

Caranx melampygus(Cuvier en Cuvier & Valenciennes, 1833)

Caranx sexfasciatus(Quoy y Gaimard, 1824)

Decapterus macarellus (Cuvier, 1833)

Gnathanodon speciosus (Forsskål, 1775)

Seriola lalandi(Valenciennes, 1833)

Trachinotus rhodopus(Gill, 1863)

Naucrates ductor (Linnaeus, 1758)

Oligoplites saurus(Bloch & Schneider, 1801)

Familia Lutjanidae

Hoplopagrus guntheri(Gill, 1862)

Lutjanus aratus (Günther, 1864)

Lutjanus argentiventris (Peters, 1869)

Lutjanus colorado(Jordan y Gilbert, 1882)

Lutjanus guttatus (Steindachner, 1869)

Lutjanus novemfasciatus(Gill, 1862)

Lutjanus viridis (Valenciennes, 1846)

Familia Gerreidae

Eucinostomus currani(Yáñez-Arancibia, 1978)

Eucinostomus dowi (Gill, 1863)

Gerres cinereus (Walbaum, 1792)

Familia Haemulidae

Anisotremus interruptus (Gill, 1862)

Anisotremus taeniatus(Gill, 1861)

Haemulon flaviguttatum (Gill, 1863)

Haemulon scudderi (Gill, 1863)

Haemulon sexfasciatum (Gill, 1863)

Haemulon steindachneri (Jordan y Gilbert, 1882)

Haemulon maculicauda (Gill, 1862)

Haemulopsis leuciscus (Günther, 1864)

Microlepidotus inornatus (Gill, 1862)

Familia Sparidae

Calamus brachysomus (Lockington, 1880)

Familia Mullidae

Mulloidichthys dentatus (Gill, 1863)

Familia Kyphosidae

Girella simplicidens(Osburn y Nichols, 1916)

Hermosilla azurea(Jenkins & Evermann, 1889)

Kyphosus analogus (Gill, 1863)

Kyphosus elegans (Peters, 1869)

Familia Chaetodontidae

Chaetodon humeralis (Günther, 1860)

Johnrandallia nigrirostris (Gill, 1862)

Familia Pomacanthidae

Holacanthus passer (Valenciennes, 1846)

Pomacanthus zonipectus (Gill, 1863)

Familia Cirrhitidae

Cirrhitus rivulatus (Valenciennes, 1855)

Cirrhitichthys oxycephalus (Bleeker, 1855)

Familia Pomacentridae

Abudefduf concolor (Gill, 1862)

Abudefduf troschelli (Gill, 1862)

Chromis atrilobata (Gill, 1862)

Chromis limbaughi (Greenfield & Woods, 1980)

Microspathodon bairdii(Gill, 1862)

Microspathodon dorsalis (Gill, 1862)

Stegastes acapulcoensis (Fowler, 1944)

Stegastes flavilatus (Gill, 1863)

Stegastes leucorus (Gilbert, 1891)

Stegastes rectifraenum (Gill, 1862)

Familia Labridae

Bodianus diplotaenia (Gill, 1863)

Halichoeres chierchiae (Caporiacco, 1947)

Halichoeres dispilus(Günther, 1864)

Halichoeres nicholsi(Jordan y Gilbert, 1881)

Halichoeres notospilus (Günther, 1864)

Halichoeres semicinctus (Ayes, 1859)

Novaculichthys taeniourus(Lacepède, 1801)

Thalassoma grammaticum(Gilbert, 1890)

Thalassoma lucasanum (Gill, 1863)

Familia Scaridae

Nicholsina denticulata (Evermann y Radcliffe, 1971)

Scarus compressus (Osburn y Nichols, 1916)

Scarus ghobban(Forsskål, 1775)

Scarus perrico (Jordan y Gilbert, 1881)

Scarus rubroviolaceus(Bleeker, 1847)

Familia Blenniidae

Ophioblennius steindachner (Jordan y Evermann, 1898)

Plagiotremus azaleus

Familia Labrisomidae

Labrisomus xanti (Gill, 1860)

Malacoctenus gigas (Springer, 1959)

Malacoctenus hubbsi (Springer, 1959)

Familia Chaenopsidae

Acanthemblemaria sp.

Familia Gobiidae

Elacatinus puncticulatus (Ginsburg, 1938)

Gobiosoma chiquita (Jenkins & Evermann, 1889)

Familia Ehippidae

Chaetodipterus zonatus (Girard, 1858)

Familia Zanclidae

Zanclus cornutus (Linnaeus, 1758)

Familia Acanthuridae

Acanthurus triostegus (Linnaeus, 1758)

Acanthurus xantopterus (Valenciennes, 1835)

Prionurus punctatus (Gill, 1862)

Familia Scombridae

Euthynnus lineatus(Kishinouye, 1920)

Scomber japonicas (Houttuyn, 1782)

Scomberomorus sierra(Jordan y Starks, 1895)

Thunnus albacares (Bonnaterre, 1788)

Orden Pleuronectiformes

Familia Paralichthyidae

Citharichthys xanthostigma(Gilbert, 1890)

Orden Tetraodontiformes

Familia Balistidae

Balistes polylepis (Steindachner, 1876)

Pseudobalistes naufragium (Jordan y Starks, 1895)

Sufflamen verres (Gilbert y Starks, 1904)

Familia Ostraciidae

Ostracion meleagris(Shaw, 1796)

Familia Tetraodontidae

Arothron meleagris (Bloch y Schneider, 1801)

Canthigaster puntactissima (Günther, 1870)

Sphoeroides annulatus(Jenyns, 1842)

Sphoeroides lobatus(Steindachner, 1870)

Familia Diodontidae

Chilomycterus reticulatus (Linnaeus, 1758)

Diodon holocanthus (Linnaeus, 1758)

Diodon hystrix(Linnaeus, 1758)

Anexo 2: Dominancia por mes de acuerdo al Índice del Valor Biológico de las especies de peces en la ISJ.

Marzo	IVB	Mayo	IVB	Julio	IVB
<i>A. troschelii</i>	84	<i>S. rectifraenum</i>	88	<i>A. troschelii</i>	102
<i>M. dentatus</i>	67	<i>S. ghobban</i>	74	<i>S. ghobban</i>	92
<i>T. lucasanum</i>	65	<i>A. troschelii</i>	71	<i>T. lucasanum</i>	73
<i>S. ghobban</i>	60	<i>T. lucasanum</i>	70	<i>S. rectifraenum</i>	61
<i>C. atrilobata</i>	56	<i>M. dentatus</i>	63	<i>L. argentiventris</i>	51
<i>S. rectifraenum</i>	53	<i>L. argentiventris</i>	43	<i>P. punctatus</i>	43
<i>L. argentiventris</i>	41	<i>K. elegans</i>	36	<i>K. elegans</i>	40
<i>M. rosacea</i>	33	<i>P. punctatus</i>	30	<i>N. denticulata</i>	34
<i>H. passer</i>	33	<i>D. holocanthus</i>	30	<i>M. dentatus</i>	33
<i>P. punctatus</i>	30	<i>H. passer</i>	29	<i>L. viridis</i>	31
<i>L. novemfasciatus</i>	27	<i>B. diplotaenia</i>	25	<i>C. atrilobata</i>	30
<i>K. elegans</i>	26	<i>C. oxycephalus</i>	25	<i>D. holocanthus</i>	29
<i>B. diplotaenia</i>	19	<i>M. inornatus</i>	23	<i>H. passer</i>	24
<i>B. polylepis</i>	19	<i>B. polylepis</i>	22	<i>H. guntheri</i>	24
<i>S. perrico</i>	19	<i>C. punctatissima</i>	17	<i>B. diplotaenia</i>	23
<i>H. sexfasciatum</i>	15	<i>H. sexfasciatum</i>	17	<i>L. novemfasciatus</i>	21
<i>D. holocanthus</i>	15	<i>L. novemfasciatus</i>	16	<i>B. polylepis</i>	21
<i>J. nigrirostris</i>	8	<i>M. rosacea</i>	14	<i>S. perrico</i>	19
<i>C. caballus</i>	8	<i>C. sexfasciatus</i>	12	<i>M. cephalus</i>	18
<i>M. dorsalis</i>	7	<i>F. commersonii</i>	11	<i>C. oxycephalus</i>	18
<i>P. colonus</i>	7	<i>S. rubroviolaceus</i>	11	<i>T. albacares</i>	16
<i>A. xanthopterus</i>	5	<i>E. lineatus</i>	11	<i>S. verres</i>	16
<i>C. melampygus</i>	5	<i>E. panamensis</i>	11	<i>M. rosacea</i>	14
<i>C. oxycephalus</i>	5	<i>C. affinis</i>	10	<i>S. rubroviolaceus</i>	12
<i>T. rhodopus</i>	5	<i>S. leucurus</i>	9	<i>C. punctatissima</i>	12
<i>H. guntheri</i>	4	<i>C. humeralis</i>	9	<i>H. steindachneri</i>	11
<i>O. steindachneri</i>	3	<i>T. rhodopus</i>	8	<i>E. currani</i>	11
<i>M. cephalus</i>	3	<i>M. cephalus</i>	8	<i>G. cinereus</i>	10
<i>C. punctatissima</i>	2	<i>H. guntheri</i>	8	<i>A. xanthopterus</i>	9
<i>A. interruptus</i>	1	<i>S. perrico</i>	7	<i>M. dorsalis</i>	7
<i>T. grammaticum</i>	1	<i>P. zonipectus</i>	7	<i>H. sexfasciatum</i>	6
<i>F. commersonii</i>	1	<i>N. denticulata</i>	7	<i>D. macarellus</i>	6
		<i>S. suborbitalis</i>	7	<i>H. chierchie</i>	6
		<i>A. xanthopterus</i>	6	<i>H. notospilus</i>	6
		<i>P. colonus</i>	6	<i>S. suborbitalis</i>	5
		<i>S. verres</i>	5	<i>F. commersonii</i>	3
		<i>M. dorsalis</i>	5	<i>M. curema</i>	3
		<i>K. analogus</i>	5	<i>J. nigrirostris</i>	2
		<i>E. labriformis</i>	5		
		<i>O. steindachneri</i>	4		
		<i>A. meleagris</i>	4		
		<i>C. melampygus</i>	4		
		<i>S. psitacinus</i>	4		
		<i>J. nigrirostris</i>	3		

Continuación anexo 2: Dominancia por mes.

Octubre	IVB	Noviembre	IVB	Febreo-02	IVB
<i>A. troschellii</i>	81	<i>A. troschellii</i>	98	<i>A. troschellii</i>	64
<i>S. rectifraenum</i>	66	<i>S. rectifraenum</i>	85	<i>S. rectifraenum</i>	54
<i>T. lucasanum</i>	58	<i>T. lucasanum</i>	66	<i>T. lucasanum</i>	54
<i>M. dentatus</i>	34	<i>S. ghobban</i>	58	<i>S. ghobban</i>	32
<i>S. ghobban</i>	34	<i>H. guntheri</i>	39	<i>H. passer</i>	25
<i>L. argentiventris</i>	34	<i>L. argentiventris</i>	37	<i>M. dentatus</i>	23
<i>P. punctatus</i>	27	<i>P. punctatus</i>	32	<i>P. punctatus</i>	14
<i>K. elegans</i>	25	<i>M. rosacea</i>	31	<i>C. atrilobata</i>	14
<i>B. diplotaenia</i>	25	<i>M. dentatus</i>	31	<i>D. holocanthus</i>	14
<i>H. sexfasciatum</i>	20	<i>C. atrilobata</i>	29	<i>M. dorsalis</i>	12
<i>C. atrilobata</i>	20	<i>L. novemfasciatus</i>	28	<i>B. diplotaenia</i>	10
<i>M. inornatus</i>	17	<i>H. passer</i>	25	<i>S. perrico</i>	8
<i>H. passer</i>	16	<i>K. elegans</i>	18	<i>C. oxycephalus</i>	7
<i>C. oxycephalus</i>	14	<i>C. caballus</i>	15	<i>M. cephalus</i>	6
<i>C. punctatissima</i>	14	<i>B. polylepis</i>	14	<i>L. novemfasciatus</i>	5
<i>L. viridis</i>	12	<i>J. nigrirostris</i>	13	<i>K. analogus</i>	5
<i>M. rosacea</i>	11	<i>C. affinis</i>	12	<i>S. acapulcoensis</i>	4
<i>S. compresus</i>	11	<i>L. viridis</i>	12	<i>H. sexfasciatum</i>	4
<i>M. dorsalis</i>	10	<i>H. sexfasciatum</i>	12	<i>M. rosacea</i>	4
<i>P. colonus</i>	10	<i>M. inornatus</i>	12	<i>S. suborbitalis</i>	2
<i>H. steindachneri</i>	9	<i>B. diplotaenia</i>	11	<i>A. meleagris</i>	1
<i>S. suborbitalis</i>	9	<i>P. colonus</i>	10		
<i>S. rubroviolaceus</i>	9	<i>S. perrico</i>	7		
<i>M. jordani</i>	8	<i>C. humeralis</i>	7		
<i>L. novemfasciatus</i>	7	<i>A. interruptus</i>	6		
<i>B. polylepis</i>	6	<i>H. eos</i>	6		
<i>M. leiognathos</i>	6	<i>S. suborbitalis</i>	5		
<i>S. flavilatus</i>	6	<i>C. oxycephalus</i>	4		
<i>G. cinereus</i>	6	<i>S. rubroviolaceus</i>	4		
<i>N. denticulata</i>	5	<i>S. verres</i>	3		
<i>S. perrico</i>	4	<i>M. bairdii</i>	3		
<i>H. guntheri</i>	4	<i>A. immaculatus</i>	3		
<i>C. melampygyus</i>	4	<i>C. panamensis</i>	2		
<i>G. simplicedens</i>	4	<i>H. scudderi</i>	2		
<i>H. flaviguttatum</i>	4	<i>M. dorsalis</i>	1		
<i>M. cephalus</i>	3	<i>C. hippos</i>	1		
<i>C. sexfasciatus</i>	2				
<i>C. hippos</i>	2				

Anexo 3. Dominancia por localidades de acuerdo al Índice del Valor Biológico de las especies de peces en la ISJ.

San Francisquito	IVB	Cayuco	IVB	El faro	IVB	La cuevita	IVB
<i>S. rectifraenum</i>	53	<i>A. troschellii</i>	71	<i>A. troschellii</i>	63	<i>S. rectifraenum</i>	56
<i>A. troschellii</i>	52	<i>S. ghobban</i>	54	<i>S. rectifraenum</i>	42	<i>A. troschellii</i>	54
<i>S. ghobban</i>	51	<i>T. lucasanum</i>	54	<i>S. ghobban</i>	40	<i>M. dentatus</i>	31
<i>T. lucasanum</i>	42	<i>S. rectifraenum</i>	45	<i>L. argentiventris</i>	39	<i>T. lucasanum</i>	30
<i>L. argentiventris</i>	30	<i>B. polylepis</i>	35	<i>M. dentatus</i>	23	<i>Scarus ghobban</i>	26
<i>M. dentatus</i>	26	<i>C. atrilobata</i>	25	<i>H. sexfasciatum</i>	23	<i>M. inornatus</i>	18
<i>B. polylepis</i>	21	<i>B. diplotaenia</i>	25	<i>D. holocanthus</i>	20	<i>D. holocanthus</i>	17
<i>C. oxycephalus</i>	21	<i>M. rosacea</i>	24	<i>N. denticulata</i>	15	<i>B. diplotaenia</i>	16
<i>K. elegans</i>	19	<i>H. passer</i>	20	<i>M. inornatus</i>	12	<i>L. argentiventris</i>	14
<i>P. punctatus</i>	16	<i>P. colonus</i>	20	<i>T. lucasanum</i>	11	<i>K. elegans</i>	14
<i>H. guntheri</i>	15	<i>H. guntheri</i>	18	<i>H. passer</i>	11	<i>N. denticulata</i>	11
<i>L. viridis</i>	15	<i>L. argentiventris</i>	16	<i>H. guntheri</i>	10	<i>H. guntheri</i>	11
<i>C. atrilobata</i>	12	<i>P. punctatus</i>	15	<i>K. elegans</i>	10	<i>M. rosacea</i>	10
<i>C. panamensis</i>	11	<i>M. dentatus</i>	13	<i>P. punctatus</i>	9	<i>M. dorsalis</i>	10
<i>M. rosacea</i>	9	<i>C. oxycephalus</i>	12	<i>S. rubroviolaceus</i>	9	<i>L. novemfasciatus</i>	8
<i>M. dorsalis</i>	9	<i>C. punctatissima</i>	12	<i>C. humeralis</i>	9	<i>M. cephalus</i>	8
<i>B. diplotaenia</i>	8	<i>S. suborbitalis</i>	12	<i>B. polylepis</i>	8	<i>C. humeralis</i>	7
<i>D. holocanthus</i>	8	<i>L. viridis</i>	11	<i>L. novemfasciatus</i>	8	<i>C. oxycephalus</i>	7
<i>H. guntheri</i>	8	<i>S. rubroviolaceus</i>	9	<i>F. commersonii</i>	8	<i>A. xanthopterus</i>	7
<i>H. passer</i>	6	<i>M. jordani</i>	8	<i>B. diplotaenia</i>	7	<i>G. cinereus</i>	6
<i>H. sexfasciatum</i>	6	<i>K. elegans</i>	6	<i>C. oxycephalus</i>	7	<i>C. atrilobata</i>	6
<i>M. inornatus</i>	5	<i>N. denticulata</i>	6	<i>C. punctatissima</i>	7	<i>H. notospilus</i>	6
<i>S. verres</i>	5	<i>J. nigrirostris</i>	6	<i>P. zonipectus</i>	7	<i>H. passer</i>	4
<i>E. labriformis</i>	5	<i>A. interruptus</i>	6	<i>M. rosacea</i>	6	<i>F. commersonii</i>	4
<i>H. flaviguttatum</i>	4	<i>H. steindachneri</i>	5	<i>S. flavilatus</i>	6	<i>A. immaculatus</i>	3
<i>S. perrico</i>	3	<i>H. guntheri</i>	3	<i>S. suborbitalis</i>	5	<i>M. curema</i>	3
<i>H. scudderi</i>	2	<i>D. holocanthus</i>	2	<i>T. rhodopus</i>	5	<i>C. caballus</i>	2
<i>A. meleagris</i>	1			<i>S. perrico</i>	4		
				<i>G. simplicedens</i>	4		
				<i>M. cephalus</i>	3		
				<i>G. cinereus</i>	3		
				<i>M. bairdii</i>	3		
				<i>M. dorsalis</i>	2		
				<i>C. hippos</i>	2		

Continuación anexo 3. Dominancia por localidades en ISJ.

Piedra ahogada	IVB	Punta colorada	IVB	Cordón negro	IVB	Estacuda	IVB
<i>T. lucasanum</i>	67	<i>T. lucasanum</i>	84	<i>A. troschelii</i>	69	<i>A. troschelii</i>	68
<i>S. rectifraenum</i>	53	<i>M. dentatus</i>	84	<i>T. lucasanum</i>	60	<i>P. punctatus</i>	64
<i>A. troschelii</i>	43	<i>A. troschelii</i>	80	<i>S. rectifraenum</i>	48	<i>S. ghobban</i>	49
<i>S. ghobban</i>	43	<i>S. rectifraenum</i>	70	<i>M. dentatus</i>	45	<i>L. novemfasciatus</i>	47
<i>C. atrilobata</i>	32	<i>L. argentiventris</i>	70	<i>K. elegans</i>	42	<i>S. rectifraenum</i>	40
<i>H. passer</i>	29	<i>Scarus ghobban</i>	47	<i>S. ghobban</i>	40	<i>C. atrilobata</i>	39
<i>D. holocanthus</i>	24	<i>H. sexfasciatum</i>	45	<i>P. punctatus</i>	20	<i>T. lucasanum</i>	38
<i>M. rosacea</i>	23	<i>L. novemfasciatus</i>	41	<i>H. passer</i>	18	<i>H. passer</i>	35
<i>S. perrico</i>	18	<i>P. punctatus</i>	37	<i>M. inornatus</i>	17	<i>M. cephalus</i>	24
<i>C. caballus</i>	17	<i>B. diplotaenia</i>	32	<i>L. argentiventris</i>	16	<i>M. dentatus</i>	22
<i>K. elegans</i>	16	<i>K. elegans</i>	31	<i>S. perrico</i>	14	<i>C. affinis</i>	22
<i>C. oxycephalus</i>	15	<i>H. passer</i>	29	<i>B. polylepis</i>	13	<i>M. rosacea</i>	21
<i>P. punctatus</i>	15	<i>C. atrilobata</i>	23	<i>C. atrilobata</i>	12	<i>L. viridis</i>	18
<i>S. rubroviolaceus</i>	11	<i>C. punctatissima</i>	14	<i>B. diplotaenia</i>	11	<i>L. argentiventris</i>	17
<i>P. colonus</i>	11	<i>M. dorsalis</i>	14	<i>M. rosacea</i>	10	<i>T. albacares</i>	16
<i>S. leucurus</i>	9	<i>C. sexfasciatus</i>	12	<i>L. viridis</i>	9	<i>J. nigrirostris</i>	15
<i>C. punctatissima</i>	8	<i>S. perrico</i>	11	<i>T. rhodopus</i>	8	<i>S. perrico</i>	14
<i>M. dentatus</i>	7	<i>C. oxycephalus</i>	11	<i>D. holocanthus</i>	7	<i>B. diplotaenia</i>	14
<i>S. verres</i>	5	<i>S. suborbitalis</i>	11	<i>O. steindachneri</i>	7	<i>N. denticulata</i>	14
<i>L. argentiventris</i>	4	<i>E. currani</i>	11	<i>A. xanthopterus</i>	6	<i>H. steindachneri</i>	11
<i>C. melampygus</i>	4	<i>E. lineatus</i>	11	<i>S. verres</i>	6	<i>D. holocanthus</i>	10
<i>K. analogus</i>	4	<i>S. compresus</i>	11	<i>H. guntheri</i>	6	<i>S. verres</i>	8
<i>S. psitacinus</i>	4	<i>S. rubroviolaceus</i>	7	<i>D. macarellus</i>	6	<i>K. elegans</i>	7
<i>J. nigrirostris</i>	2	<i>K. analogus</i>	6	<i>H. chierchie</i>	6	<i>G. cinereus</i>	7
<i>C. sexfasciatus</i>	2	<i>H. eos</i>	6	<i>C. punctatissima</i>	4	<i>H. guntheri</i>	6
<i>H. guntheri</i>	1	<i>M. leiognathos</i>	6	<i>C. caballus</i>	4	<i>B. polylepis</i>	5
<i>H. guntheri</i>	1	<i>M. rosacea</i>	4	<i>C. melampygus</i>	4	<i>A. xanthopterus</i>	5
		<i>J. nigrirostris</i>	3	<i>H. steindachneri</i>	4	<i>C. melampygus</i>	5
		<i>P. colonus</i>	2	<i>A. meleagris</i>	4	<i>M. dorsalis</i>	5
		<i>A. xanthopterus</i>	2	<i>S. acapulcoensis</i>	4	<i>F. commersonii</i>	3
		<i>L. viridis</i>	2	<i>M. cephalus</i>	3	<i>A. interruptus</i>	1
		<i>C. panamensis</i>	2	<i>M. dorsalis</i>	2		
				<i>C. hippos</i>	1		
				<i>T. grammaticum</i>	1		

Anexo 4: Especies de peces de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia en la ISJ.

Abundantes	F. %	AR	Frecuentes	F. %	AR
<i>A. troschelii</i>	93.75	23.06	<i>L. novemfasciatus</i>	39.58	0.96
<i>T. lucasanum</i>	87.50	13.75	<i>S. rubroviolaceus</i>	37.50	0.92
<i>S. rectifraenum</i>	91.67	10.38	<i>M. rosacea</i>	81.25	0.89
<i>M. dentatus</i>	66.67	7.46	<i>B. diplotaenia</i>	81.25	0.83
<i>C. atrilobata</i>	41.67	5.24	<i>C. oxycephalus</i>	54.17	0.81
<i>L. argentiventris</i>	62.50	4.87	<i>C. caballus</i>	8.33	0.73
<i>S. ghobban</i>	91.67	4.84	<i>L. viridis</i>	22.92	0.73
<i>P. punctatus</i>	64.58	3.37	<i>M. cephalus</i>	18.75	0.71
<i>H. sexfasciatum</i>	39.58	2.79	<i>D. holocanthus</i>	70.83	0.66
<i>M. inornatus</i>	14.58	2.66	<i>S. perrico</i>	64.58	0.57
<i>K. elegans</i>	54.17	2.57	<i>P. colonus</i>	12.50	0.55
<i>H. guentherii</i>	66.67	1.72	<i>M. dorsalis</i>	68.75	0.52
<i>H. passer</i>	85.42	1.17	<i>N. denticulata</i>	29.17	0.35
<i>B. polylepis</i>	70.83	1.05	<i>C. punctatissima</i>	43.75	0.31
		84.94	<i>C. humeralis</i>	14.58	0.27
			<i>S. compresus</i>	27.08	0.27
			<i>E. currani</i>	2.08	0.24
			<i>J. nigrirostris</i>	33.33	0.24
			<i>F. commersonii</i>	56.25	0.24
			<i>S. verres</i>	50.00	0.24
			<i>C. affinis</i>	6.25	0.23
			<i>S. suborbitalis</i>	14.58	0.23
					11.50

Continuacion anexo 4:ISJ.

Comunes	F. %	AR	Raras	F. %	AR
<i>S. flavilatus</i>	6.25	0.18	<i>A. taeniatus</i>	2.08	0.008
<i>M. jordani</i>	4.17	0.16	<i>C. xanthostigma</i>	2.08	0.008
<i>C. sexfasciatus</i>	8.33	0.10	<i>D. macarellus</i>	2.08	0.008
<i>G. cinereus</i>	18.75	0.14	<i>E. puncticulatus</i>	2.08	0.008
<i>C. panamensis</i>	31.25	0.13	<i>Exocoetus</i> spp	4.17	0.008
<i>H. steindachneri</i>	16.67	0.13	<i>G. equatorialis</i>	4.17	0.008
<i>A. xanthopterus</i>	18.75	0.13	<i>H. trissina</i>	2.08	0.008
<i>H. scudderi</i>	18.75	0.13	<i>O. puctatus</i>	2.08	0.008
<i>T. rhodopus</i>	10.42	0.13	<i>R. bicolor</i>	4.17	0.008
<i>K. analogus</i>	16.67	0.12	<i>S. lalandi</i>	2.08	0.008
<i>T. albacares</i>	2.08	0.12	<i>S. annulatus</i>	4.17	0.008
<i>H. notospilus</i>	20.83	0.11	<i>S. californica</i>	4.17	0.008
<i>A. immaculatus</i>	22.92	0.09	<i>A. concolor</i>	2.08	0.004
<i>E. lineatus</i>	6.25	0.09	<i>A. chinensis</i>	2.08	0.004
<i>S. psitacinus</i>	14.58	0.09	<i>C. brachysomus</i>	2.08	0.004
<i>O. steindachneri</i>	16.67	0.09	<i>E. analogus</i>	2.08	0.004
<i>H. flaviguttatum</i>	16.67	0.08	<i>L. aratus</i>	2.08	0.004
<i>C. rivulatus</i>	33.33	0.08	<i>N. taeniurus</i>	2.08	0.004
<i>P. zonipectus</i>	16.67	0.07	<i>O. meleagris</i>	2.08	0.004
<i>A. interruptus</i>	12.50	0.07	<i>P. maculatofasciatus</i>	2.08	0.004
<i>H. eos</i>	4.17	0.07	<i>R. nigripinnis</i>	2.08	0.004
<i>S. leucurus</i>	6.25	0.06	<i>U. concentricus</i>	2.08	0.004
<i>M. bairdii</i>	6.25	0.06			0.128
<i>T. grammaticum</i>	22.92	0.06			
<i>E. labriiformis</i>	20.83	0.06			
<i>G. simplicedens</i>	4.17	0.05			
<i>G. castaneus</i>	18.75	0.05			
<i>C. hippos</i>	6.25	0.05			
<i>S. sierra</i>	8.33	0.05			
<i>E. affinis</i>	6.25	0.05			
<i>A. meleagris</i>	14.58	0.04			
<i>C. melampygus</i>	4.17	0.03			
<i>C. hippurus</i>	14.58	0.04			
<i>H. nicholsi</i>	12.50	0.04			
<i>M. curema</i>	4.17	0.04			
<i>M. leiognathos</i>	4.17	0.04			
<i>S. acapulcoensis</i>	8.33	0.04			
<i>U. halleri</i>	14.58	0.03			
<i>P. naufragium</i>	10.42	0.03			
<i>H. semicinctus</i>	8.33	0.03			
<i>A. triostegus</i>	4.17	0.02			
<i>N. ductor</i>	2.08	0.02			
<i>C. zonatus</i>	6.25	0.02			
<i>L. xanti</i>	4.17	0.02			
<i>Z. cornutus</i>	4.17	0.02			
<i>D. hystrix</i>	8.33	0.02			

<i>G. zebra</i>	6.25	0.02	
<i>H. dispilus</i>	4.17	0.02	
<i>L. colorado</i>	6.25	0.02	
<i>S. mystes</i>	4.17	0.02	
<i>S. lobatus</i>	8.33	0.02	
<i>U. maculatus</i>	6.25	0.02	
<i>D. brevis</i>	4.17	0.01	
<i>H. chierchie</i>	4.17	0.01	
		3.37	

Anexo 5: Dominancia por mes de acuerdo al Índice del Valor Biológico de las especies de peces en la ZCBP.

Abril	IVB	Junio	IVB	Agosto	IVB
<i>A. troschelii</i>	67	<i>A. troschelii</i>	81	<i>A. troschelii</i>	63
<i>T. lucasanum</i>	49	<i>H. flaviguttatum</i>	58	<i>S. rectifraenum</i>	54
<i>B. polylepis</i>	34	<i>B. polylepis</i>	52	<i>T. lucasanum</i>	48
<i>M. cephalus</i>	31	<i>T. lucasanum</i>	50	<i>B. polylepis</i>	30
<i>S. rectifraenum</i>	26	<i>S. rectifraenum</i>	48	<i>H. unifasciatus</i>	27
<i>D. holocanthus</i>	25	<i>L. argentiventris</i>	37	<i>H. flaviguttatum</i>	22
<i>H. flaviguttatum</i>	21	<i>D. holocanthus</i>	34	<i>N. denticulata</i>	20
<i>H. sexfasciatum</i>	19	<i>H. passer</i>	31	<i>L. argentiventris</i>	18
<i>P. punctatus</i>	19	<i>H. guntheri</i>	28	<i>H. sexfasciatum</i>	16
<i>L. argentiventris</i>	16	<i>M. rosacea</i>	28	<i>C. oxycephalus</i>	14
<i>S. annulatus</i>	14	<i>S. ghobban</i>	25	<i>G. cinereus</i>	12
<i>M. rosacea</i>	13	<i>P. punctatus</i>	23	<i>M. rosacea</i>	11
<i>H. passer</i>	13	<i>M. cephalus</i>	19	<i>C. humeralis</i>	11
<i>C. oxycephalus</i>	11	<i>H. sexfasciatum</i>	19	<i>M. dentatus</i>	11
<i>G. cinereus</i>	11	<i>N. denticulata</i>	16	<i>M. cephalus</i>	11
<i>S. ghobban</i>	10	<i>L. guttatus</i>	13	<i>H. passer</i>	10
<i>P. zonipectus</i>	9	<i>M. dentatus</i>	11	<i>S. ghobban</i>	9
<i>E. currani</i>	9	<i>K. analogus</i>	11	<i>B. diplotaenia</i>	8
<i>N. denticulata</i>	8	<i>M. dorsalis</i>	10	<i>H. scudderi</i>	7
<i>O. saurus</i>	8	<i>S. annulatus</i>	10	<i>P. zonipectus</i>	5
<i>H. guntheri</i>	7	<i>U. maculatus</i>	9	<i>P. maculatofasciatus</i>	5
<i>P. maculatofasciatus</i>	7	<i>G. cinereus</i>	9	<i>O. steindachneri</i>	3
<i>B. diplotaenia</i>	5	<i>E. affinis</i>	8	<i>S. acapulcoensis</i>	3
<i>L. novemfasciatus</i>	5	<i>F. commersonii</i>	7	<i>S. suborbitalis</i>	3
<i>A. xanthopterus</i>	5	<i>O. steindachneri</i>	7	<i>D. holocanthus</i>	2
<i>H. steindachneri</i>	5	<i>K. elegans</i>	7	<i>A. xanthopterus</i>	2
<i>S. suborbitalis</i>	4	<i>H. steindachneri</i>	7	<i>C. punctatissima</i>	1
<i>H. dispilus</i>	4	<i>D. hystrix</i>	6	<i>E. currani</i>	1
<i>M. dentatus</i>	3	<i>L. novemfasciatus</i>	6		
<i>S. perrico</i>	2	<i>S. verres</i>	4		
<i>G. speciosus</i>	1	<i>H. maculicauda</i>	3		
		<i>C. panamensis</i>	3		
		<i>O. saurus</i>	3		
		<i>C. humeralis</i>	2		

Continuación anexo 5: Dominancia por mes ZCBP.

Octubre	IVB	Diciembre	IVB	Marzo-03	IVB
<i>A. troschelii</i>	69	<i>A. troschelii</i>	86	<i>T. lucasanum</i>	73
<i>S. rectifraenum</i>	54	<i>T. lucasanum</i>	75	<i>A. troschelii</i>	61
<i>T. lucasanum</i>	45	<i>S. rectifraenum</i>	43	<i>S. rectifraenum</i>	59
<i>H. flaviguttatum</i>	24	<i>M. cephalus</i>	33	<i>H. passer</i>	31
<i>M. cephalus</i>	23	<i>S. ghobban</i>	28	<i>H. flaviguttatum</i>	21
<i>H. sexfasciatum</i>	22	<i>H. flaviguttatum</i>	26	<i>H. sexfasciatum</i>	21
<i>H. passer</i>	19	<i>M. rosacea</i>	25	<i>B. polylepis</i>	18
<i>C. atrilobata</i>	18	<i>B. polylepis</i>	24	<i>C. humeralis</i>	16
<i>P. punctatus</i>	17	<i>J. nigrirostris</i>	19	<i>S. annulatus</i>	16
<i>A. retrosella</i>	16	<i>H. sexfasciatum</i>	18	<i>S. japonicus</i>	16
<i>N. denticulata</i>	15	<i>P. punctatus</i>	18	<i>D. holocanthus</i>	14
<i>L. argentiventris</i>	14	<i>K. elegans</i>	17	<i>C. oxycephalus</i>	13
<i>P. zonipectus</i>	13	<i>L. argentiventris</i>	16	<i>M. dorsalis</i>	13
<i>S. ghobban</i>	10	<i>H. unifasciatus</i>	16	<i>P. zonipectus</i>	12
<i>J. nigrirostris</i>	10	<i>C. oxycephalus</i>	15	<i>C. atrilobata</i>	11
<i>B. polylepis</i>	9	<i>B. diplotaenia</i>	14	<i>J. nigrirostris</i>	11
<i>D. holocanthus</i>	9	<i>S. suborbitalis</i>	13	<i>C. caballus</i>	11
<i>C. humeralis</i>	9	<i>H. guntheri</i>	12	<i>B. diplotaenia</i>	10
<i>A. xanthopterus</i>	9	<i>H. passer</i>	12	<i>N. denticulata</i>	10
<i>S. sagax</i>	9	<i>C. punctatissima</i>	7	<i>M. dentatus</i>	9
<i>N. pectoralis</i>	8	<i>A. xanthopterus</i>	5	<i>H. azurea</i>	9
<i>E. currani</i>	7	<i>L. novemfasciatus</i>	4	<i>S. suborbitalis</i>	9
<i>M. rosacea</i>	6	<i>T. grammaticum</i>	4	<i>T. grammaticum</i>	8
<i>F. commersonii</i>	6	<i>F. commersonii</i>	4	<i>F. commersonii</i>	8
<i>M. dentatus</i>	5	<i>C. humeralis</i>	4	<i>M. rosacea</i>	6
<i>H. scudderi</i>	4	<i>A. concolor</i>	4	<i>S. perrico</i>	6
<i>C. oxycephalus</i>	3	<i>P. maculatofasciatus</i>	4	<i>P. azuleus</i>	6
<i>L. novemfasciatus</i>	2	<i>D. holocanthus</i>	2	<i>L. argentiventris</i>	5
<i>E. dowi</i>	2	<i>S. annulatus</i>	2	<i>P. punctatus</i>	5
<i>B. diplotaenia</i>	1	<i>P. zonipectus</i>	2	<i>A. xanthopterus</i>	4
<i>C. punctatissima</i>	1			<i>S. ghobban</i>	4
				<i>C. punctatissima</i>	3
				<i>A. meleagris</i>	1

Anexo 6: Dominancia por localidades de acuerdo al Índice del Valor Biológico de las especies de peces en la ZCBP.

Las pacas	IVB	Piedra bola	IVB	San Juan	IVB	Tarabillas	IVB
<i>A. troschelii</i>	36	<i>A. troschelii</i>	44	<i>A. troschelii</i>	70	<i>A. troschelii</i>	54
<i>T. lucasanum</i>	24	<i>S. rectifraenum</i>	41	<i>S. rectifraenum</i>	61	<i>T. lucasanum</i>	38
<i>H. flaviguttatum</i>	18	<i>T. lucasanum</i>	31	<i>T. lucasanum</i>	55	<i>S. rectifraenum</i>	25
<i>M. cephalus</i>	18	<i>M. cephalus</i>	18	<i>M. cephalus</i>	34	<i>H. flaviguttatum</i>	24
<i>P. maculatofasciatus</i>	16	<i>H. flaviguttatum</i>	17	<i>H. flaviguttatum</i>	27	<i>B. polylepis</i>	23
<i>S. rectifraenum</i>	13	<i>S. annulatus</i>	14	<i>L. argentiventris</i>	22	<i>H. unifasciatus</i>	18
<i>S. annulatus</i>	13	<i>D. holocanthus</i>	13	<i>B. polylepis</i>	18	<i>J. nigrirostris</i>	13
<i>N. denticulata</i>	12	<i>B. polylepis</i>	12	<i>F. commersonii</i>	18	<i>M. rosacea</i>	12
<i>G. cinereus</i>	11	<i>M. rosacea</i>	10	<i>L. novemfasciatus</i>	17	<i>C. oxycephalus</i>	10
<i>O. saurus</i>	11	<i>S. suborbitalis</i>	9	<i>H. passer</i>	16	<i>P. punctatus</i>	10
<i>D. holocanthus</i>	9	<i>P. zonipectus</i>	8	<i>E. currani</i>	16	<i>N. denticulata</i>	10
<i>S. ghobban</i>	7	<i>T. grammaticum</i>	8	<i>S. japonicus</i>	16	<i>M. cephalus</i>	9
<i>H. sexfasciatum</i>	6	<i>H. sexfasciatum</i>	7	<i>L. guttatus</i>	13	<i>D. holocanthus</i>	9
<i>H. unifasciatus</i>	6	<i>H. passer</i>	6	<i>C. oxycephalus</i>	11	<i>H. guntheri</i>	9
<i>H. dispilus</i>	4	<i>P. azuleus</i>	6	<i>C. caballus</i>	11	<i>H. passer</i>	8
<i>B. polylepis</i>	3	<i>A. concolor</i>	4	<i>K. analogus</i>	11	<i>S. ghobban</i>	8
<i>M. rosacea</i>	3	<i>B. diplotaenia</i>	2	<i>P. punctatus</i>	10	<i>El. affinis</i>	8
<i>U. maculatus</i>	3	<i>S. ghobban</i>	1	<i>M. dorsalis</i>	10	<i>S. annulatus</i>	7
<i>E. dowi</i>	2			<i>G. cinereus</i>	9	<i>H. steindachneri</i>	7
<i>E. currani</i>	1			<i>H. azurea</i>	9	<i>C. humeralis</i>	7
<i>G. speciosus</i>	1			<i>S. sagax</i>	9	<i>H. sexfasciatum</i>	7
				<i>M. rosacea</i>	6	<i>O. steindachneri</i>	7
				<i>U. maculatus</i>	6	<i>M. dentatus</i>	3
				<i>S. perrico</i>	6	<i>K. elegans</i>	3
				<i>D. hystrix</i>	6	<i>S. perrico</i>	2
				<i>S. annulatus</i>	5	<i>P. zonipectus</i>	2
				<i>D. holocanthus</i>	5	<i>L. argentiventris</i>	1
				<i>S. ghobban</i>	5		
				<i>A. xanthopterus</i>	5		
				<i>H. steindachneri</i>	5		
				<i>H. scudderi</i>	5		
				<i>J. nigrirostris</i>	4		
				<i>B. diplotaenia</i>	3		
				<i>C. humeralis</i>	3		
				<i>H. sexfasciatum</i>	1		

Continuación anexo 6: Dominancia por localidades ZCBP.

El Guano	IVB	Cobre	IVB	Portugués	IVB	Punta Mechudo	IVB
<i>A. troschellii</i>	78	<i>H. flaviguttatum</i>	63	<i>T. lucasanum</i>	58	<i>A. troschellii</i>	54
<i>T. lucasanum</i>	66	<i>A. troschellii</i>	56	<i>S. rectifraenum</i>	45	<i>T. lucasanum</i>	50
<i>H. sexfasciatum</i>	60	<i>B. polylepis</i>	39	<i>A. troschellii</i>	35	<i>S. rectifraenum</i>	47
<i>B. polylepis</i>	52	<i>C. humeralis</i>	29	<i>H. passer</i>	33	<i>M. rosacea</i>	27
<i>L. argentiventris</i>	50	<i>P. punctatus</i>	27	<i>C. oxycephalus</i>	25	<i>H. guntheri</i>	18
<i>M. cephalus</i>	38	<i>S. rectifraenum</i>	21	<i>S. ghobban</i>	20	<i>H. sexfasciatum</i>	17
<i>S. rectifraenum</i>	31	<i>T. lucasanum</i>	18	<i>B. diplotaenia</i>	13	<i>S. ghobban</i>	15
<i>P. punctatus</i>	27	<i>H. passer</i>	16	<i>S. suborbitalis</i>	13	<i>B. polylepis</i>	15
<i>N. denticulata</i>	27	<i>L. argentiventris</i>	15	<i>H. flaviguttatum</i>	12	<i>H. passer</i>	14
<i>H. passer</i>	23	<i>D. holocanthus</i>	15	<i>C. atrilobata</i>	11	<i>M. dentatus</i>	14
<i>J. nigrirostris</i>	22	<i>P. zonipectus</i>	15	<i>M. dentatus</i>	11	<i>L. argentiventris</i>	14
<i>M. rosacea</i>	22	<i>N. denticulata</i>	13	<i>D. holocanthus</i>	10	<i>H. flaviguttatum</i>	11
<i>S. ghobban</i>	22	<i>G. cinereus</i>	12	<i>H. sexfasciatum</i>	10	<i>C. oxycephalus</i>	10
<i>D. holocanthus</i>	20	<i>S. ghobban</i>	8	<i>M. rosacea</i>	9	<i>B. diplotaenia</i>	8
<i>A. xanthopterus</i>	20	<i>N. pectoralis</i>	8	<i>K. elegans</i>	7	<i>P. punctatus</i>	8
<i>C. atrilobata</i>	18	<i>H. sexfasciatum</i>	7	<i>B. polylepis</i>	5	<i>S. suborbitalis</i>	7
<i>A. retrosella</i>	16	<i>H. unifasciatus</i>	7	<i>C. punctatissima</i>	5	<i>C. punctatissima</i>	6
<i>H. unifasciatus</i>	12	<i>B. diplotaenia</i>	6	<i>L. argentiventris</i>	4	<i>M. dorsalis</i>	6
<i>H. guntheri</i>	12	<i>H. scudderi</i>	6	<i>H. guntheri</i>	4	<i>D. holocanthus</i>	5
<i>P. zonipectus</i>	12	<i>H. guntheri</i>	4	<i>T. grammaticum</i>	4	<i>N. denticulata</i>	5
<i>M. dentatus</i>	11	<i>M. dorsalis</i>	4	<i>C. humeralis</i>	3	<i>P. zonipectus</i>	4
<i>K. elegans</i>	11	<i>K. elegans</i>	3	<i>S. annulatus</i>	3	<i>S. verres</i>	4
<i>B. diplotaenia</i>	6	<i>F. commersonii</i>	3	<i>N. denticulata</i>	2	<i>O. steindachneri</i>	3
<i>F. commersonii</i>	3	<i>J. nigrirostris</i>	1	<i>A. meleagris</i>	1	<i>H. maculicauda</i>	3
<i>M. dorsalis</i>	3					<i>S. acapulcoensis</i>	3
<i>C. panamensis</i>	3					<i>F. commersonii</i>	1
<i>C. punctatissima</i>	1						

Anexo 7: Especies de peces de acuerdo a su abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia en la ZCBP.

Abundantes	F. %	AR	Frecuentes	F. %	AR
<i>Abudefduf troschelii</i>	93.75	27.40	<i>Prionurus punctatus</i>	45.83	0.99
<i>Thalassoma lucasanum</i>	89.58	16.99	<i>Eucinostomus currani</i>	14.58	0.98
<i>Haemulon flaviguttatum</i>	41.67	9.83	<i>Mulloidichthys dentatus</i>	18.75	0.88
<i>Stegastes rectifraenum</i>	83.33	9.82	<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	39.58	0.87
<i>Balistes polylepis</i>	85.42	3.33	<i>Chaetodon humeralis</i>	35.42	0.86
<i>Mugil cephalus</i>	41.67	3.32	<i>Nicholsina denticulata</i>	56.25	0.73
<i>Haemulon sexfasciatum</i>	39.58	2.58	<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	35.42	0.63
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	10.42	2.23	<i>Hoplopagrus guntheri</i>	52.08	0.59
<i>Holacanthus passer</i>	79.17	1.81	<i>Bodianus diplotaenia</i>	35.42	0.50
<i>Lutjanus argentiventris</i>	56.25	1.46	<i>Pomacanthus zonipectus</i>	47.92	0.49
<i>Chromis atrilobata</i>	6.25	1.28	<i>Microspathodon dorsalis</i>	39.58	0.41
<i>Scarus ghobban</i>	43.75	1.22	<i>Haemulon scudderii</i>	18.75	0.40
<i>Sardinops sagax</i>	2.08	1.22	<i>Sargocentron suborbitalis</i>	12.50	0.40
<i>Mycteroperca rosacea</i>	81.25	1.12	<i>Sphoeroides annulatus</i>	39.58	0.40
<i>Gerres cinereus</i>	25.00	1.10	<i>Fistularia commersonii</i>	31.25	0.36
<i>Diodon holocanthus</i>	83.33	1.02	<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	29.17	0.35
<i>Scomber japonicus</i>	2.08	1.01	<i>Kyphosus elegans</i>	18.75	0.28
		86.77	<i>Canthigaster punctatissima</i>	33.33	0.28
			<i>Ophioblennius steindachneri</i>	37.50	0.26
			<i>Acanthurus xanthopterus</i>	20.83	0.23
			<i>Thalassoma grammaticum</i>	25.00	0.19
			<i>Scarus perrico</i>	18.75	0.17
			<i>Apogon retrosella</i>	2.08	0.17
			<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	10.42	0.15
			<i>Caranx caballus</i>	6.25	0.14
			<i>Hermosilla azurea</i>	2.08	0.11
			<i>Sufflamen verres</i>	18.75	0.09
			<i>Halichoeres nicholsi</i>	22.92	0.08
			<i>Nematistius pectoralis</i>	2.08	0.07
			<i>Diodon hystrix</i>	20.83	0.06
			<i>Cephalopholis panamensis</i>	14.58	0.06
			<i>Epinephelus labriformis</i>	18.75	0.06
			<i>Lutjanus guttatus</i>	2.08	0.06
			<i>Elops affinis</i>	10.42	0.06
			<i>Oligoplites saurus</i>	8.33	0.06
			<i>Urobatis maculatus</i>	14.58	0.05
			<i>Calamus brachysomus</i>	14.58	0.04
			<i>Gymnothorax castaneus</i>	16.67	0.04
			<i>Sphoeroides lobatus</i>	16.67	0.04
			<i>Eucinostomus dowi</i>	8.33	0.04
			<i>Haemulon maculicauda</i>	4.17	0.04
			<i>Scarus rubroviolaceus</i>	10.42	0.04
					12.71

Continuación anexo 7: ZCBP.

Comunes	F. %	AR	Raras	F. %	AR
<i>Abudefduf concolor</i>	2.08	0.037	<i>Acanthemblemaria sp.</i>	2.08	0.004
<i>Haemulon steindachneri</i>	4.17	0.037	<i>Coryphaena hipurus</i>	2.08	0.004
<i>Kyphosus analogus</i>	4.17	0.032	<i>Dasyatis brevis</i>	2.08	0.004
<i>Scarus compressus</i>	10.42	0.032	<i>Malacoctenus hubbsi</i>	2.08	0.004
<i>Alphestes inmaculatus</i>	8.33	0.028	<i>Muraena lentiginosa</i>	2.08	0.004
<i>Arothron meleagris</i>	4.17	0.028	<i>Narcine entemendor</i>	2.08	0.004
<i>Plagiotremus azuleus</i>	4.17	0.028	<i>Scorpaena plumieri mystes</i>	2.08	0.004
<i>Gnasthanodon speciosus</i>	4.17	0.024	<i>Serranus psittacinus</i>	2.08	0.004
<i>Halichoeres chierchiae</i>	10.42	0.024			0.032
<i>Halichoeres notospilus</i>	8.33	0.024			
<i>Stegastes acapulcoensis</i>	4.17	0.024			
<i>Halichoeres dispilus</i>	2.08	0.020			
<i>Cirrhitus rivulatus</i>	8.33	0.016			
<i>Rypticus nigripinnis</i>	4.17	0.016			
<i>Scomberomburos sierra</i>	8.33	0.016			
<i>Stegastes leucorus</i>	4.17	0.016			
<i>Gobiosoma chiquita</i>	4.17	0.012			
<i>Urobatis concentricus</i>	6.25	0.012			
<i>Chaetodipterus zonatus</i>	2.08	0.008			
<i>Chromis limbaughi</i>	2.08	0.008			
<i>Labrisomus xanti</i>	2.08	0.008			
<i>Malacoctenus gigas</i>	2.08	0.008			
<i>Myrichthys tigrinus</i>	2.08	0.008			
<i>Haemulopsis leuciscus</i>	2.08	0.008			
<i>Urobatis halleri</i>	4.17	0.008			
		0.487			